ISSN: 2658-6347

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Севастопольский государственный университет»

№ 8
2025

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издаётся с октября 2018 года

Выходит 1 раз в год

Москва-Севастополь 2025

УДК 621.37+621.317+537.86
ББК 32.84

Главный редактор Савочкин А. А., канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Научный редактор Афонин И. Л., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Ответственный секретарь Тыщук Ю. Н., доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Редакционная коллегия:

Головин В. В., канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет».
Михайлюк Ю. П., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»;
Редькина Е. А., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»;

Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций : сб. науч. тр. / под ред. И. Л. Афонина. — Москва-Севастополь : Изд-ва : РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2025. — № 8. — 287 с.

Сборник содержит материалы 21-й Международной молодёжной научно-технической конференции *«Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, РТ-2025*», посвящённые теоретическим и практическим вопросам современных радиоэлектроники и телекоммуникаций.
Все материалы сборника проходят рецензирование.

ISSN 2658-6347

СПИСОК ОСНОВНЫХ РЕЦЕНЗЕНТОВ

Афонин И. Л.

д-р. техн. наук, профессор, Почётный работник сферы образования Российской Федерации, Почётный радист, заместитель председателя Крымского регионального отделения РНТОРЭС им. А. С. Попова, заведующий кафедрой Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Савочкин А. А.

канд. техн. наук, доцент, Почётный работник науки и высоких технологий Российской Федерации, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, профессор Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Михайлюк Ю. П.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Проценко М. Б.

д-р. техн. наук, профессор, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, директор филиала НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), профессор Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Ермолов П. П.

канд. техн. наук, доцент, председатель Крымского регионального отделения РНТОРЭС им. А. С. Попова, директор ООО «Крымский научно-технологический центр им. проф. А. С. Попова», профессор Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Альчаков В. В.

канд. техн. наук, рецензент издательства MDPI журналов серии «Aerospace», «Biomimetics», «Sensors», «Processes», доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Щекатурин А. А.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Редькина Е. А.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Головин В. В.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, профессор Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Начаров Д. В.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Лащенко И. В.

канд. техн. наук, доцент, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

Сердюк И. В.

канд. техн. наук, член РНТОРЭС им. А. С. Попова, доцент Севастопольского государственного университета, г. Севастополь.

СООРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь;
- ООО «Радиомера», г. Видное Московской области;
- Филиал ФГУП РТРС «Радиотелевизионный передающий центр Республики Крым», г. Симферополь;
- Испытательный центр «Омега» — Филиал федерального государственного автономного учреждения «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М. И. Кривошеева» в г. Севастополе;
- ООО «Марлин-Юг», г. Севастополь;
- МИП «Инжиниринговый центр СевГУ», г. Севастополь;
- Крымский научно-технологический центр им. проф. А.С. Попова, г. Севастополь.

СОДЕРЖАНИЕ

Алфавитный список авторов 16

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Козуб М. С., Проценко М. Б. Комплексный подход к проведению натурных испытаний береговых объектов систем морской радиосвязи в диапазоне ОВЧ 22

Дементьев К. В., Крамарь В. А. Координация роя автономных катеров с ресурсно-эффективной связью и ролевым распределением 26

Гриценко И. Р., Задорожный М. Е., Поляков А. Л. Использование технологий многопозиционных систем наблюдения в сфере беспилотных летательных аппаратов 28

СЕКЦИЯ 1

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Клименко Ю. А., Преображенский А. П., Бельчев А. В., Родюков А. И. Расчёт рабочей зоны наземной станции дальней навигации в арктическом регионе 30

Гладыш М. А., Кузьмин В. А. Исследование влияния помеховых отражений от морской поверхности на характеристики обнаружения РЛС обзорного типа 31

Сличенко М. П., Ященко Е. Ю. Пеленгование источников радиоизлучения на основе идентификации амплитудно-фазовых портретов радиосигналов 32

Крылова М. А. Исследование характеристик рассеяния элементов линий электропередачи в различных диапазонах частот 33

Титов К. Д., Стреляная А. М., Корчагин Ю. Э. Исследование особенностей определения местоположения в сверхширокополосных сетях радиосвязи 34

Орлюк Д. О., Гилетин А. С., Кузнецов А. А., Лапин П. В., Поляков А. Л. Анализ применения многопозиционных систем наблюдения автоматизированной системой управления воздушным движением Крыма 35

Сорокин Н. А., Широков И. Б. Использование технологии RFID в разработке систем локального позиционирования БПЛА 36

Орлюк Д. О., Гилетин А. С., Кузнецов А. А., Лапин П. В., Поляков А. Л. Моделирование общего усилительного тракта матричного радиометрического приёмника корреляционно экстремальной системы навигации 37

Жуков В. М. Разработка приёмника команд управления беспилотными аппаратами 38

Широков И. Б., Громов А. С. Система измерения дальности для автоматического причаливания автономных необитаемых подводных аппаратов 39

Косолапова А. О., Егоров В. В. Оценка эффективности методов модуляции в PLC-системах 40

Байздренко А. А., Игнашева Е. П., Ульченко А. В. Подход к практической реализации полунатурного моделирования работы цифровой системы управления подвижных объектов 41

Байздренко А. А., Игнашева Е. П., Ульченко А. В. Программно-аппаратные решения полунатурного моделирования цифровых систем управления динамическим объектом 42

Свиридов Р. А, Орлова Д. А., Франчук А. С. Гексакоптер для забора и анализа морской воды 43

Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А. Расчёт схемы согласования с помощью двойного г-образного звена 44

Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А. Техническая реализация схемы двухчастотного согласования антенны на частотах 121,5 МГц и 162 МГц 45
Маленко В. А., Сумеркин О. А., Степанова К. О., Проценко М. Б. Аппаратно-программный комплекс для проверки корректности передачи сообщений АИС....46
Тормасин А. С., Разумный А. С. Разработка автоматического поворотного устройства приемной антенны летательного аппарата....47
Еренков А. А., Чирко И. С., Смалий Д. Д., Овчаров П. П. Разработка блока управления и индикации для однокоординатного автоматизированного поворотного устройства 48
Корниенко В. А., Васильев А. В., Иськив В. М. Технология NVIS для обеспечения устойчивой коротковолновой связи 49
Кагиров И. Б., Савочкин А. А. Устройство определения местоположения автомобиля на основе модулей NEO-M8N и SIM800L 50
Зеленкевич Д. Ю., Дегтярев А. Н. Методы описания нелинейных систем 51
Комиссаренко В. М., Серяк Е. С., Михайлюк Ю. П. Анализ способов уменьшения эффекта Миллера при проектировании схем управления силовыми полевыми транзисторами....52
Ларионов Н. К. Устройство контроля и управления электропитанием жилого помещения....53
Швец Н. С., Миронов А. Ф. Технологии автономного восстановления бортовой радиоэлектроники после сбоев и повреждений....54
Полубоярцев В. О., Вертегел В. В. Разработка SIMULINK-модели синтезатора частот для SDR трансивера....55
Протько А. А., Манько А. С. Перспективы применения фазированных антенных решёток в бортовых радиолокационных станциях....56
Долженко А. С., Русаков В. И., Коломоец Н. А., Широков И. Б. Система измерения дальности под водой 57

СЕКЦИЯ 2

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Фирсова Е. А., Стукалова В. С., Телегина В. О., Преображенский А. П. Разработка методики повышения эффективности управления киберфизическими системами....60
Уланова Ю. А., Сафонова А. О., Соколов А. С., Преображенский А. П. Управление жизненным циклом киберфизических систем 61
Шурлов А. А., Ал Кхоури И. Д., Лехкар И. П., Телешева А. А., Мурзин Д. Г. Оптимизация энергопотребления в «умных домах» с помощью искусственного интеллекта....62
Тымченко Н. С., Маркелов О. А. Оценка задержек в сетях с бинаризованными профилями активности узлов на основе ON/OFF-моделей 63
Гаспарян Р. Р., Савочкин А. А., Ночовный А. Д. Схема формирования сигнально-кодовой конструкции для систем мобильной связи следующих поколений 64
Симионенко Н. А., Хохлова А. В., Ложкин Д. С., Гаспарян Р. Р. Исследование системы мобильной связи 4G/5G на базе LIMESDR USB....65
Ажицкий А. Д., Новикова Т. В. Разработка системы IP-телефонии для предприятия на основе ASTERISK....66
Калдузов Д. П., Редькина Е. А. Устройство для контроля трафика в сети....67
Орлова Д. А., Франчук А. С., Свиридов Р. А., Дурманов М. А. Система управления гексакоптером для забора и анализа морской воды 68
Петрушин С. А., Редькина Е. А., Широкова Е. И., Широков И. Б. Анализ погрешности целочисленного быстрого преобразования Фурье в цифровом модуле приёмопередатчика подводного канала связи 69
Салогубов Н. Б., Табакаев Д. И. Программное средство мониторинга сети и активности компьютерной техники 70
Нестеренко А. И., Лукьянчиков А. В., Штерев Д. И., Щесняк А. О. Анализ новых токенов с использованием ноды SOLANA....71

Закурдаева Е. Я., Данилов Н. Г., Воронёнков В. Ю., Помогайко Н. Н., Протько А. А. Особенности применения технологии MIMO в сетях 6G 72
Бессонов А. Д., Волкова А. А., Кузнецов В. С. Моделирование систем безопасности в MANET 73
Шикула М. Ю., Громоздин В. В. Анализ современных систем автоматизации управления телекоммуникационных сетей 74
Козьменко О. К., Мурзин Д. Г. Виртуальная модель сети 5G с использованием симуляторов (NS-3, OMNET++, MININET) 75
Горблянский К. С., Редькина Е. А. Интеллектуальные системы мониторинга и управления базовыми станциями 76
Горобец Д., Лукьянчиков А. В. Возможности применения воздушной ретрансляционной станции для сетей 6G 77
Параев К. А., Димин М. Э., Крамарь О. А., Крамарь В. А. Синтез метода обмена данными большого объёма в условиях подводной среды по гидроакустическому каналу 78
Барсуков А. А., Редькина Е. А. Разработка лабораторного стенда для изучения принципов работы DNS 79
Стрелков А. В., Мурзин Д. Г. Разработка алгоритмов обнаружения и позиционирования объекта интереса системы технического зрения 80
Малишевская Е. А., Сметанин В. П. Роль изоляции сегментов как ключевого механизма обеспечения безопасности в инфраструктурах 5G-ADVANCED и 6G 81
Агуреева А. С., Бас Л. С., Тыщук Ю. Н. Обработка информации и принятие решений системы «Умный дом» 82
Агуреева А. С., Бас Л. С., Тыщук Ю. Н. Сбор данных и исполнительные устройства системы «Умный дом» 83
Сучок Д. Г., Ложкин Д. С., Макаренков А. В., Дурманов М. А. Пляжный буй для измерения метеорологических параметров 84
Свиридов Р. А., Савочкин А. А. Эмулятор технологии VOICE OVER LTE на основе использования IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM 85
Ганощенко Ю. Е., Табакаев Д. И. Создание домашней метеостанции 86
Свиридов Р. А., Савочкин А. А. Особенности использования и перспективы технологии VOICE OVER WI-FI 87
Мордвинова А. Ю., Афонин И.Л. Методы повышения скорости передачи данных по каналам связи 88
Мордвинова А. Ю., Егорова А. О. Угрозы безопасности информации при её передаче по каналам связи 89
Мордвинова А. Ю., Егорова А. О. Анализ существующих способов повышения скорости передачи данных по каналам связи 90

СЕКЦИЯ 3

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ УСТРОЙСТВА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Дидус В. Т., Шундрин М. И. Разработка помехоустойчивой радиосвязи с использованием алгоритмов псевдослучайной перестройки рабочей частоты на базе протокола LoRa 92
Иванченко Ю. А., Мурзин Д. Г. Разработка «умного» дверного замка с функцией видеонаблюдения 93
Шульгин В. В., Слезкин Г. В. Моделирование учебного лабораторного стенда в программной среде Proteus 94
Шведчиков А. Д., Редькина Е. А. Устройство для контроля микроклимата в системе автоматизированного управления 95

Рукосуев Е. Р., Вертегел В. В. Отладочный модуль для сети передачи данных CAN для системы мониторинга состояния водителя и пассажиров в автомобиле....96
Разумный А. С., Тормасин А. С. Разработка диагностического устройства для двигателя на основе датчика детонации....97
Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А., Малова М. Г. Разработка проверочного прибора для медицинских тонометров....98
Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А., Малова М. Г. Разработка системы мониторинга автотранспортных средств....99
Трушкина А. В., Малова М. Г., Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А. Автоматизированная система табло для подсчёта повторений в гиревом спорте....100
Бывалов С. Д., Москалец А. К., Матвиенко Д. А., Мурзин Д. Г. Робот-пылесос на основе платы Arduino для уборки дома и двора....101
Дьячин П. В., Козка В. А., Дурманов М. А. Портативный механический манипулятор....102
Любарец А. И., Щекатурина Д. А. Разработка сетевой системы акустической локации на базе ESP32....103

СЕКЦИЯ 4

АНТЕННЫ, УСТРОЙСТВА МИКРОВОЛНОВОЙ ТЕХНИКИ И РАДИОФОТОНИКА

Клименко Ю. А., Преображенский А. П., Бельчев А. В., Кораблев Я. Б. Исследование возможности применения приземных (подземных) антенных устройств длинноволнового диапазона в арктическом регионе....106
Maodong Cai, Kudzin V. P. A crescent-shaped broadband circularly polarized slot patch antenna....107
Корчагин Ю. Э., Титов К. Д., Титова О. Н., Ященко Е. Ю. Нейросетевой обнаружитель сверхширокополосного квазирадиосигнала с неизвестной формой модулирующей функции....108
Ситник-Зинакова Э. А., Лащенко И. В. Моделирование структуры электромагнитного поля в САПР GAMMA....109
Ли Чонг, Кудин В. П. Исследование разреженных массивов на основе улучшенного алгоритма оптимизации фруктовых мух....110
Ли Дэцян, Кудин В. П. Проектирование миллиметроволновых антенных решёток....111
Петрушин С. А., Широкова Е. И., Овчаров П. П. Антенна для экспериментальных исследований подводной радиосвязи....112
Аникин Г. С., Демшевский В. В., Гринёв А. Ю. Кластеризация полотна фазированной антенной решётки....113
Скрылев А. А., Лемешевская Г. А., Бобров А. И., Нежданов А. В., Сидоренко К. В., Николичев Д. Е., Малехонова Н. В., Виноградова Л. М., Юртова Е. И. Формирование планарных оптических волноводов на основе тонкоплёночного ниобата лития путём термического окисления полосков титана....114
Борисенок А. В., Николаев А. К., Легашова А. А., Головин В. В. Лабораторный стенд для изучения директорной антенны....115
Борисенок А. В., Николаев А. К., Легашова А. А., Головин В. В. Антенная решётка RHCP 2x2 из патч элементов....116
Малова М. Г., Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А. Разработка компактной трехдиапазонной печатной антенны....117
Трушкина А. В., Тыщук Ю. Н. Особенности построения антенн-аппликаторов микроволновой радиотермометрии, используемых для обнаружения температурных аномалий головного мозга....118
Трушкина А. В., Тыщук Ю. Н. Моделирование антенны-аппликатора для обнаружения температурных аномалий головного мозга в САПР ГАММА....119
Манько А. С., Головин В. В. Перспективы применения радиофотонной компонентной базы для построения интеллектуальных антенных систем....120

Хомочкина Д. С., Неведров М. Г., Дрёмин А. А., Левчук А. П., Рачицкая Д. В., Чёрная С. П., Редькина Е. А. Анализ возможности реализации турникетной антенны круговой поляризации для БПЛА 121

Корниенко В. А., Васильев А. В. Антенные системы для эффективного использования технологии NVIS 122

Манько А. С., Головин В. В. Особенности проектирования микроволновых усилителей с применением Load-Pull измерений 123

Швец Н. С., Миронов А. Ф. Исследование адаптивных антенных решёток с интеллектуальной обработкой сигналов 124

Швец Н. С., Миронов А. Ф. Технические особенности антидроновых комплексов 125

Дрозд А. Д. Разработка блока активной фазированной антенной решётки диапазона 3 ГГц на основе КМОП180 126

Кравцуненко Н. И. Радиоуправляемая система контроля грузовых операций на судах 127

Швец Н. С., Миронов А. Ф. Антенны и СВЧ-компоненты для космических и беспилотных платформ 128

Ткаченко М. О. Головин В. В. Цилиндрическая спиральная антенна с круговой поляризацией для управления роботизированными системами 129

Вербицкий А. В, Дубенко М. В, Попов Н. М., Головин В. В. Разработка компактной антенны для системы речной радиосвязи в диапазоне 300 МГц 130

Косак Р. Э., Юханов Ю. В. Шестнадцатиэлементная антенная решётка компактных излучателей Вивальди 131

Иванюк Т. А., Филиппов М. Д., Беленко М. С. Антенная система метеонавигационной РЛС воздушного судна 132

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М., Давыдов Д. Д. Входное сопротивление спиральной антенны с экраном 133

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М. Исследование влияния экрана на усиление спиральной антенны 134

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М. Поляризационные характеристики спиральной антенны с экраном 135

Васин Е. Е., Щекатурин А. А., Иськив В. М. Исследование коэффициента стоячей волны фрактальной антенны с экраном 136

Кравцуненко Н. И., Васин Е. Е., Щекатурин А. А. Исследование согласования и частотных характеристик кольцевой спиральной антенны с изменяемым числом витков 137

Кравцуненко Н. И., Васин Е. Е., Щекатурин А. А. Исследование согласования и частотных характеристик фрактальной антенны 138

СЕКЦИЯ 5

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ, ЦЕПЕЙ, МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ковалёв Д. Ю., Слижёва А. В., Ланин В. Л. Упрочнение паяных соединений в электронных модулях 140

Телешева А. А., Ал Кхоури И. Д., Михайлов В. Ю., Тишин А. С., Пронин А. А., Алексеев В. Д. Разработка автоматизированного рабочего места регистрации токов потребления интегральной схемы 141

Ал Кхоури И. Д., Телешева А. А., Михайлов В. Ю., Тишин А. С., Пронин А. А., Алексеев В. Д. Разработка алгоритма верификации получаемых зависимостей токов потребления интегральной схемы 142

Узунбаджах С. А., Цапик Д. К. Применение интеллектуального помощника Copilot в анализе вольт-амперных характеристик органических материалов 143

Гончарова Е. К., Егоров В. В. Исследование видов модуляции оптического некогерентного излучения 144
Драч Е. А., Косолапова А. О., Егоров В. В. Устройство измерения скорости звука с высокой точностью 145
Моховикова Е. А., Лихачевский Д. В. Влияние помехоустойчивости печатных плат на электрооборудование и пути решения проблемы 146
Коваленко В. И., Коваленко П. М., Новикова Т. В. Дополнительная составляющая коэффициента внешнего шума при недостаточной обеспеченности электромагнитной совместимости на береговом объекте морского района А2 ГМССБ 147
Коваленко В. И., Коваленко П. М., Новикова Т. В. Метод прогнозирования дальности радиосвязи морского района А2 ГМССБ на основе измерений напряжённости поля 148
Маленко В. А., Ерисов А. А. Алгоритм коррекции характеристик акустических сигналов при проведении испытаний в условиях внешних акустических шумов 149
Маленко В. А., Ерисов А. А., Ночовный А. Д. Метод объективной оценки качественных показателей комбинированного канала связи для передачи речевых сигналов 150
Маленко В. А., Ерисов А. А., Ночовный А. Д. Анализ методов и алгоритмов при определении качественных показателей каналов громкоговорящей связи 151
Маленко В. А., Ерисов А. А. Запись и воспроизведение внешних акустических шумов при испытаниях на качество громкоговорящей связи 152
Жиляев А. Р., Табакаев Д. И. Система «Умная теплица» 153
Данилин К. Д., Семенищев Е. А. Алгоритм визуального контроля положения микроэлектронных компонентов 154
Франчук А. С., Свиридов Р. А., Орлова Д. А., Дурманов М. А. Устройство отбора и анализа воды с использованием БПЛА 155
Трушкина А. В., Манько А. С. Аналитический обзор методов и средств осуществления Load-Pull измерений 156
Янченко А. М., Акопян А. С., Васильев А. В., Тыщук Ю. Н. Экспериментальные исследования технологического процесса изготовления печатных плат на базе лазерного станка собственного изготовления 157
Янченко А. М., Васильев А. В., Корниенко В. А., Тыщук Ю. Н. Сравнительный анализ технологий изготовления печатных плат 158
Корячко М. В., Кузнецов Е. С., Скворцов П. А., Худаяров З. Ф. Моделирование напряжённо-деформированного состояния межсоединений на поверхности полупроводника в условиях термоудара 159
Любарец А. И., Манько А. С. Устройство и принципы работы лазерных виброметров 160

СЕКЦИЯ 6

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Нуансенгси Д. В., Пискун Г. А. Прогнозирование эффективности товарных описаний на маркетплейсах с использованием методов машинного обучения 162
Нуансенгси Д. В., Пискун Г. А. Сравнение эффективности больших языковых моделей для автоматической генерации описаний товаров на платформах электронной коммерции 163
Шундрин М. И., Дидус В. Т. Разработка системы автоматического управления энергетическими объектами с помощью протокола GOOSE 164
Цапик Д. К., Литвин М. А. QEMU в обучении программированию: академический опыт и перспективы 165
Куцак В. А., Цапик Д. К. Разработка устройства на платформе Arduino для мониторинга сердечного ритма 166
Дрогайцева О. В., Гришин П. С., Мантуров А. О. О минимальной аналоговой схемотехнической реализации моделей нейронов Фитцхью-Нагумо и Хиндмарш-Розе 167

Грахольская Л. В., Дрогайцева О. В., Илларионов С. А., Мантуров А. О. Детерминированная реконструкция пропущенных отсчётов временных рядов, порождаемых динамическими системами с неизвестными моделями 168
Котько Е. Н., Пискун Е. С. Интеграция многотипных источников данных в единую систему 169
Михайлик Г. Р., Слёзкин Г. В. Изучение и отработка методики обнаружения объектов путём обработки сигналов ультразвуковой локации 170
Тертышный О. И., Паслён В. В. Цифровая обработка спектра сверхширокополосного сигнала методом разделения 171
Данилин К. Д., Пустовит А. А., Трифонов Ф. М., Семенищев Е. А. Алгоритм фильтрации и прогнозирования сигналов для системы предиктивной аналитики 172
Грицишин Н. С., Бояркина М. А. Автоматизация технологических процессов фронт и бэк офисных систем в ресторане 173
Салтановский В. А., Дурманов М. А. Оценка эффективности сжатия изображений методом декомпозиции трёхмерных бинарных фигур 174
Быков А. О., Сметанина Т. И. Современные достижения в области квантовых вычислений 175
Трушкина А. В. Разработка и исследование алгоритма обработки звука для систем кохлеарной имплантации с различной конфигурацией электродной решётки 176
Иванов В. А., Михайлюк Ю. П., Начаров Д. В. Обнаружение дождя по телевизионным изображениям с применением искусственной нейронной сети 177
Лаврова Е. В., Иванов Г. А. Сравнение методов обработки изображений для БПЛА: оператор Собеля и метод ОЦУ 178
Демерза Н. А. Распознавание образов на основе ортогонального спектрального анализа с применением гиперкомплексных чисел 179
Фаткулина А. С., Зеленкевич Д. Ю., Савинов В. В. Особенности представления чисел в памяти ЭВМ 180
Иськив В. М., Васильев А. В., Корниенко В. А. Применение технологии Software-Defined RADIO в учебном процессе по направлению «радиотехника» 181
Васильева А. Р., Кальмук Ю. В., Третьякова Д. О., Сметанин В. П. Интеграция алгоритма для адаптивного анализа цифровой продукции 182
Штанкин И. С., Сметанина Т. И. Сверхмощный искусственный интеллект как ядро системы государственного управления 183
Свиридов Н. М., Кочерженко Е. В., Сметанина Т. И. Применение искусственного интеллекта для прогнозирования лесных пожаров с учётом метеоданных, спутниковых снимков и анализа флоры 184
Безносько В. В., Шалягин И. М., Балинец К. А., Лукьянчиков Н. А., Лукьянчиков А. В. Особенности использования компьютерной графики в задачах 2D-, 3D-моделирования и анимации для визуализации динамики электронов в магнетроне 185
Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А. Разработка инверторного стабилизатора переменного напряжения 186
Агеев Д. С., Безгин А. А., Лунев Е. Г., Литвиненко С. Р. Приём и демодуляция сигналов спутниковой системы Argos2 с использованием SDR и GNU RADIO 187
Нестеров В. Р. Разработка SDR приёмника для интернета вещания 188

СЕКЦИЯ 7

СХЕМОТЕХНИКА И КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Мельников А. В., Муратов А. Э., Капнопуло Д. В. КПД усилителя мощности с адаптивно изменяемым напряжением цепей питания 190
Коломейцева Н. В., Левчук А. О., Овчинникова Д. А., Абрамов И. И. Моделирование влияния температуры на ВАХ резонансно-туннельной гетероструктуры GAN/SIC/графен с вертикальным транспортом 191

Коломейцева Н. В., Ермак В. О., Волынец М. А., Абрамов И. И. Моделирование передаточных характеристик полевых транзисторов на двухслойном графене 192
Коломейцева Н. В., Туманов Т. А., Тарасенко М. П., Абрамов И. И. Влияние концентрации примеси в приконтактных областях на характеристики трехбарьерной гетероструктуры на основе MOS2/WSE2 с вертикальным транспортом 193
Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю. Экспериментальный модуль обработки изображения для беспилотных аппаратов 194
Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю. Экспериментальный полётный контроллер 195
Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю. Устройство балансировки напряжений элементов аккумуляторной батареи 196
Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю. Устройство поэлементного измерения напряжения аккумуляторной батареи 197
Николаева Я. С., Егоров В. В. Устройство для повышения долговечности и надёжности аккумуляторных батарей 198
Михайлик Г. Р., Овчаров П. П. Высоковольтный источник питания для фотоэлектронных умножителей 199
Михайлик Г. Р., Овчаров П. П. Оптическая система приёмника оптического сигнала на базе ФЭУ 200
Белозуб Д. А. Разработка трансляционного усилителя мощности 320 Вт, с сетевым подключением 201
Белозуб Д. А. Использование сетевого подключения для взаимодействия трансляционных усилителей 202
Муратов А. Э., Тазов К. В., Андрейчук А. М., Вертегел В. В. Широкополосный малошумящий усилитель с перестраиваемым коэффициентом усиления и высоким динамическим диапазоном 203
Янченко А. М., Акопян А. С., Васильев А. В. Разработка контроллера управления лазерным станком для производства печатных плат 204
Тазов К. В., Муратов А. Э., Андрейчук А. М., Савинов В. В. Широкополосный аналоговый коммутатор дифференциальных сигналов 205
Андрейчук А. М., Муратов А. Э., Савинов В. В., Тазов К. В., Вертегел В. В. Блок формирователя квадратурных сигналов гетеродина с автоматической коррекцией фазы 206
Андрейчук А. М., Муратов А. Э., Савинов В. В., Вертегел В. В. Усилитель с программируемым коэффициентом усиления для аналогового тракта трансивера 207
Зеленкевич Д. Ю., Дегтярев А. Н. Повышение помехоустойчивости систем ФАПЧ путём применения синхронной фильтрации 208
Швец Н. С., Миронов А. Ф. Исследование нейроморфных систем в области применения протезов и кибернетических имплантов 209
Иванюк Т. А., Андрейчук А. М, Тазов К. В. Разработка чувствительного элемента для интегрального датчика температуры 210
Савинов В. В., Муратов А. Э., Капнопуло Д. В., Иванюк Т. А., Вертегел В. В. Перестраиваемый фильтр нижних частот третьего порядка для приёмной части SDR трансивера 211
Гонтарь А. И., Левченя Р. Р., Кравченко И. Д., Чесноков С. А., Дурманов М. А. Электрическая «умная розетка» 212

СЕКЦИЯ 8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Клименко Ю. А., Преображенский А. П., Бельчев А. В., Родюков А. И. Разработка системы звуковой локации для обнаружения беспилотных летательных аппаратов 214

Клименко Ю. А., Преображенский А. П., Гаврилов Д. Е., Черничкин Б. М. Разработка системы формирования акустического «паспорта» БПЛА на основе применения средств звуковой локации 215
Тихонов И. А., Дюков А. В., Маренков Н. М. Разработка интеллектуального модуля для прогнозирования успеваемости студентов и связи с ними....216
Дубовик К. А., Долгих П. О., Гудков С. С. Применение методов искусственного интеллекта для оптимизации маршрутизации в сетях....217
Гудков С. С., Маркин В. В. Возможности повышения эффективности работы беспроводной сети 218
Кузьменко С. И., Ляшко А. Д. Обзор нейросетевых алгоритмов монокулярной оценки дистанции 219
Красильниченко И. Д. Конвейерная реализация DMA контроллера с параллельной работой блоков чтения и записи 220
Красильниченко И. Д. Генеративный ИИ для ускоренной разработки на SYSTEMVERILOG: кейс DMA-контроллера....221
Филатов П. В., Нестеренко А. И., Лукьянчиков Д. А., Лукьянчиков Н. А., Лукьянчиков А. В. Особенности первичной отладки программных модулей бортового компьютера....222
Кузьменко С. И., Крамарь В. А. Адаптивный фильтр Калмана с настройкой матрицы q методами машинного обучения с подкреплением в задачах оценки состояния автономного необитаемого подводного аппарата 223
Широков И. Б., Громов А. С. Система измерения дальности для автоматического причаливания автономных необитаемых подводных аппаратов....224
Анненков В. Д., Ляшко А. Д. Планирование траекторий агентов для исследования трехмерного пространства....225
Жиляков П. В. Разработка алгоритма приведения автономного подводного аппарата к цели по информации от системы подводной акустической навигации и системы технического стереозрения....226
Малейко А. А., Табакаев Д. И. Система мониторинга качества воздуха окружающей среды в помещении 227
Тарасов В. Ф., Начаров Д. В. Развитие методов коррекции подводных телевизионных изображений....228
Алешкин Н. А., Шевченко Я. Т., Селезнев В. С., Ляшко А. Д. Разработка системы навигации для автономных подводных аппаратов на основе визуальной одометрии 229
Швец Н. С., Миронов А. Ф. Опасность развития и применения искусственного интеллекта в системах автоматизации....230

СЕКЦИЯ 9

WEB-ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Литвин М. А., Узунбаджах С. А., Цапик Д. К. Разработка модуля автоматизированного формирования учебных планов и отчётов преподавателя 232
Джигова Д. В., Цапик Д. К. Разработка программного компонента автоматического обновления и веб-публикации расписаний академических групп....233
Меньшакова К. Д., Мурзин Н. Д., Мурзин Д. Г. Обзор платформы ОС «Аврора» 234
Ревун К. А., Дубовой А. Д., Сметанин В. П. Интеграция компьютерной графики в WEB-приложения 235
Круз Е. А., Сметанина Т. И. Современные методы создания 2D анимации....236
Безносько В. В., Лукьянчиков А. В. Применение компьютерной графики в задачах 2D-, 3D-моделирования и анимации....237
Якубенков А. В., Сметанина Т. И. Визуализация пользовательской части веб-сайта 238
Мамонтов И. С., Брагин А. Д. Разработка веб-приложения «Нейромольберт» 239

СЕКЦИЯ 10

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ИНФОРМАЦИИ

Павленко В. Ю., Кротов И. В., Максимовская Н. Л. Защита персональных данных в современном мире....242
Драничников С. А., Максимовская Н. Л. Безопасность персональных данных, как защита от хакеров....243
Петров С. Н., Пакуль Е. С., Корчинский А. А. Оценка производительности вызовов функций криптографической библиотеки Bee2 с использованием Rust FFI....244
Маханова В. Ю., Пулко Т. А. Обнаружение аномального поведения IoT-устройств с использованием машинного обучения....245
Яременко А. С., Ивановский Н. В., Дьяков А. С., Лукьянчиков А. В. Обзор современных тенденций при проектировании систем безопасности предприятий....246
Вальянина Е. С., Турков Б. А. Социальная инженерия: использование психологических приёмов для воздействия на людей с мошенническими целями и способы защиты от них....247
Волкова Е. Д. Разработка корпоративной VPN-сети для ООО....248
Хайлов А. В., Зайцев С. А. Применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения для обеспечения кибербезопасности....249
Стегней Д. А. Сложности в применении методов и средств обеспечения безопасности объектов и информации в Российской Федерации, связанные с импортозамещением в 2025 году....250
Гаенко И. В., Сметанина Т. И. Безопасность в общественных Wi-Fi сетях....251
Лаврова Е. В., Ялына Р. А., Иванов Г. А. Информационная система для анализа сетевого трафика и обнаружения кибератак с использованием методов машинного и глубокого обучения....252
Гаража А. В., Маслова М. А. Разработка программного приложения «Парольный страж»....253
Филатов Р. А., Константчук О. А. Разработка системы мониторинга защищённости АРМ с ОС Linux....254
Толчин М. В., Осинина О. С., Девицына С. Н. Разработка системы обнаружения веб-атак с поддержкой пользовательских сигнатур на основе алгоритма Ахо-Корасик....255
Степанов В. Г., Захаров А. А. Информационная безопасность вузов: по пути к русификации цифровых ресурсов....256
Коренев Н. А., Паслён В. В. Акустический обнаружитель источника звука....257
Зубов В. О., Филатов Р. А., Девицына С. Н. Разработка приложения для защиты коммерческой тайны....258
Тверезый В. Э., Сагалаев А. В. Перспективы применения постквантовой криптографии для обеспечения информационной безопасности в условиях развития квантовых вычислений....259
Богачева Д. В., Пелись В. В. Применение поведенческой биометрии для защиты корпоративных систем....260
Скидан П. В., Девицына С. Н. Проектирование автоматизированной системы в защищённом исполнении с использованием бездисковых клиентов....261
Гелеверя Н. В., Маврин С. А. Выявление Command-and-control каналов в зашифрованном трафике на основе анализа метаданных пакетов....262
Зубов В. О., Константчук О. А., Девицына С. Н. Исследование причин утечек персональных данных пациентов....263
Герасёва А. А., Москвитина Е. В., Ожиганова М. И. Актуальные методы защиты веб-сайтов от утечки персональных данных....264
Неруш А. В., Девицына С. Н. Анализ рисков использования искусственного интеллекта в процессах DevSecOps....265
Устюжанинов Р. С., Тяжелов Р. С., Маслова М. А. Защита и анализ данных в приложениях для OSINT и конкурентной разведки....266

Ковязин Л. С., Мамбетов Н. Р., Маслова М. А. Разработка интерактивной платформы для виртуальных лабораторных и практических занятий 267
Осинина О. С., Толчин М. В., Девицына С. Н. Способ проверки паролей на основе принципа k-анонимности 268
Смирнов А. А., Маврин С. А. Разработка автоматизированной системы анализа вредоносных программ на основе виртуализации 269
Пасюгин К. А., Вильсон Н. Г. Применение методов машинного обучения для выявления аномальной активности и сканирования уязвимости 270
Денисов Ю. В., Вильсон Н. Г. Комплексный анализ методов и средств противодействия инъекционным атакам на веб-приложения 271

СЕКЦИЯ 11

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Трушкина А. В., Манько А. С. Исторические аспекты развития радиоэлектронных средств для негласного получения информации 274
Брук Е. О., Селиверстова П. А., Богаткевич Т. А. Научный подвиг в годы войны: деятельность группы Курчатова — Александрова по противоминной защите флота в Севастополе (1941—1942 гг.) 275
Сахно М. К., Абашкин В. Л. Телекоммуникационные услуги в контексте цифровой трансформации регионов 277
Катеринчук В. И., Ермолов П. П. Юрий Тимофеевич Криворучко — ведущий специалист в области интегрированных систем навигации и посадки (к 50-летию деятельности во ВНИИРА, 1975—2025 гг.) 278

ШКОЛА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Финал конкурса «Школа юного исследователя-2025» 280
Лавринюк Б. В. Система умного дома «Школьный дом» 281
Рябчик К. А. Робот-учитель «Макаренко» 281
Сосновский В. Ю. Разработка программно-аппаратной системы управления моделью атомного реактора 282
Акулинин Д. А. «Умная теплица» в школе 282
Петрушин К. А. Электронный кодовый замок 283
Круглов А. А. Windows-приложение по теории чисел на языке программирования C++ 283
Цыбка Е. Д. Эволюционный статус комет, проходящих перигелий в 2025 году 284
Адамян А. А. Об одном свойстве треугольника 284
Сурначев А. В. Разработка процессора для быстрого майнинга криптовалюты 285
Енгалычев И. Р. Распознавание мелодии в видео, при лишнем шуме или речи автора 285
Дрёмов А. А. О сократимости дробей специального вида 286
Глеч Е. С. Приложение для автоматического управления задачами 286

АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК АВТОРОВ

K

Kudzin V. P. 107

M

Maodong Cai 107

А

Абашкин В. Л. 277
Абрамов И. И. 191, 192, 193
Агеев Д. С. 187
Агуреева А. С. 82, 83
Адамян А. А. 284
Ажицкий А. Д. 66
Акопян А. С. 157, 204
Акулинин Д. А. 282
Ал Кхоури И. Д. 62, 141, 142
Алексеев В. Д. 141, 142
Алешкин Н. А. 229
Андрейчук А. М 203, 205, 206, 207, 210
Аникин Г. С. 113
Анненков В. Д. 225
Афонин И. Л. 88

Б

Байздренко А. А. 41, 42
Балинец К. А. 185
Барсуков А. А. 79
Бас Л. С. 82, 83
Безгин А. А. 187
Безносько В. В. 185, 237
Беленко М. С. 44, 45, 132, 186
Белозуб Д. А. 201, 202
Бельчев А. В. 30, 106, 214
Бессонов А. Д. 73
Бобров А. И. 114
Богаткевич Т. А. 275
Богачева Д. В. 260
Борисенок А. В. 115, 116
Бояркина М. А. 173
Брагин А. Д. 239
Брук Е. О. 275
Бурлака В. В. 194, 195, 196, 197
Бывалов С. Д. 101
Быков А. О. 175

В

Вальянина Е. С. 247
Васильев А. В. 49, 122, 157, 158, 181, 204
Васильева А. Р. 182
Васин Е. Е. 133, 134, 135, 136, 137, 138
Вербицкий А. В 130
Вертегел В. В. 55, 96, 203, 206, 207, 211
Вильсон Н. Г. 270, 271
Виноградова Л. М. 114
Волкова А. А. 73
Волкова Е. Д. 248
Волынец М. А. 192
Воронёнков В. Ю. 72

Г

Гаврилов Д. Е. 215
Гаенко И. В. 251
Ганощенко Ю. Е. 86
Гаража А. В. 253
Гаспарян Р. Р. 64, 65
Гелеверя Н. В. 262
Герасёва А. А. 264
Гилетин А. С. 35, 37
Гладыш М. А. 31
Глеч Е. С. 286
Головин А. Ю. 194, 195, 196, 197
Головин В. В. 115, 116, 120, 123, 129, 130
Гонтарь А. И. 212
Гончарова Е. К. 144
Горблянский К. С. 76
Горобец Д. 77
Грахольская Л. В. 168
Гринёв А. Ю. 113
Гриценко И. Р. 28
Грицишин Н. С. 173
Гришин П. С. 167
Громов А. С. 39, 224
Громоздин В. В. 74
Гудков С. С. 217, 218
Гулаков С. В. 194, 195, 196, 197

Д

Давыдов Д. Д. 133
Данилин К. Д. 154, 172
Данилов Н. Г. 72
Девицына С. Н. 255, 258, 261, 263, 265, 268
Дегтярев А. Н. 51, 208
Дементьев К. В. 26
Демерза Н. А. 179
Демшевский В. В. 113
Денисов Ю. В. 271
Джигова Д. В. 233

Дидус В. Т. 92, 164
Димин М. Э. 78
Долгих П. О. 217
Долженко А. С. 57
Драничников С. А. 243
Драч Е. А. 145
Дрёмин А. А. 121, 286
Дрогайцева О. В. 167, 168
Дрозд А. Д. 126
Дубенко М. В. 130
Дубовик К. А. 217
Дубовой А. Д. 235
Дурманов М. А. 68, 84, 102, 155, 174, 212
Дьяков А. С. 246
Дьячин П. В. 102
Дюков А. В. 216

Е

Егоров В. В. 40, 144, 145, 198
Егорова А. О. 89, 90
Енгалычев И. Р. 285
Еренков А. А. 48
Ерисов А. А. 149, 150, 151, 152
Ермак В. О. 192
Ермолов П. П. 278

Ж

Жиляев А. Р. 153
Жиляков П. В. 226
Жуков В. М. 38

З

Задорожный М. Е. 28
Зайцев С. А. 249
Закурдаева Е. Я. 72
Захаров А. А. 256
Зеленкевич Д. Ю. 51, 180, 208
Зубов В. О. 258, 263

И

Иванов В. А. 177
Иванов Г. А. 178, 262
Ивановский Н. В. 246
Иванченко Ю. А. 93
Иванюк Т. А. 44, 45, 132, 186, 210, 211
Игнашева Е. П. 41, 42
Илларионов С. А. 168
Иськив В. М. 49, 133, 134, 135, 136, 181

К

Кагиров И. Б. 50
Калдузов Д. П. 67
Кальмук Ю. В. 182
Капнопуло Д. В. 190, 211
Катеринчук В. И. 278
Клименко Ю. А. 30, 106, 214, 215
Ковалёв Д. Ю. 140
Коваленко В. И. 147, 148
Коваленко П. М. 147, 148
Ковязин Л. С. 267
Козка В. А. 102
Козуб М. С. 22
Козьменко О. К. 75
Коломейцева Н. В. 191, 192, 193
Коломоец Н. А. 57
Комиссаренко В. М. 52
Констанчук О. А. 254, 263
Кораблев Я. Б. 106
Коренев Н. А. 257
Корниенко В. А. 49, 122, 158, 181
Корчагин Ю. Э. 34, 108
Корчинский А. А. 244
Корячко М. В. 159
Косак Р. Э. 131
Косолапова А. О. 40, 145
Котько Е. Н. 169
Кочерженко Е. В. 184
Кравцуненко Н. И. 127, 133, 134, 135, 137, 138
Кравченко И. Д. 212
Крамарь В. А. 26, 78, 223
Крамарь О. А. 78
Красильниченко И. Д. 220, 221
Кротов И. В. 242
Круглов А. А. 283
Круз Е. А. 236
Крылова М. А. 33
Кудин В. П. 110, 111
Кузнецов А. А. 35, 37
Кузнецов В. С. 73
Кузнецов Е. С. 159
Кузьменко С. И. 219, 223
Кузьмин В. А. 31
Куцак В. А. 166

Л

Лавринюк Б. В. 281
Лаврова Е. В. 178, 252
Ланин В. Л. 140
Лапин П. В. 35, 37
Ларионов Н. К. 53
Лащенко И. В. 109
Левченя Р. Р. 212
Левчук А. О. 191
Левчук А. П. 121
Легашова А. А. 115, 116

Лемешевская Г. А. 114
Лехкар И. П. 62
Ли Дэцян 111
Ли Чонг 110
Литвин М. А. 165, 232
Литвиненко С. Р. 187
Лихачевский Д. В. 146
Ложкин Д. С. 65, 84
Лукьянчиков А. В. 71, 77, 185, 222, 237, 246
Лукьянчиков Д. А. 222
Лукьянчиков Н. А. 185, 222
Лунев Е. Г. 187
Любарец А. И. 103, 160
Ляшко А. Д. 219, 225, 229

М

Маврин С. А. 262, 269
Макаренков А. В. 84
Максимовская Н. Л. 242, 243
Малейко А. А. 227
Маленко В. А. 46, 149, 150, 151, 152
Малехонова Н. В. 114
Малишевская Е. А. 81
Малова М. Г. 98, 99, 100, 117
Мамбетов Н. Р. 267
Мамонтов И. С. 239
Мантуров А. О. 167, 168
Манько А. С. 56, 120, 123, 156, 160, 274
Маренков Н. М. 216
Маркелов О. А. 63
Маркин В. В. 218
Маслова М. А. 266, 267
Маслова М. А. 253
Матвиенко Д. А. 101
Маханова В. Ю. 245
Мельников А. В. 190
Меньшакова К. Д. 234
Миронов А. Ф. 54, 124, 125, 128, 209, 230
Михайлик Г. Р. 170, 199, 200
Михайлов В. Ю. 141, 142
Михайлюк Ю. П. 52, 177
Мордвинова А. Ю. 88, 89, 90
Москалец А. К. 101
Москвитина Е. В. 264
Моховикова Е. А. 146
Муратов А. Э. 190, 203, 205, 206, 207, 211
Мурзин Д. Г. 62, 75, 80, 93, 101, 234
Мурзин Н. Д. 234

Н

Начаров Д. В. 177, 228
Неведров М. Г. 121
Нежданов А. В. 114
Неруш А. В. 265
Нестеренко А. И. 71, 222
Нестеров В. Р. 188
Николаев А. К. 115, 116
Николаева Я. С. 198
Николичев Д. Е. 114
Новикова Т. В. 66, 147, 148
Ночовный А. Д. 64, 150, 151
Нуансенгси Д. В. 162, 163

О

Овчаров П. П. 48, 112, 199, 200
Овчинникова Д. А. 191
Ожиганова М. И. 264
Орлова Д. А. 43, 155
Орлова Д. А. 43, 68
Орлюк Д. О. 35, 37
Осинина О. С. 255, 268

П

Павленко В. Ю. 242
Пакуль Е. С. 244
Параев К. А. 78
Паслён В. В. 171, 257
Пасюгин К. А. 270
Пелись В. В. 260
Петров С. Н. 244
Петрушин К. А. 283
Петрушин С. А. 69, 112
Пискун Г. А. 162, 163
Пискун Е. С. 169
Полубоярцев В. О. 55
Поляков А. Л. 28, 35, 37
Помогайко Н. Н. 72
Попов Н. М. 130
Преображенский А. П. ... 30, 60, 61, 106, 214, 215
Пронин А. А. 141, 142
Протько А. А. 56, 72
Проценко М. Б 22, 46
Пулко Т. А. 245
Пустовит А. А. 172

Р

Разумный А. С. 47, 97
Рачицкая Д. В. 121
Ревун К. А. 235
Редькина Е. А. 67, 69, 76, 79, 95, 121
Родюков А. И. 30, 214
Рукосуев Е. Р. 96
Русаков В. И. 57

Рябчик К. А. 281

С

Савинов В. В. 180, 205, 206, 207, 211
Савочкин А. А. 50, 64, 85, 87
Сагалаев А. В. 259
Салогубов Н. Б. 70
Салтановский В. А. 174
Сафонова А. О. 61
Сахно М. К. 277
Свиридов Н. М. 184
Свиридов Р. А 43, 68, 85, 87, 155
Селезнев В. С. 229
Селиверстова П. А. 275
Семенищев Е. А. 154, 172
Серяк Е. С. 52
Сидоренко К. В. 114
Симионенко Н. А. 65
Сирица А. А. 98, 99, 100, 117
Сирица И. А. 98, 99, 100, 117
Ситник-Зинакова Э. А. 109
Скворцов П. А. 159
Скидан П. В. 261
Скрылев А. А. 114
Слёзкин Г. В. 94, 170
Слижёва А. В. 140
Сличенко М. П. 32
Смалий Д. Д. 48
Сметанин В. П. 81, 182, 235
Сметанина Т. И. 175, 183, 184, 236, 238, 251
Смирнов А. А. 269
Соколов А. С. 61
Сорокин Н. А. 36
Сосновский В. Ю. 282
Стегней Д. А. 250
Степанов В. Г. 256
Степанова К. О. 46
Стрелков А. В. 80
Стреляная А. М. 34
Стукалова В. С. 60
Сумеркин О. А. 46
Сурначев А. В. 285
Сучок Д. Г. 84

Т

Табакаев Д. И. 70, 86, 153, 227
Тазов К. В. 203, 205, 206, 210
Тарасенко М. П. 193
Тарасов В. Ф. 228
Тверезый В. Э. 259
Телегина В. О. 60
Телешева А. А. 62, 141, 142
Тертышный О. И. 171
Титов К. Д. 34, 108
Титова О. Н. 108
Тихонов И. А. 216
Тишин А. С. 141, 142
Ткаченко М. О. 129
Толчин М. В. 255, 268
Тормасин А. С. 47, 97
Третьякова Д. О. 182
Трифонов Ф. М. 172
Трушкина А. В. 100, 118, 119, 156, 176, 274
Туманов Т. А. 193
Турков Б. А. 247
Тымченко Н. С. 63
Тыщук Ю. Н. 82, 83, 118, 119, 157, 158
Тяжелов Р. С. 266

У

Узунбаджах С. А. 143, 232
Уланова Ю. А. 61
Ульченко А. В. 41, 42
Устюжанинов Р. С. 266

Ф

Фаткулина А. С. 180
Филатов П. В. 222
Филатов Р. А. 254, 258
Филиппов М. Д. 44, 45, 132, 186
Фирсова Е. А. 60
Франчук А. С. 43, 68, 155

Х

Хайлов А. В. 249
Хомочкина Д. С. 121
Хохлова А. В. 65
Худаяров З. Ф. 159

Ц

Цапик Д. К. 143, 165, 166, 232, 233
Цыбка Е. Д. 284

Ч

Чёрная С. П. 121
Черничкин Б. М. 215
Чесноков С. А. 212
Чирко И. С. 48

Ш

Шалягин И. М. 185
Шведчиков А. Д. 95
Швец Н. С. 54, 124, 125, 128, 209, 230
Шевченко Я. Т. 229
Шикула М. Ю. 74
Широков И. Б. 36, 39, 57, 69, 224
Широкова Е. И. 69, 112

Штанкин И. С. 183
Штерев Д. И. 71
Шульгин В. В. 94
Шундрин М. И. 92, 164
Шурлов А. А. 62

Щ

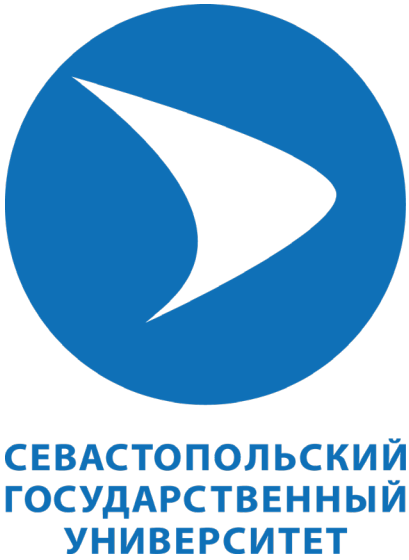
Щекатурин А. А. 133, 134, 135, 136, 137, 138
Щекатурина Д. А. 98, 99, 100, 103, 117
Щесняк А. О. 71

Ю

Юртова Е. И. 114
Юханов Ю. В. 131

Я

Якубенков А. В. 238
Ялына Р. А. 252
Янченко А. М. 157, 158, 204
Яременко А. С. 246
Ященко Е. Ю. 32, 108



ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

г. Севастополь,
Университетская, 33
+7 (8692) 43-50-02
http://www.sevsu.ru

СевГУ — крупнейшее высшее учебное заведение Севастополя и Крыма. Основан 8 октября 2014 года на основании решения Правительства Российской Федерации.

Университет проводит подготовку кадров высшей квалификации, обучение студентов по квалификационным уровням: бакалавр, специалист, магистр, а также готовит специалистов среднего профессионального образования.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ БЕРЕГОВЫХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМ МОРСКОЙ РАДИОСВЯЗИ В ДИАПАЗОНЕ ОВЧ

Козуб М. С.[1], Проценко М. Б.[1, 2]
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Проценко М. Б.
[1]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
E-mail: kozubms@nic-t.ru

Аннотация — Впервые применён комплексный подход к проведению натурных испытаний береговых объектов систем морской радиосвязи в диапазоне ОВЧ, заключающийся в объединении взаимосвязанных расчётно-теоретических, организационно-методических и непосредственно технических мероприятий. Введён новый показатель качества функционирования берегового объекта, количественно определяемый фактической чувствительностью, под которой понимается такое значение ЭДС полезного сигнала на входе радиоприёмного устройства радиотехнического средства берегового объекта, при котором достигается заданное отношение сигнал/шум или коэффициент ошибок на его выходе при воздействии на вход радиоприемного устройства всех видов шумов и помех, как внутренних, так и внешних. Составлены и решены уравнения граничной дальности радиосвязи в диапазоне ОВЧ, результаты решения которых впервые обобщены, систематизированы и представлены в виде графических зависимостей. Разработаны программы и методики проведения экспериментальной оценки ЭМС и экспериментального определения граничной дальности берегового объекта. Результаты натурных испытаний на реальном береговом объекте подтвердили достоверность и эффективность разработанного подхода.

1. Введение

Приоритетом современного судоходства является обеспечение безопасности мореплавания, заключающееся в первую очередь в сохранности жизни и здоровья членов экипажей и пассажиров судов, а также самих судов и перевозимых на них грузов.

Одной из общих задач обеспечения безопасности мореплавания является создание и поддержание в работоспособном состоянии береговых объектов систем управления движением судов (СУДС) и береговых объектов Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ). Для ее решения, а также в целях выполнения обязательств, вытекающих из участия Российской Федерации в конвенции СОЛАС-74, Министерство транспорта РФ осуществляет координацию деятельности, связанную с обеспечением функционирования радиотехнических средств береговых объектов СУДС и ГМССБ и проведением работ по регулярному освидетельствованию данных береговых объектов [1, 2]. При освидетельствовании береговых объектов СУДС и ГМССБ проводятся натурные испытания, которые являются основным и практически единственным способом подтверждения тактических характеристик радиотехнических средств данных объектов в их акватории функционирования.

Береговые объекты СУДС и ГМССБ в общем случае могут включать в себя множество средств радиосвязи с судами, но наиболее интенсивно эксплуатируемыми являются средства радиосвязи, работающие в диапазоне очень высоких частот (ОВЧ). В виду того, что натурные испытания применительно к радиотехническим средствам береговых объектов СУДС и ГМССБ [3] являются наиболее трудозатратными при их освидетельствовании, повышение эффективности натурных испытаний при сохранении и даже повышении уровня достоверности результатов испытаний определяет актуальность данной работы.

Необходимо отметить объёмный перечень существующих нормативных документов, описывающих и регламентирующих состав и параметры береговых объектов системы обеспечения безопасности мореплавания (СОБМ) [1, 2, 4]. Однако документы, в которых представлены методы проведения натурных испытаний береговых объектов СОБМ, практически отсутствуют. Как показали многочисленные результаты экспериментов, на дальность радиосвязи береговых объектов ГМССБ и СУДС, работающих в диапазоне ОВЧ в направлении Судно-Берег, основное влияние оказывает электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств на береговых объектах.

На основе собранной и проанализированной информации, а также имеющегося опыта, натурные испытания береговых объектов ГМССБ и СУДС, работающих в ОВЧ диапазоне, надо понимать в более широком смысле, включающем в себя не только их практическое проведение, но и комплекс взаимосвязанных расчётно-теоретических и организационно-методических мероприятий, что и является основой нового комплексного подхода.

2. Основная часть

Расчетно-теоретическая часть натурных испытаний связана с решением задачи прогнозирования зон действия береговых объектов систем морской радиосвязи, включая граничную дальность этих зон.

В качестве основных особенностей судового ОВЧ радиоканала следует выделить: двунаправленность радиолинии (направления передачи Берег-Судно и Судно-Берег); типовые характеристики используемого судового радиооборудования; индивидуальные параметры антенны берегового объекта и соответствующего фидерного тракта; условно постоянные (мало изменяющиеся) значения напряжённости поля внешних шумов вблизи судовой антенны; изменяющиеся в широких пределах значения напряжённости поля внешних шумов и напряжённости поля внешних помех вблизи антенны берегового объекта.

В качестве количественного параметра качества радиосвязи в направлении Берег-Судно предлагается использовать значения напряжённости поля полезного сигнала [4, 5]. Эти значения пропорциональны отношению сигнал/шум на входе и, соответственно, параметру качества на выходе радиоприёмного устройства (РПУ) судовой ОВЧ радиостанции. Функциональная зависимость между напряжённостью поля полезного сигнала $E_{\text{с}}^{\text{Б-С}}$ и отношением сигнал/шум $SNR_{\text{вх}}$ на входе РПУ определяется следующим выражением:

$$E_{\text{с}}^{\text{Б-С}} = SNR_{\text{вх}} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_{\text{ном}}}{SNR_{\text{вх ном}}\, h'_{\text{д}}}\right)^2 + (E_{\text{ш}}^{\text{С}})^2},$$

где $\varepsilon_{ном}$ — номинальная чувствительность РПУ; $SNR_{вх\ ном}$ — отношение сигнал/шум на входе РПУ, при котором определена его номинальная чувствительность; $h_д$'— действующая высота судовой антенны с учётом потерь в антенно-фидерном тракте; $E_ш^С$ — напряжённость поля внешних шумов вблизи антенны судовой радиостанции.

На стороне судовой ОВЧ радиостанции внешний шум включает в себя все шумы и помехи, обусловленные как внешними природными факторами, так и взаимным влиянием всех судовых радиосредств и электрооборудования, определяемые соответственно галактическим и палубным шумами с соответствующими коэффициентами шума.

В качестве количественного параметра, определяющего качество радиосвязи в направлении Судно-Берег, предлагается использовать значения ЭДС полезного сигнала на входе РПУ береговой радиостанции. В этом случае учитываются фактические параметры антенны береговой радиостанции и фидерного тракта между антенной и РПУ. Кроме этого, при определении параметра качества радиосвязи в направлении Судно-Берег, учитывается электромагнитная обстановка на береговом объекте, в которой работают РПУ береговых радиостанций, с использованием нового параметра в виде фактической чувствительности $\varepsilon_{факт}$ берегового объекта. Под фактической чувствительностью $\varepsilon_{факт}$ берегового объекта понимается такое значение ЭДС полезного сигнала $\varepsilon_с$ на входе РПУ берегового объекта, при котором достигается заданное отношение сигнал/шум на его выходе при воздействии всех видов шумов и помех — $\varepsilon_{ш\ внут}$, $\varepsilon_{ш\ внеш}$ и $\varepsilon_{п\ внеш}$ [6]:

$$\varepsilon_{факт} = SNR_{вх}\sqrt{\varepsilon^2_{ш\ внут} + \varepsilon^2_{ш\ внеш} + \varepsilon^2_{п\ внеш}}.$$

Параметр в виде фактической чувствительности дает интегральную оценку всех влияющих внутренних и внешних шумов, а также непреднамеренных помех, фактически присутствующих в локальной группировке технических средств на береговом объекте, и выступает в качестве критерия, определяющего качество радиосвязи, позволяющего определить дальность действия в направлении Судно-Берег.

Параметры качества радиосвязи в виде напряженности поля полезного сигнала в направлении Берег–Судно и ЭДС полезного сигнала на входе РПУ береговой радиостанции в направлении Судно-Берег имеют большое практическое значение при проведении натурных испытаний с целью определения граничной дальности $d_{гр}$ береговых объектов.

Процедуры оценивания граничной дальности береговых объектов сформулированы и детализированы в [6]. Суть предлагаемой процедуры в направлении Берег-Судно состоит в определении соответствия между значениями напряжённости поля полезного сигнала $E_с^{Б\text{-}С}$, создаваемого радиопередающим устройством (РПДУ) береговой ОВЧ радиостанции, и пороговым значением требуемой напряжённости поля $E_{пор}$, при которой достигаются заданные качество и доступность радиосвязи. А так как значение напряжённости поля полезного сигнала $E_с^{Б\text{-}С}$ представляется в виде функциональной зависимости от расстояния d, то граничная дальность радиосвязи определяется на основании решения уравнения

$$E_с^{Б-С}(d_{гр}) - E_{пор} = 0.$$

Искомые значения напряжённости поля полезного сигнала определяются на основании кривых распространения [7], полученных в зависимости от различных параметров, в том числе применительно к морским трассам.

Аналогичным образом для направления Судно-Берег, процедура определения граничной дальности ОВЧ радиосвязи состоит в выявлении соответствия между значениями напряжённости поля сигнала и пороговым значением требуемой напряжённости поля на берегу, при котором достигаются заданные качество и доступность радиосвязи, с тем лишь отличием, что значения напряжённости поля сигнала приведены к ЭДС на входе РПУ через действующую высоту антенны береговой радиостанции, а в качестве порогового значения используется фактическая чувствительность $\varepsilon_{факт}$.

Процедура оценивания граничной дальности $d_{гр}$ ОВЧ радиосвязи в направлении Судно-Берег в пределах заявленной рабочей зоны также основывается на решения одного из уравнений

$$E_с^{С-Б}(d_{гр}) - E_{пор}^{факт} = 0,$$
$$\varepsilon_с^{С-Б}(d_{гр}) - \varepsilon_{факт} = 0,$$

где $E_{пор}^{факт}$ — приведённое пороговое значение требуемой напряжённости поля; $\varepsilon_{факт}$ — фактическая чувствительность РПУ береговой радиостанции; $\varepsilon_с^{С\text{-}Б}$ — ЭДС полезного сигнала на входе РПУ береговой радиостанции.

В результате анализа множества данных и их систематизации построены графические зависимости для определения граничной дальности радиосвязи. На рис. 1 изображены номограммы граничной дальности радиосвязи $d_{гр}$, в направлении Берег-Судно от значений эффективной излучаемой мощности береговой радиостанции $P_{е.г.р.}$, которые могут быть индивидуальны для каждого берегового объекта. Зависимости определены для различных высот установки береговой антенны H и высоты установки судовой антенны h = 4 м, для частоты сигнала f = 156,8 МГц (радиотелефония, канал 16 ГМССБ), с учётом того, что номинальная чувствительность судового РПУ равна 2 мкВ, коэффициент усиления судовой антенны с учётом потерь в фидере принят равным 0 дБи.

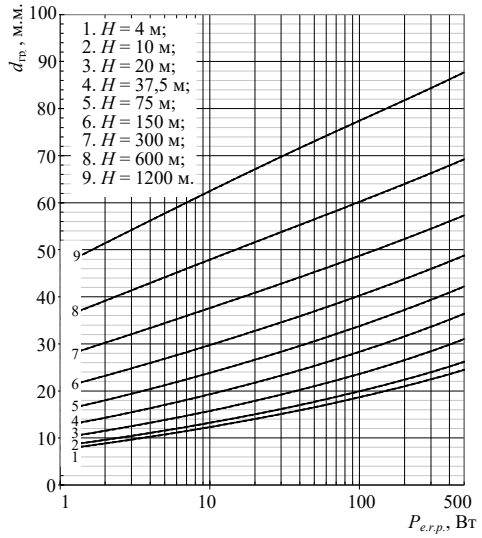


Рис. 1

На рис. 2 изображены графические зависимости граничной дальности радиосвязи $d_{гр}$ от значений фактической чувствительности берегового объекта $\varepsilon_{факт}$ (f = 156,8 МГц, мощность передатчика на судне 6 Вт, коэффициент усиления антенны береговой радиостанции с учетом потерь 0 дБи, h = 4 м) для различных высот установки береговой антенны H.

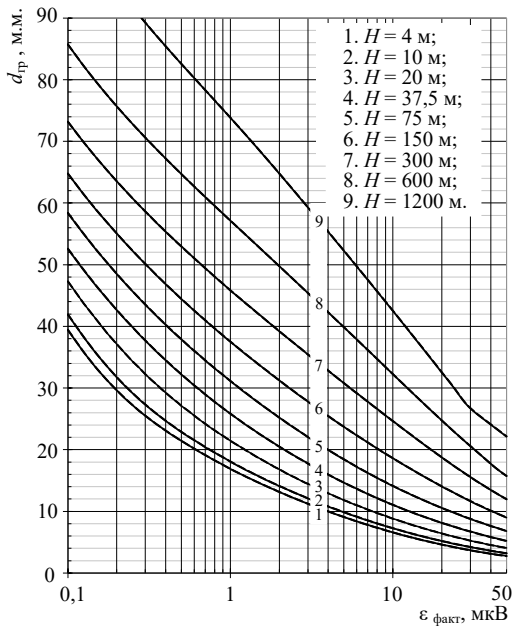


Рис. 2

Построение зависимостей для определения граничной дальности радиосвязи от фактической чувствительности позволяет использовать их, в том числе и для проверки обеспечения ЭМС на береговом объекте. Все построенные зависимости могут быть использованы в практических целях для любого рассматриваемого берегового объекта, работающего в диапазоне ОВЧ.

Организационно-методическая часть натурных испытаний в основном направлена на обоснование и организационно-методическую проработку процедур, методов измерения радиотехнических параметров и характеристик береговых объектов систем морской радиосвязи, работающих в ОВЧ диапазоне (СУДС, МР А1 ГМССБ), включая схемы и методики их измерений. Результатом такой проработки явились типовые программы и методики экспериментальной оценки ЭМС берегового объекта и определения зоны действия берегового объекта применительно ко всем техническим средствам ОВЧ радиосвязи.

Экспериментальная оценка ЭМС берегового объекта [8] основана на измерении значений фактической чувствительности технических средств радиосвязи берегового объекта, которая при схожести общей формулировки организационно, методически и аппаратно для различных систем морской радиосвязи и их режимов будет определяться по-разному.

Так для систем ГМССБ МР А1 и СУДС, работающих в режиме радиотелефонии, предлагается и используется методика определения фактической чувствительности, аналогичная методике измерения номинальной чувствительности РПУ [9, 10], за исключением того, что испытывается не только само РПУ в отдельности, а весь комплекс технических средств радиосвязи берегового объекта, включая береговые антенны. Критерием качества здесь выступает отношение сигнал/шум на выходе РПУ.

Для технических радиосредств ГМССБ МР А1, работающих в режиме ЦИВ, в качестве критерия качества используется коэффициент символьных ошибок (*character error rate*), для определения которого предлагаются к использованию разные методики. Одна из них основана на прямом измерении коэффициента символьных ошибок в декодере ЦИВ, а вторая — на преобразовании коэффициента символьных ошибок в коэффициент успешно принятых сообщений. При этом, во второй методике в качестве индикатора успешно принятых сообщений предлагается использовать или дисплей радиостанции, или монитор автоматического рабочего места (АРМ) оператора ГМССБ.

Для систем СУДС, работающих в режиме АИС, метод измерения фактической чувствительности аналогичен методу определения устойчивости РПУ к помехе в совмещенном канале, с тем лишь отличием, что в качестве нежелательного сигнала используется сигнал, поступающий со штатных антенно-фидерных трактов береговой станции (БС) АИС. Критерием качества здесь выступает коэффициент ошибок на пакет (*packet error rate, PER*) на выходе РПУ. Разработанная и предлагаемая методика определения фактической чувствительности также основана на преобразовании коэффициента ошибок на пакет в коэффициент успешно принятых сообщений и использовании дисплея радиостанции или АРМ оператора СУДС в качестве измерителя. При измерении фактической чувствительности АИС учитываются не только нежелательные модулированные сигналы от других судовых АИС, но также и помехи от других РПДУ, расположенных в локальной группировке на БС с учетом параметров и взаимного месторасположения их антенн.

Экспериментальное определение зоны действия береговой и судовой радиостанций осуществляется с использованием испытательного судна, маршрут движения которого определяется до начала работ.

Измерения напряженности поля полезного сигнала в направлении Берег-Судно и ЭДС полезного сигнала на входе РПУ береговой радиостанции в направлении Судно-Берег при движении испытательного судна по маршруту составляют основу экспериментального определения граничной дальности технических средств радиосвязи берегового объекта. Схема взаимодействия береговой станции как объекта испытаний с испытательным судном, со вспомогательным оборудованием и со средствами измерений при экспериментальном определении граничной дальности изображена на рис. 3.

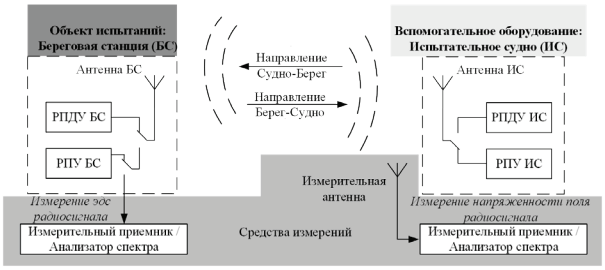


Рис. 3

Экспериментальная часть натурных испытаний состояла в определении фактической чувствительности и определения на ее основе степени обеспеченности ЭМС берегового объекта, а именно береговой станции морского района А1 ГМССБ, включающей в себя центр управления ГМССБ и базовую радиостанцию. Центр управления ГМССБ состоял из двух АРМ операторов ГМССБ (основного и резервного). В состав базовой радиостанции входило по две радиостанции 16 канала (радиотелефония) и 70 канала (ЦИВ) основного и резервного комплектов, а также радиостанция, работающая в режиме радиотелефонии на 18 и 74 каналах, предназначенных для ведения служебного радиообмена.

При проведении экспериментальной оценки ЭМС береговой радиостанции морского района А1 ГМССБ в качестве влияющих (воздействующих) радиостан-

ций, расположенных в локальной группировке, были определены рабочие радиостанции основного и резервного комплектов, работающие на каналах 18 и 74, обозначенные как 18О/18Р и 74О/74Р соответственно. Поочередное воздействие осуществлялось на радиостанции 16 и 70 каналов, выступающие в качестве проверяемых и обозначенные как 16О/16Р и 70О/70Р соответственно.

Результаты измеренных значений фактической чувствительности объекта испытаний в отсутствие воздействия и при воздействии рабочих радиостанций представлены в таблице 1. Там же приведены значения прогнозируемой граничной дальности радиосвязи в направлении Судно-Берег, полученные на основе графических зависимостей (от измеренных значений фактической чувствительности).

Таблица 1

Проверяемая. радиостанция / Воздействующая радиостанция	$\varepsilon_{факт}$, мкВ			$d_{гр}$, м.м.		
	–	18О/ 18Р	74О/ 74Р	–	18 О/ 18 Р	74 О/ 74 Р
16О	0,75	0,78	37,22	28, 2	27,8	5,9
		0,77	21,50		27,9	7,7
16Р	0,72	3,28	29,35	30, 1	17,2	7,1
		0,83	13,22		28,5	10,2
70О	1,00	1,21	1,43	28, 0	26,9	25,5
		1,25	1,23		26,0	26,2
70Р	1,02	4,48	23,50	31, 5	19,2	9,9
		1,43	3,78		28,0	20,2

Фактическая чувствительность объекта испытаний при воздействии рабочих радиостанций на канале 18 увеличивается до 3,28 мкВ для 16 канала и 4,48 мкВ для 70 канала. С учетом того, что частота передачи канала 18 на 4,7 МГц выше частоты приема канала 16 и на 4,975 МГц выше частоты приема канала 70, выявленное влияние предположительно связано с эффектами блокирования РПУ радиостанций объекта испытаний мощным сигналом от рабочей радиостанции на канале 18, поступающим на вход РПУ через антенну. Прогнозируемая дальность радиосвязи в этом случае составляет 17,2 м.м.

По результатам измерений фактической чувствительности объекта испытаний при воздействии рабочих радиостанций на канале 74 в общем случае был сделан вывод об их существенном влиянии на работу РПУ основного и резервного комплектов радиостанций объекта испытаний на каналах 16 и 70. Так, измеренное значение фактической чувствительности на канале 16 на 33,5 дБ больше фактической чувствительности объекта испытаний, определенной без воздействия рабочих радиостанций. Это влияние привело к снижению прогнозируемой граничной дальности до минимальных значений в 5,9 м.м., что свидетельствует о необеспеченности ЭМС для данного объекта при воздействии рабочих радиостанций на канале 74.

После проведения организационно-технических мероприятий по анализу обеспеченности ЭМС и последующего экспериментального определения зоны действия технических средств радиосвязи берегового объекта на основе результатов измерения ЭДС полезного сигнала на входе РПУ береговой радиостанции была подтверждена проектная дальность объекта испытаний, составляющая 17 м.м.

3. Заключение

В целом разработанный и реализованный новый комплексный подход к проведению натурных испытаний береговых объектов систем морской связи в диапазоне ОВЧ позволил существенно снизить трудоемкость соответствующих работ и повысить достоверность и повторяемость получаемых результатов. Перспективные работы по данному направлению связаны с оптимизацией маршрута движения испытательного судна при проведении экспериментального определения граничной дальности береговых объектов, а также с автоматизацией процесса натурных испытаний.

4. Список литературы

[1] Приказ Минтранса РФ от 10.02.2010 № 32.

[2] Приказ Минтранса РФ от 23.07.2015 № 226.

[3] Проценко, М. Б. Основные направления совершенствования натурных испытаний береговых объектов и центров СУДС и ГМССБ / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, В. И. Коваленко // Труды НИИР. — 2019. — № 1. — С. 63—68.

[4] Резолюция А.801(19). Обеспечение радиослужб для Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ). — М., 1995. — 32 с.

[5] Инструментальные методы измерения качества судовой ОВЧ радиосвязи / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, К. В. Иевлев, М. С. Козуб // Труды НИИР. — 2021. — № 1. — С. 25—32.

[6] Проценко, М. Б. Методика оценивания граничной дальности береговых радиостанций СОБМ в ОВЧ диапазоне для направления Берег-Судно / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, М. С. Козуб // Труды НИИР. — 2021. — № 3. — С. 44—49.

[7] Рекомендация МСЭ-R Р.1546-5 (09/2013). Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.

[8] Анализ ЭМС на береговом объекте ГМССБ и СУДС в диапазоне ОВЧ / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, М. С. Козуб, Т. В. Новикова // Труды НИИР. — 2023. — №3—4. — С. 76—82.

[9] ETSI EN 301 929 V2.1.1 (2017-03). VHF transmitters and receivers as Coast Stations for GMDSS and other applications in the maritime mobile service; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU. — ETSI, 2017. — 49 p.

[10] Афонин, И. Л. Радиопокрытие прибрежной морской зоны с применением беспроводного широкополосного оптического канала для организации интенсивного судоходства / И. Л. Афонин, В. В. Головин, М. О. Ткаченко, Ю. Н. Тыщук, А. Л. и др. // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 297—306.

THE INTEGRATED SOLUTION FOR CONDUCTING FULL-SCALE TESTS OF COASTAL OBJECTS OF THE MARITIME MOBILE SERVICE IN VHF BAND

Kozub M. S.[1], Protsenko M. B.[1, 2]

Scientific adviser: Protsenko M. B.

[1]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — The integrated solution for conducting full-scale tests of maritime mobile service coastal objects in the VHF range was applied, which consists in combining interrelated calculation-theoretical, organizational-methodological and technical measures. A new characteristic of the coastal objects functioning quality is introduced, quantitatively determined by the actual sensitivity, which means such a value of the useful signal emf at the input of the receiver of the radio technical means of the coastal station, at which a given signal-to-noise ratio or error rate at its output is achieved under the influence of all kinds of noise and interference, both internal and external, at the input of the receiver. The equations of the boundary range of radio communication in the VHF range are compiled and solved, the results of their solution are first generalized, systematized and presented in the form of graphical dependencies. Methods of experimental assessment of EMC and experimental determination of the boundary range of the coastal objects is developed.

КООРДИНАЦИЯ РОЯ АВТОНОМНЫХ КАТЕРОВ С РЕСУРСНО-ЭФФЕКТИВНОЙ СВЯЗЬЮ И РОЛЕВЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Дементьев К. В., Крамарь В. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: kvdementev@mail.sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрен метод управления роем безэкипажных катеров, ориентированный на совместный поиск и преследование подвижных целей. Приведен алгоритм динамического распределения ролей «искатель» и «преследователь», основанный на прогнозе времени перехвата и ограничении количества преследователей на объект. Описаны механизмы обнаружения с использованием нейросети YOLOv8, вычисления пеленгов и триангуляции, а также применение фильтра Калмана для сопровождения.

1. Введение

Рассматриваемый метод управления роем безэкипажных катеров (БЭК) на основе оптимизированной ролевой коммуникации и угловой локализации формализует задачу совместного поиска и преследования подвижных целей роем БЭК (автономных агентов) с динамическим распределением ролей («искатель» и «преследователь») [1]. Метод предполагает YOLO-детекцию [2], пеленгацию, триангуляцию, широковещательную радио-коммуникацию, а также ограничение количества преследователей на цель.

2. Основная часть

В задаче рассматриваются БЭК (агенты) A = {1,…,N}, цели T(t) ⊂ N (число целей неизвестно и может изменяться). Состояние БЭК описывается вектором $x_i(t) = [x_i, y_i, \psi_i, v_i]^T$, который содержит его положение на плоскости, курс и линейную скорость. Состояние цели моделируется как объект с постоянной скоростью, оценка её положения выполняется с помощью фильтра Калмана.

Каждый агент оснащён курсовой камерой. Детектор YOLOv8 возвращает ограничивающий прямоугольник $b_{ik} = (u_{ik}, v_{ik}, w_{ik}, h_{ik})$ и уверенность обнаружения цели c_{ik}. На основе положения центра b_{ik} относительно центра кадра вычисляется пеленг $\theta_{ik} = \psi_i + \beta_{ik}$ (см. рис. 1).

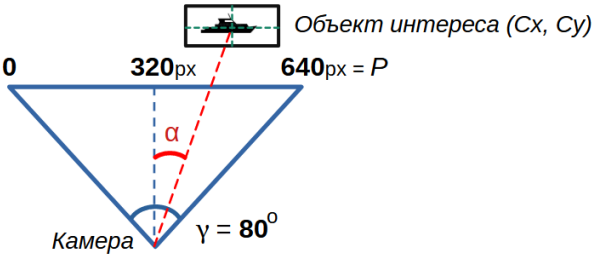


Рис. 1

Когда два и более агента наблюдают одну и ту же цель, их пеленги задают на плоскости набор лучей. Искомая позиция определяется как точка, минимизирующая сумму квадратов расстояний до всех лучей — классическая постановка наименьших квадратов. Этот шаг устойчив к шумам, особенно при существенно различающихся пеленгах. Полученная оценка положения, а также любые внешние подсказки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), трактуются как измерения и подаются в фильтр Калмана. Фильтр ведет сопровождение, выдает сглаженные траектории и ковариации, корректно обрабатывая пропуски наблюдений как «отсутствующие измерения». Дисперсии оценок затем используются в назначении: плохо локализованные цели получают больший вес в целевой функции, что стимулирует их донаблюдение.

Информационный обмен между БЭК организован в виде периодической широковещательной рассылки компактных пакетов (см. рис. 2). Каждый агент передает собственное состояние, список наблюдений (пеленги, оценки) и служебные поля; подсказки от БПЛА имеют отдельный идентификатор и формат, что позволяет автоматически трактовать их как позиционные измерения с заданной дисперсией. Поддерживаются очереди сообщений, сглаживающие неравномерные задержки и потери пакетов, характерные для радиоканалов. Минимализм телеметрии снижает нагрузку на сеть, а децентрализованный характер решений обеспечивает живучесть, состоящая в том, что при частичной изоляции узлов оставшаяся часть роя продолжает действовать рационально.

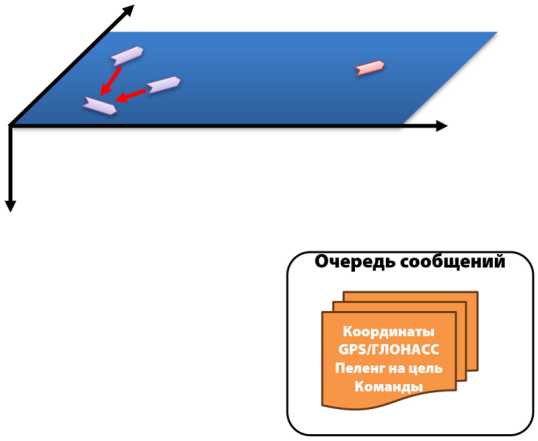


Рис. 2

Во время работы по поиску и преследованию цели агенты могут быть искателями (**S**) или преследователями конкретной цели ($\mathbf{P_k}$). Каждый агент имеет ровно одну роль. На каждую цель назначается не более двух преследователей. Область преследования определяется как круг радиусом $\mathbf{R_k}$, равным расстоянию до самого удалённого преследователя (см. рис. 3).

Потеря цели преследователем не приводит к немедленному сбросу роли: агент выполняет локальный поиск вокруг последней оценки положения и курса цели. Если в этот момент другой искатель становится лучшим по прогнозу перехвата, роль передается ему по общим правилам. Механизм устойчив к заслонениям, и кратковременным отказам детектора.

Если искатель имеет меньшее прогнозируемое время перехвата, чем текущий преследователь, то роли меняются. При потере цели преследователь переходит в режим локального поиска (см. рис. 4).

Для определения поискового покрытия вводится карта давности обзора q(p,t). Искатели управляются так, чтобы максимизировать покрытие областей с

высоким q и минимизировать перекрытие полей зрения.

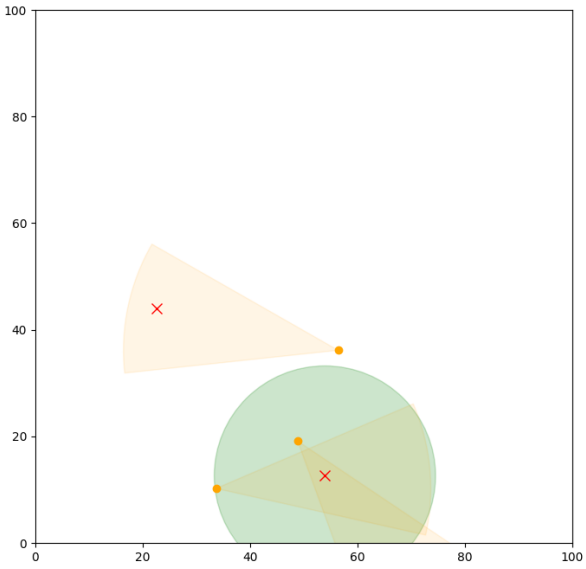


Рис. 3

Для реализации метода минимизируется многоцелевая функция, включающая ускорение покрытия области поиска, ожидаемое время перехвата и дисперсию оценки позиции цели, затраты на переназначение ролей. Целевая функция многокритериальная. В ней максимизируется скорость улучшения покрытия, минимизируется ожидаемое время перехвата и дисперсия оценок целей, а также штрафуются издержки переназначения. Оптимизация проводится при ограничениях структуры ролей и лимите на преследователей. Благодаря тому, что все входящие метрики уже присутствуют в системе, решение получается практически реализуемым.

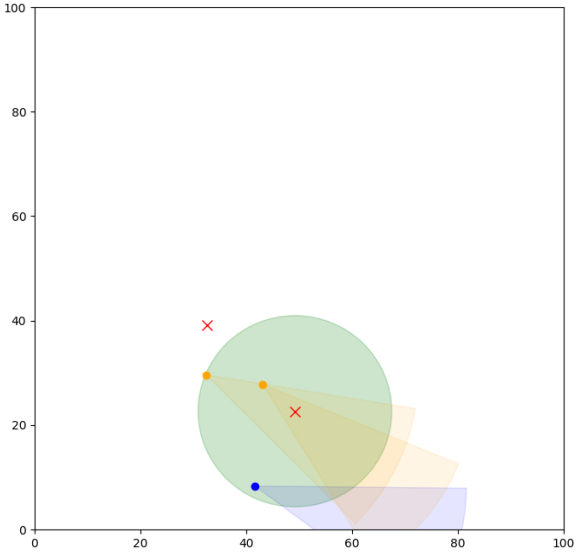


Рис. 4

При этом учитывается ограничение «не более двух преследователей на цель», а управляющие воздействия БЭК должны оставаться в допустимых пределах.

В режиме наведения на объект управление преследователя сочетает визуальное наведение (центрирование b_{ik}) и метод пропорционального наведения: $\omega_i = -k_\theta \cdot e_{(\theta,ik)} - k_{PN} \cdot \lambda_{ik}$.

Подсказки от БПЛА рассматриваются как отдельный класс сообщений и напрямую поступают в фильтр как измерения позиции с соответствующей дисперсией, отражающей точность их сенсоров. На уровне поиска эти подсказки могут временно повышать «важность» районов на карте давности, привлекая туда искателей. Благодаря унифицированному формату сообщений добавление внешних источников не нарушает архитектуру и не требует централизованного узла.

В результате, итоговый цикл работы метода состоит из следующих этапов: детекция объектов и вычисление пеленгов; локализация и сопровождение целей; назначение и перераспределение ролей; управление агентами в соответствии с ролями; обмен сообщениями и обработка внешних подсказок.

3. Заключение

Представленный метод ORCASL соотносится с роевым поведением косаток и альбатросов в процессе охоты и предлагает комплексное и строго формализованное решение для координации роя автономных агентов в задачах совместного поиска и преследования подвижных целей. Модель успешно объединяет компьютерное зрение (YOLO-детекция и пеленгация), распределённую локализацию целей (триангуляция и фильтр Калмана), широковещательную коммуникацию и ограниченную оптимизацию в единый цикл работы. Предложенный механизм смены ролей «искатель/преследователь» на основе прогнозируемого времени перехвата и жёсткое ограничение («не более двух преследователей на цель») обеспечивают эффективное и реалистичное распределение ресурсов роя. Использование обратной связи по размеру и положению b_{ik} для управления скоростью и курсом агента является практичным решением, позволяющим реализовать преследование в условиях ограниченной информации.

Предложенная постановка полностью соответствует всем заявленным техническим требованиям, включая обработку заслонений, учёт подсказок от БПЛА и минимизацию перекрытия полей зрения искателей для максимизации эффективности поиска.

4. Список литературы

[1] Ivanov, D. Distribution of Roles in a Dynamic Swarm of Robots in Conditions of Limited Communications / D. Ivanov, S. Kapustyan, E. Petruchuk // Interactive Collaborative Robotics Lecture Notes in Computer Science. — Cham : Springer International Publishing, 2019. — P. 99—108.

[2] Hussain, M. YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection / M. Hussain // Machines. — 2023. — Vol 11. — No 7. — P. 677.

UNCREWED VESSELS COORDINATION WITH RESOURCE-EFFICIENT COMMUNICATION AND ROLE DISTRIBUTION

Dementiev K. V., Kramar V. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a method for controlling a swarm of unmanned boats, which is focused on the joint search and pursuit of moving targets is considered. The algorithm for dynamically assigning the roles of "seeker" and "pursuer", based on predicting the time of intercept and limiting the number of pursuers per target, is presented. The mechanisms for detection using the YOLOv8 neural network, calculating bearings and triangulation, as well as the use of the Kalman filter for tracking are described.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ В СФЕРЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гриценко И. Р.[1], Задорожный М. Е.[1], Поляков А. Л.[2]
Научный руководитель: Задорожный М. Е.
[1]*Филиал «Крымаэронавигация» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
Ily.gricenko@bk.ru

Аннотация — Рассмотрены принципы работы МПСН и АЗН-В, а также интеграция, обнаружение и распознавание БПЛА.

1. Введение

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) находят широкое применение в различных сферах, включая мониторинг окружающей среды, доставку грузов и обеспечение безопасности. Однако их стремительное развитие и доступность создают новые вызовы, связанные с обнаружением, идентификацией и нейтрализацией нежелательных или враждебных дронов. В связи с этим возрастает потребность в эффективных системах наблюдения, способных обеспечивать контроль воздушного пространства в режиме реального времени. Предметом исследования в данном докладе являются многопозиционные системы наблюдения за беспилотными летательными аппаратами (БПЛА).

2. Основная часть

Многопозиционные системы наблюдения (МПСН), основанные на многопозиционных технологиях АЗН-В, активно используются в качестве высокоточного источника информации о воздушной обстановке в аэропортовых, аэродромных и трассовых зонах УВД. МПСН работает следующим образом. Ответчик передает информацию о высоте и идентификации, способствуя безопасному управлению воздушным движением. В добавок используются технологии мультилатырации за счёт разницы времени прихода сигнала на минимум 3 станции МПСН.

Необходимое оборудование для обнаружения БПЛА: комплект оборудования АЗН-В и компактный бортовой передатчик (транспондер) производства «ПАО НПО «АЛМАЗ» «Москит» стандарта 1090ES фиксирует и передаёт идентификатор, координаты, высоту, скорость и курс оснащённого летательного аппарата, а также сообщения об эксплуатационном статусе. Транспондер «Москит» может устанавливаться на БПЛА любого типа разных производителей. Примеры применения БПЛА: пограничный контроль и контроль государственной границ. Помимо этого, технологии активно используются для обнаружения и нейтрализации угроз. Это увеличивает оперативность и эффективность спецслужб в сложных ситуациях. Многопозиционные системы нашли применение в гражданской сфере в качестве наблюдение за сельским хозяйством и лесом, поисково-спасательные работы, наблюдение, доставка еды и медикаментов. Влияние на национальную безопасность Влияние на национальную безопасность. Эти технологии применяются как в гражданских, так и в оборонных целях. Международное сотрудничество в области обмена данными и разработке стандартов усиливает глобальную эффективность. Это помогает в создании универсальных решений для обеспечения безопасности.

Взаимодействие элементов системы показано на рис. 1.

3. Заключение

Внедрение многопозиционных систем обеспечивает стратегическое преимущество. Государствам важно продолжить поддержку таких технологий, обеспечивая их развитие и адаптацию к новым вызовам для безопасного организации воздушного движения.

THE USE OF TECHNOLOGIES OF MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEMS IN THE FIELD OF UNMANNED AERIAL

Gricenko I. R.[1], Zadorozhny M. E.[1], Polyakov A. L.[2]
Scientific adviser: Zadorozhny M. E.
[1]*Branch of "Krymaeronavigation" of ORVD "State Corporation", Russia*
[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — The principles of the work of the MPSN and the AZN-B, as well as the integration, detection and identification of UAVs, are considered.



Рис. 1

Филиал ФГУП РТРС «Радиотелевизионный передающий центр республики Крым»

Крым, г. Симферополь, ул. Батурина, 13
Тел. 8-800-220-20-02

Обеспечение населения многоканальным вещанием с гарантированным предоставлением обязательных телерадиоканалов заданного качества, повышение эффективности функционирования телерадиовещания. Предоставление услуг на базе действующей вещательной сети и вывод на рынок ряда новых услуг, основанных на существующей и вновь создаваемой технико-технологической инфраструктуре.

Секция 1

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

РАСЧЕТ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ ДАЛЬНЕЙ НАВИГАЦИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Клименко Ю. А.[1], Преображенский А. П. [1], Бельчев А. В. [2], Родюков А. И.[2]
[1]*Воронежский институт высоких технологий, Россия*
[2]*ВУНЦ ВВС "ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина", Россия*
E-mail: [1]*klm71165@mail.ru*

Аннотация — В данной статье предлагается рассмотреть вопрос внесения корректирующих данных в алгоритм расчета рабочих зон станций дальней навигации в арктическом регионе в зависимости от условий возникновения поверхностной электромагнитной волны на границе раздела слоистой среды.

1. Введение

В настоящее время уделяется огромное внимание вопросу развития арктических регионов России. Поэтому необходимо решать задачу организации надежной связи и навигации в Арктике.

В данной работе рассматривается вопрос внесения в алгоритм расчета рабочей зоны наземных станций дальней навигации на основе исследований природно-климатических и геофизических особенностей арктических морей.

Результатом исследования является повышение точности расчета рабочей зоны навигационных станций.

2. Основная часть

При исследовании распространения радиоволн СДВ, ДВ и СВ диапазонов в Арктике выявлена зависимость от различных условий. Эта область земного шара большую часть года покрыта льдами. Только на короткое время в летний период образуются участки моря, свободные от ледового панциря.

Изучение условий применения радиотехнических средств в Арктике началось в первой половине XX века в связи с развитием авиации и попыткой наладить транспортную инфраструктуру северного морского пути. Но уже во второй половине данного века исследования в этой области практически прекратились по причине развития спутниковой радиосвязи и навигации.

В настоящее время СДВ и ДВ диапазоны радиочастот вновь становится востребованным из-за малого влияния различных геофизических факторов на распространение радиоволн и качество связи, особенно навигационной составляющей.

Дальность распространения радиосигналов над слоистой средой «лед — морская вода» зависит от множества условий: открытая вода, наличие ледового покрова и его толщина, структура льда, соотношения пресной и морской воды, степени солености воды. Лед представляет собой кристаллическую структуру замерзшей пресной воды имеет низкую электропроводность и по своим свойствам является эффективным диэлектриком. Чем толще лед, тем выше его диэлектрические свойства.

Морская вода является хорошим проводником электрического тока из-за содержания в ней различных солей. С химической точки зрения она является электролитом и имеет высокую электропроводность и активно поглощает энергию электромагнитной волны.

Образовавшаяся слоистая структура «лед — морская вода» представляет из себя, с электрофизической точки зрения, «диэлектрик на проводнике».

В данных условиях возникает эффект возникновения поверхностной электромагнитной волны (ПЭВ), что доказано экспериментально. Выявлено, что затухание ПЭВ значительно ниже, чем у земной волны [1].

ПЭВ возникает при условии, если модуль импеданса прямопропорционален толщине льда и фаза импеданса находится в сильно индуктивной области.

На этой основе создана импедансная модель, которая включает в себя данные о толщине льда и электропроводности морской воды [2]. Она позволяет произвести расчет с высокой степенью точности ПЭВ над морской акваторией с ледовым покровом переменной толщины.

В результате имеем, что раз затухание радиоволны уменьшается, то при фиксированной мощности передающего устройства увеличивается дальность распространения радиосигнала. Учитывая это, расчетная рабочая зона наземной станции дальней навигации прямо пропорционально увеличится, что непременно отразится на степени навигационного покрытия морской акватории в арктическом регионе.

3. Заключение

Таким образом, проведено краткое исследование распространения радиоволн СДВ, ДВ и СВ диапазонов в Арктике. Выявлены условия возможности возникновения ПЭВ в условиях присутствия слоистой структуры «лед — морская вода» в арктической морской акватории.

Расширятся рабочие зоны навигационного покрытия средств дальней навигации.

4. Список литературы

[1] Башкуев, Ю. Б. Экспериментальное доказательство существования поверхностной электромагнитной волны / Ю. Б. Башкуев, В. Б. Хаптанов, М. Г. Дембелов // Письма в ЖТФ. — 2010. — Т. 36. — № 3. — С. 88—95.

[2] Башкуев, Ю. Б. Моделирование распространения ДВ-, СВ-, КВ- радиоволн над покрытым льдом морем / Ю. Б. Башкуев, М. Г. Дембелов // Техника радиосвязи. — 2016. — № 1 (28). — С. 89—101.

CALCULATION OF THE WORKING ZONE OF LONG-RANGE NAVIGATION GROUND STATION IN THE ARCTIC REGION

Klimenko Yu. A.[1], Preobrazhensky A. P.[1],
Belchev A. V.,[2] Rodyukov A. I.[2]
[1]*Voronezh Institute of High Technologies, Russia*
[2]*MESC "AFA n. a. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Russia*

Abstract — In the paper, the issue of introducing corrective data into the algorithm for calculating the working zones of long-range navigation stations in the Arctic region is considered, depending on the conditions of occurrence of a surface electromagnetic wave at the interface of the layered medium.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХОВЫХ ОТРАЖЕНИЙ ОТ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ РЛС ОБЗОРНОГО ТИПА

Гладыш М. А., Кузьмин В. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Кузьмин В. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: kuz_va56@mail.ru

Аннотация — На основе математического моделирования получены формульные зависимости соотношения сигнал/помеха для типовых параметров морских навигационных РЛС в режиме обнаружения на больших дальностях для заданных значений ЭПР целей, позволяющие исследовать влияние помеховых отражений от морской поверхности на характеристики обнаружения с учётом разброса значений параметров удельной ЭПР морской поверхности.

1. Введение

При решении задач радиолокационного обнаружения надводных объектов на фоне морской поверхности сигнал, отражённый от морской поверхности, может быть сравнительно большим, чем внутренние шумы приёмника, и именно он во многих случаях ограничивает обнаружительную способность РЛС [1, 2]. Поэтому при проектировании морских навигационных РЛС необходимо решать задачи связанные с вычислениями соотношения сигнал-помеха для определённых значений параметров РЛС, дальности, ЭПР цели и удельной ЭПР морской поверхности с учётом возможного диапазона изменений.

2. Основная часть

Соотношение сигнал-помеха (S/C) для малых углов скольжения (Ф), при облучении надводных целей, является функцией от ЭПР цели ($\sigma_ц$), дальности до неё (D), ширины ДНА (Θ_A), длительности зондирующего импульса (ти) передатчика РЛС, удельной ЭПР морской поверхности (σ_0), скорости распространения радиоволн в свободном пространстве (с) и определяется выражением [2]

$$\frac{S}{C} = \frac{\sigma_ц}{D \cdot \theta_A \cdot \frac{c\tau_и}{2} \cdot \sigma_0 \cdot sec\Phi} \qquad (1)$$

Для типовых значений параметров морских навигационных РЛС X-диапазона Θ_A = 1 град., $\tau_и$ = 0,4 мкс проведено имитационное моделирование соотношения S/C, согласно выражения (1) для заданных значений $\sigma_ц$ = 500, 1000 и 2000 м^2, переменных значений σ_0 = –30, –35 и –40 дБ в диапазоне дальностей от 2000 до 30000 м. Результаты имитационного моделирования соотношения S/C от дальности при значения удельной ЭПР σ_{01} = –30 дБ, σ_{02} = –35 дБ, σ_{03} = –40 дБ для $\sigma_ц$ = 500м^2 показаны на рис. 1.

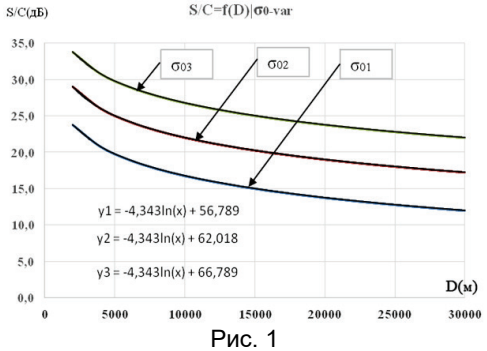


Рис. 1

По результатам имитационного моделирования определены функции тренда [3], характеризующие значения сигнал/помеха в виде выражений

$$S/Ci = C0i - C1 \cdot Ln(D) \quad i = 1, 2, 3. \qquad (2)$$

Для определения зависимости коэффициента C0 в выражении (2) от значений σ_0i, на основе построенного графика (рис. 2) определена функция тренда в виде

$$C0 = C0_1 - \sigma_0 i. \qquad (3)$$

График зависимости C0=f(σ_0), σ_w-500м^2, показаны на рис. 2.

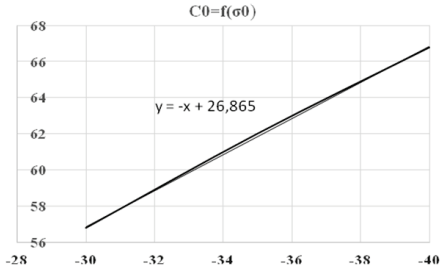


Рис. 2

Выполнив аналогично имитационное моделирование для значений $\sigma_ц$=1000 и 2000м^2, и определив зависимость коэффициента $C0_1$ от значений ЭПР целей, получено выражение для вычисления соотношения сигнал-помеха как функции от дальности, ЭПР цели и удельной ЭПР морской поверхности в следующем виде:

$$S/C = -0{,}122 - \sigma_0 - 4{,}343 \cdot [Ln(D) - Ln(\sigma_ц)]. \qquad (4)$$

3. Заключение

Полученная формульная зависимость (4) при введении значений S/Cmin (для требуемых значений вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги) позволяет вычислять диапазон максимальных дальностей обнаружения) для заданных значений ЭПР цели, параметров РЛС и удельной ЭПР морской поверхности

4. Список литературы

[1] Морская радиолокация / под ред. В.И. Винокурова. — Л. : Судостроение, 1986. — 256 с.
[2] Сколник, М. Справочник по радиолокации. Том 1 / М. Сколник; пер. с англ. — М. : Сов. радио, 1976. — 456 с.
[3] Кендалл, М. Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Дж. Кендалл, А. Стюарт; пер. с англ. — М. : Наука, 1976. — 736 с.

STUDY OF THE INFLUENCE OF INTERFERENCE REFLECTIONS FROM THE SEA SURFACE ON THE DETECTION CHARACTERISTICS OF SURVEILLANCE RADAR

Gladysh M. A., Kuzmin V. A.
Scientific adviser: Kuzmin V. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — Based on mathematical modeling, formula dependences of the signal/interference ratio for typical parameters of marine navigation radars in the detection mode at long ranges for given values of the RCS of targets have been obtained. It is allowed to study the influence of interference reflections from the sea surface on detection characteristics taking into account the spread of values of the parameters of the specific RCS of the sea surface.

ПЕЛЕНГОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ РАДИОСИГНАЛОВ

Сличенко М. П., Ященко Е. Ю.
Научный руководитель: д-р техн. наук Сличенко М. П.
Акционерное общество «Концерн «Созвездие»», Россия
E-mail: m.p.slichenko@sozvezdie.su

Аннотация — Разрабатывается специализированный метод по снижению вычислительных затрат азимутально-угломестного пеленгования. Предложен подход, основанный на формировании амплитудно-фазового портрета сигналов источников радиоизлучения и процедуре идентификации портретов во времени по признаку принадлежности к одному источнику.

1. Введение

В настоящее время особое внимание уделяется вопросам создания интеллектуальных систем приема и обработки информации. В обозначенном направлении, применительно к развитию систем радиомониторинга, в работе [2] предложен метод идентификации сигналов при решении задачи совместного обнаружения и пеленгования источника радиоизлучения (ИРИ) на фоне гауссовского шума. Под термином идентификации подразумевается процедура установления сходства наблюдаемых данных с данными, хранящимися в памяти системы

Введено понятие амплитудно-фазовых портретов (АФП) радиосигналов. Применение метода позволяет оптимизировать используемые вычислительные ресурсы аппаратуры радиомониторинга и реализовать их адаптивное перераспределение в соответствии с изменениями окружающей многоцелевой электромагнитной обстановки.

2. Основная часть

Местоположение большинства ИРИ (стационарных, передвижных) в течение достаточно продолжительного времени (по сравнению со временем обработки) можно считать неизменным. В таких случаях пеленгование ИРИ каждый раз после его обнаружения с безусловным выполнением вычислительно затратных расчетов в общем случае является избыточным. Представляется целесообразным рассмотреть возможность сократить объем вычислений по новым принятым сигналам ИРИ, которые ранее были обнаружены и запеленгованы, и информация о характеристиках которых содержится в базе обнаруженных источников.

Предлагаемый подход по сокращению вычислительных затрат при функционировании системы радиомониторинга с многоканальным ОП основывается на следующих основных положениях [1]:

— вместо выполнения пеленгования сигнала каждый раз после его обнаружения предлагается сначала выполнить процедуру идентификации сигнала на основе учета предыдущих результатов радиомониторинга;

— процедура идентификации должна быть основана на сравнении характеристик принимаемого сигнала и сигналов, которые были обнаружены и запеленгованы ранее;

— в случае положительного исхода идентификации характеристики принятого и соответствующего ему ранее обнаруженного сигнала должны быть комплексированы, а текущая оценка параметров сигнала и пеленга на ИРИ уточнены.

Предлагаемая процедура идентификации на первом этапе предполагает формирование величины и сравнение ее с порогом h_0

$$\frac{\mathrm{tr}(\dot{\boldsymbol{K}}^{-1}\dot{\boldsymbol{W}}^{(0)}\dot{\boldsymbol{K}}^{-1}\dot{\boldsymbol{W}}_{new})}{\mathrm{tr}(\dot{\boldsymbol{K}}^{-1}\dot{\boldsymbol{W}}^{(0)})\mathrm{tr}(\dot{\boldsymbol{K}}^{-1}\dot{\boldsymbol{W}}_{new})} \geq h_0.$$

При выполнении неравенства принимается решение, что матрицы $\dot{\boldsymbol{W}}^{(0)}$, полученная по результатам первого обнаружения-пеленгования ИРИ и $\dot{\boldsymbol{W}}_{new}$, полученная по результатам обработки новых принятых радиосигналов, а следовательно, и соответствующие им АФП сигналов ИРИ близки. Тогда, вместо расчета ПР по матрице $\dot{\boldsymbol{W}}_{new}$ и последующего выполнения пеленгования сигнала ИРИ, выполняется накопление матрицы

$$\dot{\boldsymbol{W}}^{(i+1)} = \dot{\boldsymbol{W}}^{(i)} + \dot{\boldsymbol{W}}_{new}\ .$$

3. Заключение

Рассмотренный принцип идентификации АФП портретов радиосигналов ИРИ позволяет снизить вычислительные затраты на двухмерное азимутально-угломестное пеленгование источника. Благодаря тому, что АФП содержит полную информацию об амплитудных и фазовых соотношениях принимаемого сигнала в пространственных каналах обнаружителя-пеленгатора, применение предложенного принципа в системах радиомониторинга позволит повысить их быстродействие и позволит без ухудшения точности реализовать накопление портретов сигналов с пропорциональным повышением отношения сигнал/шум.

4. Список литературы

[1] Артёмов, М. Л. Идентификация амплитудно-фазового портрета сигналов источников радиоизлучения многоканальной системой радиомониторинга / М. Л. Артёмов, М. П. Сличенко // Радиотехника. — 2022. — Т. 86. — № 1. — С. 100—113.

[2] Артёмов, М. Л. Идентификация ам-плитудно-фазового портрета сигналов источников радиоизлучения многоканальной системой радио-мониторинга / М. Л. Артёмов, М. П. Сличенко // Радиотехника. — 2022. — Т. 86. — № 1 С. — 100—113.

DIRECTION FINDING OF RADIO EMISSION SOURCES BASED ON IDENTIFICATION OF AMPLITUDE-PHASE PORTRAITS OF RADIO SIGNALS

Slichenko M. P., Yashchenko E. Y.
Scientific adviser: Slichenko M. P.
JSC «Concern «Sozvezdie», Russia

Abstract — A specialized method for reducing the computational costs of azimuth-angle direction finding is developed. An approach based on the formation of an amplitude-phase portrait of the signals from radio emission sources and the identification procedure for time-based portraits belonging to the same source has been proposed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ ЧАСТОТ

Крылова М. А.
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Россия
E-mail: krylova_ma@voenmeh.ru

Аннотация — Представлены результаты численного моделирования характеристик рассеяния типовой опоры линии электропередачи (ЛЭП) напряжением 110 кВ. Установлено, что радиолокационная заметность опоры ЛЭП является сложной функцией частоты и ракурса наблюдения, что необходимо учитывать при разработке и эксплуатации радиолокационных систем различного назначения.

1. Введение

Металлические конструкции линий электропередачи (ЛЭП) являются значительными источниками пассивных помех для радиолокационных систем (РЛС), что приводит к маскировке полезных сигналов и снижению эффективности работы. Для разработки эффективных алгоритмов селекции таких помех необходимо детально понимать их характеристики, в первую очередь — зависимость эффективной площади рассеяния (ЭПР) от частоты и ракурса наблюдения. Поскольку проведение натурных измерений ЭПР затруднительно, использование методов численного моделирования, таких как метод SBR+ в среде Ansys HFSS, становится ключевым инструментом для такого анализа.

Целью данной работы является апробация методики численного моделирования для исследования ЭПР типовой опоры ЛЭП 110 кВ в L, S и X радиолокационных диапазонах.

2. Основная часть

В качестве объекта исследования выбрана модель промежуточной металлической опоры ЛЭП У110-1 с гирляндой изоляторов и отрезком провода. При построении приняты допущения: сложные Г-образные профили заменены на балки прямоугольного сечения с эквивалентной площадью; гирлянда изоляторов (8 элементов ПС-70Е) смоделирована как цепочка цилиндрических тел (Ø255 мм); провод (АС-150/24) — как сплошной цилиндр (Ø17,5 мм). Для металлических элементов назначен материал идеального проводника (PEC), для изоляторов — диэлектрик с ε_r=6 и tanδ=0,01. В ходе численного эксперимента модель облучалась плоской волной и рассчитывалась ее моностатическая ЭПР. Исследование проводилось на трех частотах (1,5, 3 и 10 ГГц) при изменении азимутального угла (Phi) в диапазоне от –95° до +95° и фиксированном полярном угле падения (Theta) 40°.

Результаты численного эксперимента показаны на рис. 1 (в логарифмическом масштабе). Пиковые значения ЭПР для всех исследуемых частот достигают 25—30 дБм², однако характер угловой зависимости принципиально различается.

Анализ графика для 1,5 ГГц (L-диапазон) показывает относительно гладкую угловую зависимость ЭПР со средним значением 10—15 дБм². Это объясняется тем, что длина волны (λ≈20 см) велика, и основными источниками отражения являются только наиболее крупные элементы конструкции.

С ростом частоты до 3 ГГц (S-диапазон) и уменьшением длины волны (λ≈10 см) в процесс рассеяния начинают вносить вклад более мелкие элементы решетки. Это приводит к значительному усложнению интерференционной картины: количество и частота флуктуаций ЭПР заметно возрастают.

На частоте 10 ГГц (X-диапазон) диаграмма рассеяния демонстрирует максимально изрезанный характер. Здесь длина волны (λ≈3 см) сопоставима с толщиной профилей, и практически каждый элемент опоры становится эффективным рассеивателем. Поэтому возникает сложная интерференция, крайне чувствительная к изменению угла наблюдения.

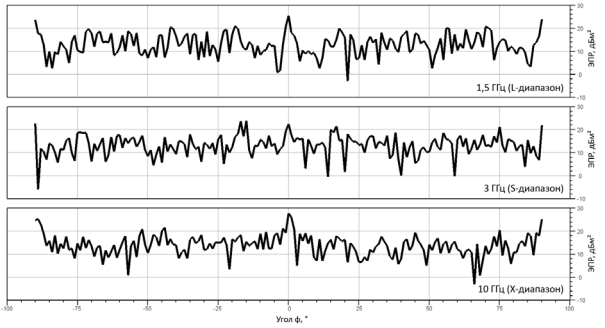


Рис. 1

3. Заключение

В ходе работы успешно апробирована методика численного моделирования ЭПР опоры ЛЭП, подтвердившая свою эффективность для анализа электрически больших объектов.

Работа наглядно демонстрирует, как фундаментальная зависимость характеристик рассеяния от длины волны проявляется для такого сложного объекта, как опора ЛЭП. Показано, что с ростом частоты диаграмма рассеяния эволюционирует от относительно гладкой (L-диапазон) до максимально изрезанной (X-диапазон). Это количественно подтверждает, что опора является источником динамических, а не статических радиолокационных помех, поскольку ее отклик принципиально различен для РЛС, работающих в разных диапазонах.

Предложенная методика перспективна как для дальнейших исследований (включая анализ поляризационных эффектов и влияния отражения от земли), так и для интеграции в образовательный процесс для демонстрации фундаментальных принципов радиолокации.

INVESTIGATION OF SCATTERING CHARACTERISTICS OF POWER TRANSMISSION LINE ELEMENTS IN DIFFERENT FREQUENCY BANDS

Krylova M. A.
Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov, Russia

Abstract — The results of a numerical simulation of the scattering characteristics of a typical 110 kV power transmission line (PTL) tower are presented. It has been established that the radar signature of the PTL tower is a complex function of frequency and aspect angle, which must be taken into account during the development and operation of various-purpose radar systems.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕТЯХ РАДИОСВЯЗИ

Титов К. Д., Стреляная А. М., Корчагин Ю. Э.
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, доц. Корчагин Ю. Э.
Воронежский государственный университет, Россия
E-mail: strelyanaya.nastya13@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены особенности алгоритмов определения местоположения в сверхширокополосных сетях радиосвязи, сформулированы их основные уязвимости, а также методы повышения помехоустойчивости при функционировании в условиях сложной помеховой обстановки.

1. Введение

В настоящее время активно развиваются сверхширокополосные (СШП) средства радиосвязи и передачи данных, основными особенностями которых являются высокая пропускная способность, помехоустойчивость и скрытность [1]. Помимо передачи данных отличительной особенностью таких средств является возможность определения местоположения, что особо актуально для роботизированных систем, устройств Интернета вещей и т. д. В связи с этим целью работы является поиск уязвимостей в алгоритмах определения местоположения в интересах формирования предложений по улучшению их помехоустойчивости.

2. Основная часть

Наиболее распространенными в настоящее время СШП чипами являются Qorvo (Decawave) DW1000 и DW3000, технические характеристики и алгоритмы которых подробно описаны на сайте производителя [2,3]. Помимо передачи данных чипы позволяют методом TWR (Two-Way Ranging) [1] измерять взаимное расстояние между приемным и передающим корреспондентами с сантиметровой точностью, а при функционировании в сети — определять относительные координаты всех её элементов.

В техническом описании чипов на физическом уровне [2,3] перечислено множество факторов, которые могут приводить к увеличению ошибок определения местоположения СШП источников радиоизлучения. К основным из них относятся:

— многолучёвость, вызванная распространением сигнала при наличии прямой радиовидимости и при её отсутствии, либо при отражении от земли или других поверхностей и объектов;

— преломление и затухание радиоволн при прохождении через препятствия или неоднородные среды;

— рассинхронизация внутренних кварцевых генераторов, приводящая к ошибкам измерения времени прихода сигнала;

— приём сигналов с различной излучаемой мощностью в полосе сигнала;

— выбор параметров передатчика и приёмника (несущая частота, частота повторения импульсов и т.д.);

— влияние трактов между чипом и антенной в приёмнике и передатчике, а также конструкцией антенн.

Достижение заявленной точности измерения расстояния (определения местоположения) СШП приемопередатчиками возможно только после компенсации или учёта всех перечисленных факторов для каждого корреспондента (элемента сети). Поскольку часть негативных факторов относится к свойствам канала распространения, компенсация которых невозможна (только учёт поправочных коэффициентов при синхронизации и калибровке), к основным дестабилизирующим факторам на сигнальном уровне можно отнести воздействие помех с неравномерной энергетикой в полосе полезного сигнала, а также воздействие помех на устройства измерения несущей частоты и времени прихода СШП приёмника.

Для обеспечения устойчивого функционирования устройств измерения расстояния (определения местоположения) целесообразно осуществлять обработку СШП сигналов при условии априорного незнания амплитуды, несущей частоты и времени прихода. При этом наиболее критичным с точки зрения воздействия помех является устройство измерения времени прихода СШП сигнала, синтез и анализ которого целесообразно выполнять методом максимального правдоподобия при априорном незнании всех информативных параметров на фоне шума и при возможном наличии сигналоподобных и шумовых помех.

3. Заключение

В работе рассмотрены основные особенности алгоритмов определения местоположения в СШП сетях радиосвязи, сформулированы их основные уязвимости, а также методы повышения помехоустойчивости при функционировании в условиях сложной помеховой обстановки, заключающиеся в оптимизации алгоритмов (структурных схем) обработки сигналов, позволяющих выполнять совместную оценку наиболее важных информационных параметров — амплитуды, несущей частоты и времени прихода сигнала.

4. Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00891, https://rscf.ru/project/24-19-00891/.

5. Список литературы

[1] Арслан, Х. Сверхширокополосная беспроводная связь / Х. Арслан, Чж. Н. Чен, М. Бенедетто. — М. : Техносфера, 2012. — 640 с.
[2] Qorvo APS006. Application note channel effects on communications range and time stamp accuracy in DW1000 based systems, version 1.04, 2025. — 22 p.
[3] Qorvo APS011. Application note sources of error in DW1000 based two-way ranging (TWR) schemes, version 1.2, 2025. — 22 p.

INVESTIGATION OF LOCATION DETECTION FEATURES IN ULTRA-WIDEBAND RADIO COMMUNICATION NETWORKS

Titov K. D., Strelyanaya A. M., Korchagin Y. E.
Scientific adviser: Korchagin Y. E.
Voronezh State University, Russia

Abstract — The features of algorithms for determining the location in ultra-wideband radio networks are considered, their main vulnerabilities are formulated, as well as methods for increasing noise immunity when operating in complex interference conditions.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ КРЫМА

Орлюк Д. О., Гилетин А. С., Кузнецов А. А., Лапин П. В., Поляков А. Л.
Научный руководитель канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Поляков А. Л.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: belkasqiroll@gmail.com

Аннотация — Рассматривается вопрос применения и развития многопозиционных систем наблюдения (МПСН) в Крыму.

1. Введение

Для управления воздушным движением (УВД) используются различные методы получения данных о пространственном положении и направлениях движения воздушных судов.

В настоящее время чаще всего источниками первичной и вторичной информации являются радиолокационные средства и системы.

Вместе с тем концепция CNS/ATM выделяет автоматическое зависимое наблюдение (АЗН) как наиболее перспективный метод получения данных о воздушном движении.

2. Основная часть

Десятая Аэронавигационная конференция ИКАО утвердила концепцию CNS/ATM в 1991 году. Суть данной концепции заключается во внедрении спутниковой технологии наблюдения при умеренных затратах в регионах, где есть трудности с радиолокационным контролем воздушного движения [1].

В 2002 г. была утверждена «Концепция совершенствования наблюдения в интересах гражданской авиации РФ», которая согласуется с концепцией CNS/ATM, программами SESAR (Европа) и NextGen (Соединенные Штаты) и «Стратегией наблюдения для Европейской конференции по вопросам гражданской авиации». В соответствии с этим АЗН определено основным элементом будущих систем УВД [2].

Это вовсе не означает исключение их процесса УВД радиолокационного наблюдения. Концепция предполагает комплексное применение различных систем с учетом конкретного географического района.

В частности, данная технология нашла свое применение на Крымском полуострове. Становление и развитие технологии в Крыму началось в 2019 году и продолжается в настоящее время. На данный момент времени в регионе развернуто и эксплуатируется 18 позиций МПСН. Часть воздушного пространства над Крымским полуостровом и бассейном Черного моря обеспечивается традиционными первичными обзорными радиолокаторами (ПОРЛ) и вторичными обзорными радиолокаторами (ВОРЛ). Воздушное пространство, где радиолокационное наблюдение затруднено (горная местность), движение по территории аэродрома, наблюдение на борту воздушного судна обеспечивается МПСН.

Упрощенная блок-схема организации системы показана на рис. 1 [3].

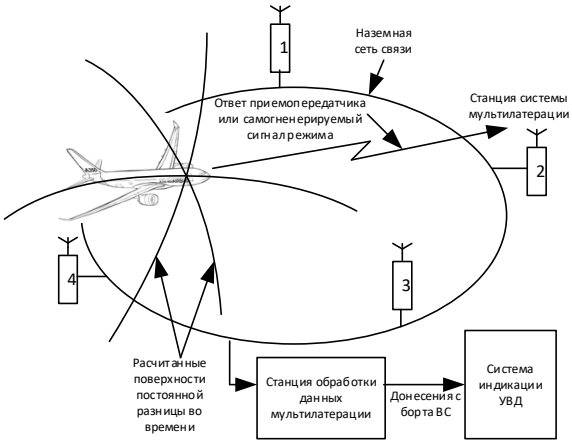


Рис. 1

3. Заключение

МПСН активно используются в качестве высокоточного источника информации о воздушной обстановке в аэропортовых, аэродромных и трассовых зонах УВД Крыма.

4. Список литературы

[1] Крыжановский, Г. А. Концепция и системы CNS/ATM в гражданской авиации / В. В. Бочкарев, В. Ф. Кравцов, Г. А. Крыжаноский; под ред. Г. А. Крыжановского. — М. : ИЦК «Академкнига», 2003. — 415 с.

[2] Прохоров, А. В. Анализ состояния и оценка возможности реализации средств многопозиционных систем наблюдения для аэродромных АС / А. В. Прохоров, Г. В. Столяров, Д. С. Бондарь // УВД Научный вестник МГТУ ГА. — № 193. — 2013.

[3] Многопозиционная система наблюдения MAS 2700 Руководство по эксплуатации АЕС. 466453.058РЭ, 123 с.

ANALYSIS OF APPLICATION OF MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEMS OF THE ATC ASSEMBLY OF THE CRIMEA

Orlyuk D. O., Giletin A. S., Kuznetsov A. A., Lapin P. V.
Polyakov A. L.
Scientific supervisor: Polyakov A. L.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The issue of the use and development of multi-position surveillance systems (MSS) in Crimea is considered.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА

Сорокин Н. А., Широков И. Б.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nek.40@bk.ru

Аннотация — В статье рассматривается перспективная технология использования RFID для задач локального позиционирования БПЛА. Анализируются ключевые методы на основе фазы и уровня сигнала, преимущества перед альтернативами и практические области применения в логистике и производстве.

1. Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) прочно вошли в арсенал современных технологий, революционизируя такие области, как аэрофотосъемка, мониторинг и доставка грузов. Однако их эффективность резко падает при заходе в замкнутые пространства, такие как: склады, цеха, ангары или же в условиях, когда спутниковые системы недоступны, а оптические и инерциальные системы накапливают ошибку и плохо справляются с однородной средой. Решением этой проблемы может стать перспективная технология на основе радиочастотной идентификации (RFID) [1].

2. Основная часть

В отличие от классического применения RFID для простого считывания меток на товарах, для позиционирования используется способность системы точно измерять параметры радиосигнала между считывателем на дроне и пассивными или активными метками, заранее размещенными на определенной местности.

Анализируются два ключевых метода.

Метод на основе уровня сигнала (RSSI — Received Signal Strength Indicator). Принцип работы заключается в измерении мощности сигнала, отраженного от метки. Чем ближе к ней дрон, тем сильнее сигнал. Реализация проекта не составляет высоких затрат и является достаточно простой, с точки зрения организации. На заранее составленного плана территории, на которой известно расположение меток и уровень сигнала, дрон может определить своё местоположение, сопоставляя текущие показания с эталонными [2].

Метод на основе фазы сигнала (PDOA — Phase Difference Of Arrival). Это более точный и перспективный метод. Считыватель измеряет разность фаз передаваемого и принятого от метки сигнала на нескольких частотах. Эта фаза циклически меняется в зависимости от расстояния. Измеряя сдвиг фазы, система с высочайшей точностью вычисляет пройденное сигналом расстояние. Используя несколько меток и методы трилатерации, дрон может определить свои координаты с сантиметровой точностью. Несмотря на более сложную и дорогостоящую проработку алгоритмов для реализации, данный метод является наиболее устойчивым к многолучевому распространению и помехам, а также определяет местоположение цели с точностью до 10—20 см. Преимущества RFID перед альтернативными технологиями, такими как камеры, ультразвук и лидары, обусловлено большей экономичностью, масштабируемостью, энергоэффективностью и конфиденциальностью. Пассивные RFID-метки не требуют питания и очень дешевы. Дрону не нужны сложные и энергоемкие вычисления для компьютерного зрения. Технология не зависит от освещения, запыленности, задымленности или видимости. В отличие от камер, RFID не собирает избыточную визуальную информацию, что может быть важно с точки зрения защиты персональных данных на некоторых объектах [3].

Практическая область применения данной технологии многогранна. Внедрение точного RFID-позиционирования открывает новые горизонты для автоматизации производства, логистики и складского хозяйства. Дроны могут постоянно и без участия человека облетать стеллажи, сверяя наличие товара и его местоположение с точностью до ячейки, направлять роботов-упаковщиков или заниматься обработкой аграрной земли.

3. Заключение

RFID-позиционирование представляет собой мощную и экономически обоснованную технологию для решения задачи высокоточной навигации БПЛА. Сочетая в себе такие преимущества, как низкая стоимость меток, высокая точность и невосприимчивость к внешним условиям, эта технология идеально подходит для массового внедрения в логистике и на производстве. В будущем мы можем увидеть полностью автономные предприятия, где дроны и роботы, ориентируясь по невидимой сети RFID-меток, будут самостоятельно и с максимальной точностью управлять всем товарным и производственным потоком.

4. Список литературы

[1] Shirokov, I. B. The Operation of RFID System and Distances-to-Tags Measurement / I. B. Shirokov // IEEE Proc. of Int. Conference on RFID- Technologies & Applications (RFID-TA), Palais de la Méditerranée, Nice, France, November 5-7, 2012. — P. 373—377.

[2] Zhang, D. RFID-based localization and tracking technologies / D. Zhang, M. R. Souryal // *IEEE Wireless Communications. — 2011. — 18*(2). — p. 45—51.

[3] Pichler, M. UHF RFID localization based on phase evaluation of passive tag arrays / M. Pichler, A. Stelzer // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. — 64*(4). — p. 913—922.

USAGE OF RFID TECHNOLOGY IN DESIGN OF UAV LOCAL POSITIONING SYSTEMS

Sorokin N. A., Shirokov I. B.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the article, a promising technology for using RFID for UAV local positioning tasks is discussed. Key methods based on signal phase and level, advantages over alternatives, and practical applications in logistics and manufacturing were analyzed.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕГО УСИЛИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МАТРИЧНОГО РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО ПРИЁМНИКА КОРРЕЛЯЦИОННО ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

Орлюк Д. О., Гилетин А. С., Кузнецов А. А., Лапин П. В., Поляков А. Л.
Научный руководитель канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Поляков А. Л.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: orloksd@mail.ru

Аннотация — В работе рассмотрен вопрос моделирования и исследования общего усилительного тракта многоканального матричного радиометрического приемника корреляционно экстремальной системы навигации (КЭСН).

1. Введение

В радиометрических многоканальных приемниках КЭСН все каналы замыкаются на общий усилительный тракт. Это позволяет снизить ошибки определения местоположения КЭСН, обусловленные неидентичностью каналов усиления [1].

2. Основная часть

На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что наиболее целесообразно радиометрический (РМ) приемник для КЭСН миллиметрового диапазона волн целесообразно строить по схеме прямого усиления с уплотнением каналов на один усилительный тракт [1, 2].

Для моделирования общего усилительного тракта РМ приёмника выбран малошумящий усилитель Hittite HMC-ALH376, работающий в диапазоне 20—40 ГГц. Он обладает достаточно стабильным коэффициентом усиления 20—25 дБ в рабочей полосе частот и стабильным коэффициентом шума 1,5—2.

В программной среде Microwave Office проведено моделирование общего усилительного тракта РМ приёмника (рис. 1).

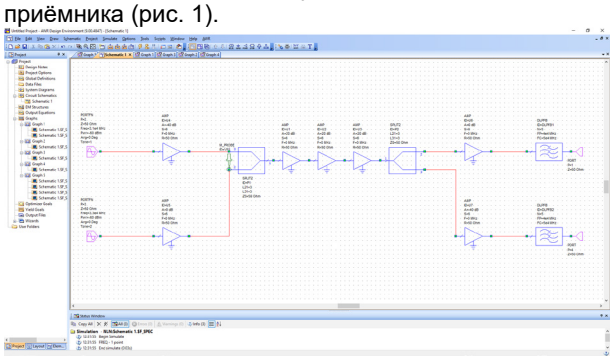


Рис. 1

Общий усилительно-преобразовательный тракт РМ приемника включает в себя сумматор, три каскада МШУ и делитель на выходе. На входы приемника имитируется подача сигналов от многолучевой антенны.

На рис. 2 проиллюстрированы спектрограммы сигналов на входах приёмника и на выходах.

На выходе УПТ сигналы через делитель поступают на синхронные детекторы, после которых через фильтры нижних частот поступают в решающее устройство КЭСН.

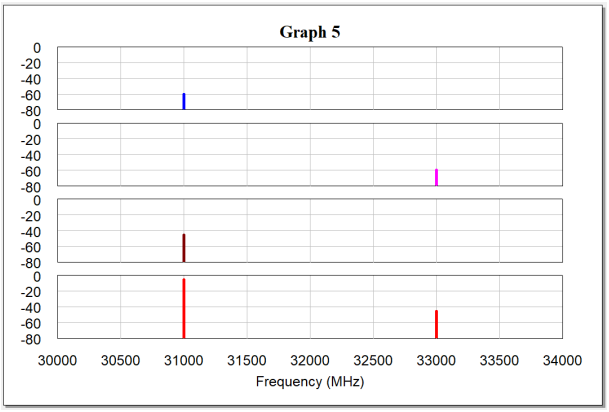


Рис. 2

3. Заключение

С увеличением количества каналов в матричной КЭСН увеличивается их взаимное влияние и снижается точность системы. В свою очередь, увеличение соотношения сигнал/шум и соответственно контраста «объект-фон» нивелирует средне квадратичную ошибку.

4. Список литературы

[1] Антюфьев, В. И. Матричные радиометрические корреляционно-экстремальные системы навигации летательных аппаратов / В. И. Антюфьев, В. Н. Бычков, А. М. Гричанюк. — Харьков : Изд-во «Щедрая усадьба плюс», 2014. — 372 с.

[2] Синтез оптимального цифрового фильтра компенсационного радиометра для корреляционно-экстремальных систем навигации беспилотных летательных аппаратов / Н.С. Еремина [и др.] // Восточноевропейский журнал корпоративных технологий. — 2021. — DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230176.

MODELING OF THE GENERAL AMPLIFIER CIRCUIT OF THE MATRIX RADIO METRIC RECEIVER OF CORRELATIONALLY EXTREME NAVIGATION SYSTEM

Orlyuk D. O., Giletin A. S., Kuznetsov A. A., Lapin P. V.
Polyakov A. L.
Scientific adviser: Polyakov A. L.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the issue of modeling and studying the common amplification path of a multichannel matrix radiometric receiver of a correlationally extreme navigation system (CES) is considered.

РАЗРАБОТКА ПРИЕМНИКА КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ АППАРАТАМИ

Жуков В. М.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: v.box0303@gmail.com

Аннотация — Разработан приёмник команд управления для беспилотных аппаратов, функционирующий в специализированной полосе частот. Разработка включает три основные этапа: аналитический обзор, проектирование схем, и расчёт параметров каскадов.

1. Введение

Разработка современных беспилотных аппаратов (БА) и систем их дистанционного управления неразрывно связана с развитием технологий цифровой связи, определяющих их функциональные возможности. Современные системы цифровой связи позволяют обеспечить надёжное управление беспилотными аппаратами по беспроводным каналам связи. В докладе приводится аналитический обзор принципов построения систем помехоустойчивой радиосвязи, на основании которых выбирается направление проектирования и применяемые для этого методы.

2. Основная часть

При разработке приёмника команд управления современных беспилотных аппаратов необходимо правильно подобрать многие составляющие. Применение LoRa-модуляции позволяет снизить требования к стабильности передатчика и приёмника, упростить синхронизацию приёма сигнала и уменьшить затраты на комплектующие. В то же время реализация когерентного приёма позволяет повысить помехоустойчивость системы. [1, 2] Эффективность оборудования противостоять преднамеренным помехам может быть повышена за счет расширения ширины полосы частот спектральной плотности передаваемого сообщения, а также методов помехоустойчивого кодирования информации. Для создания контроллеров беспилотных аппаратов наиболее эффективным и распространённым выбором является микроконтроллер STM32F405 (рис. 1), отличающийся высокой производительностью и низким энергопотреблением. Также в ходе работы разработана функциональная схема приёмника, входящего в состав контроллера. В состав приёмника (рис. 2) входит приёмная антенна (А), которая преобразует электромагнитный радиосигнал в электрический ток, пропорциональный уровню радиосигнала в антенне. Входная цепь (ВЦ), предназначенная для фильтрации и согласования импеданса антенны с входом усилителя радиочастоты (УРЧ), который усиливает сигнал, поступающий от входной цепи, до уровня, необходимого для дальнейшей обработки. Следующим в схеме используется смеситель (СМ1), который преобразует частоту входного сигнала на первую промежуточную $f_{пч1}$=433 МГц, а УПЧ усиливает сигнал промежуточной частоты и подавляет второй зеркальный канал приёма. С выхода УПЧ сигнал промежуточной частоты поступает на вход второго смесителя (СМ2), в котором он перемножается с сигналом синтезатора частот (СЧ). Сигнал с полосой 250 кГц далее поступает на вход АЦП, который преобразует LoRa-модулированный сигнал в цифровые отсчеты. Цифровой фильтр (ЦФ) предназначен для подавления соседнего канала приема. С выхода цифрового фильтра цифровой сигнал поступает на демодулятор сигнала LoRa, который восстанавливает переданные команды управления.

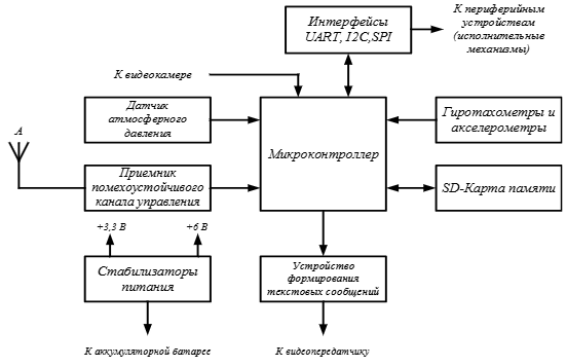


Рис. 1

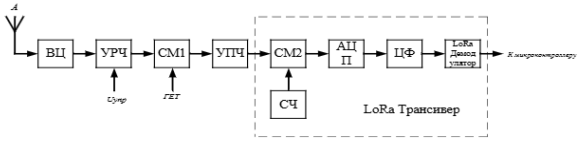


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, проведён аналитический обзор принципов построения помехоустойчивых систем радиосвязи, разработана функциональная схемы приёмника команд управления БА, обоснован выбор контроллера, а также построена его структурная схема. Использование результатов настоящей работы может быть востребовано для решения разнородных задач.

4. Список литературы

[1] Котельников, В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости / В. А. Котельников. — М. : Госэнергоиздат, 1956. — 153 с.
[2] Леушин, А. В. LoRa как новый вид модуляции. Принцип работы, основные параметры, помехоустойчивость / А. В. Леушин // Техника радиосвязи. — 2022. — Вып. 2 (53). — С. 28—42.

DESIGN OF A RECEIVER FOR CONTROL OF UNMANNED VEHICLES

Zhukov V. M.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A control command receiver for unmanned vehicles operating in a specialized frequency band was developed. The design consists of three main stages: analytical review, circuit design, and cascade parameter calculation.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИЧАЛИВАНИЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Широков И. Б., Громов А. С.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: G-r-o-m-o-V.AleX@yandex.ru

Аннотация — Рассматривается новый подход к измерению расстояния под водой, который может быть реализован с помощью использования принципиально разных волновых процессов, при совместном распространении которых решается задача определения расстояния между реперными точками двух или нескольких объектов, как подвижных, так и установленных стационарно.

1. Введение

Существует проблема отсутствия точной системы определения позиции в водной среде, существующие системы — сонар, системы технического зрения и электромагнитная — имеют свои существенные минусы.

Предлагается кардинально новая система, которая обладает существенными преимуществами перед конкурентами.

2. Основная часть

Система предназначена для обеспечения высокоточного определения дальности АНПА при организации его автоматического причаливания к донному и подвижному причальному устройству, прохода по заданному фарватеру. Дальность действия системы составляет до 100 м с возможностью расширения зоны действия до нескольких километров. Точность позиционирования составляет несколько миллиметров на финальной стадии причаливания. Новым в системе является использование принципиально разных волновых процессов, при совместном распространении которых решается задача определения расстояния между реперными точками двух или нескольких объектов, как подвижных, так и установленных стационарно (используется 2 типа волновых процессов: один — гидроакустический, другой — электромагнитный). Предлагается новый подход к измерению расстояния под водой, который может быть реализован с помощью устройства, структурная схема которого показана на рис. 1.

Система состоит из двух блоков, расположенных на причальном устройстве и АНПА. На борту причального устройства размещены два независимых низкочастотных осциллятора (LFOi) звукового или ультразвукового диапазонов длин волн, сумматор (ADD), передающий акустический преобразователь (TAT), передающая петлевая магнитная антенна (TLMA).

На борту АНПА размещены приемная петлевая магнитная антенна (RLMA), приемный акустический преобразователь (RAT), две пары узкополосных фильтров (NBFij) для селекции сигналов, каждый от приемной петлевой магнитной антенны и приемного акустического преобразователя, два фазовых детектора (PHDi) и фазовый дифференциатор (DIF).

Оборудование системы состоит из серии чувствительных элементов, а также типового вычислителя с задаваемыми параметрами.

3. Заключение

Предлагаемая система измерения дальности, основанная на разности фаз двух волновых процессов разной физической природы, станет более точной системой определения дальности.

4. Список литературы

[1] Distance measuring under water with increased accuracy / E. I. Shirokova, N.A. Kosarev, A.S. Gromov, I. B. Shirokov // All-Russian Research-to-Practice Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists «Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies», Kerch, April 23, 2025. — 2025. — Iss. 4. — P. 256—265.

RANGING SYSTEM FOR AUTOMATIC DOCKING OF AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLES

Shirokov I. B., Gromov A. S.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a new approach to underwater distance measurement is discussed. This approach can be implemented by utilizing fundamentally different wave processes. Through the joint propagation of these waves, the problem of determining the distance between reference points on two or more objects is solved, applicable to both mobile and stationary installations.

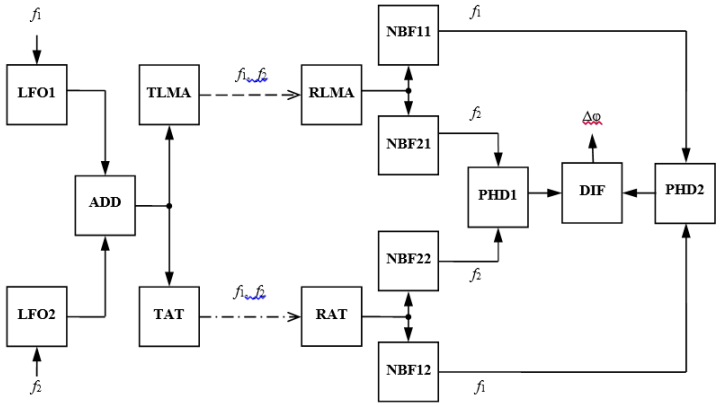


Рис. 1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ МОДУЛЯЦИИ В PLC-СИСТЕМАХ

Косолапова А. О., Егоров В. В.
Научный руководитель: Егоров В. В.
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия
E-mail: nstskosolapova@gmail.com

Аннотация — В ходе исследований определены виды модуляции, наиболее устойчивые к характерным для электросетей искажениям. Для анализа точности передачи был рассчитан коэффициент корреляции между исходным и принятым сигналом. Все результаты наглядно представлены в виде столбчатой диаграммы.

1. Введение

В рамках экспериментальных исследований на базе СКБ-4 «Сигнал» МАИ были созданы два опытных образца PLC-модемов. Конструкция каждого устройства включает два основных модуля: передатчик и приемник. Приемный модуль оснащен контрольно-измерительной гальванической развязкой и имеет выход для подключения осциллографа с целью анализа параметров входящего сигнала. В передающем модуле гальваническая развязка выполняет функцию фильтрации колебаний, поступающих от внешнего генератора сигналов OWON XDG2100.

Целью эксперимента являлось определение методов модуляции, демонстрирующих наибольшую устойчивость к линейным и нелинейным искажениям, присущим различным типам электросетей.

2. Основная часть

Конфигурация экспериментального стенда отображена на рис. 1. В рамках эксперимента осциллограф в точке 2 регистрировал сигнал, передаваемый непосредственно по сети электропитания. Осциллограф в точке 1 использовался для контроля формы генерируемого сигнала.

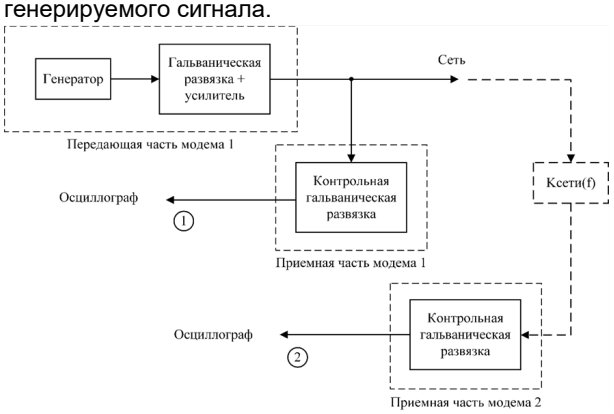


Рис. 1

Испытания выполнялись в лаборатории с включенными в сеть паяльным оборудованием, блоками питания и иными зарядными устройствами. Протяженность силовой линии между передатчиком и приемником примерно равнялась 50 метрам. Были переданы 11 видов модуляции (AM, DSBAM, FM, PM, ASK, PSK, FSK, 3FSK, QPSK, OSK, SUM) с различными параметрами [1]. Оценка качества передачи сигналов проводилась на основе расчёта коэффициента корреляции, принятого и переданного сигналов. На рис. 2 показана столбчатая диаграмма, отражающая зависимость вычисленных коэффициентов от типа модуляции и его параметров.

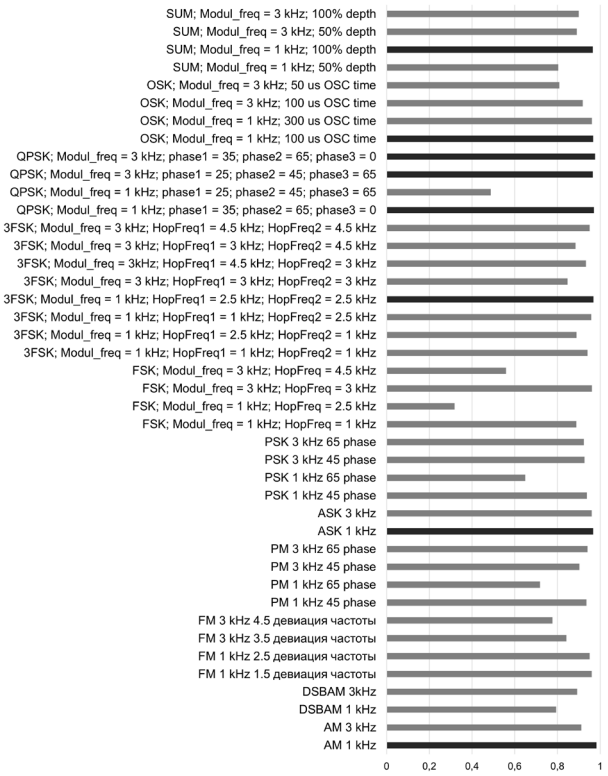


Рис. 2

Ось ординат отображает параметры модуляции, ось абсцисс — величину коэффициента корреляции. Виды, обеспечивающие наилучшую устойчивость к искажениям, выделены на диаграмме черным.

3. Заключение

Наилучшие результаты показали AM, ASK, 3FSK, QPSK, OSK и SUM. Учитывая, что AM и ASK обладают низкой помехоустойчивостью и неэффективным использованием спектра, а также возможное влияние фазовых искажений на QPSK, наиболее надежными методами являются 3FSK, OSK и SUM.

4. Список литературы

[1] Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов / И. С. Гоноровский. — М. : «Радио и связь». — 1986. — 511 с.

ANALYSIS OF MODULATION METHODS EFFICIENCY IN PLC SYSTEMS

Kosolapova A. O., Egorov V. V.
Scientific adviser: Egorov V. V.
Moscow Aviation Institute (national research university), Russia

Abstract — In the course of the study, the types of modulation most resistant to distortions characteristic of power networks were identified. To analyze transmission accuracy, the correlation coefficient between the original and received signal was calculated. All results are clearly presented in a bar chart.

ПОДХОД К ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Байздренко А. А., Игнашева Е. П., Ульченко А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Байздренко А. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: baizdrenko@mail.ru

Аннотация — Рассмотрен подход и вариант практической реализации полунатурного моделирования цифровых систем управления динамическим объектом на примере квадрокоптера.

1. Введение

В современных условиях обучение в инженерных вузах по большинству специальностей связано с приобретением компетенций, где необходимы знания в области применения программно-аппаратных средств.

Занятия на реальных образцах вычислительной техники при условии их развертывания в ВУЗе крайне затратные по стоимостным, масса-габаритным и техническим характеристикам. Альтернатива: полунатурное моделирование, когда часть оборудования представлена реальным физическим объектом, а часть моделируется путем виртуальной части системы с помощью управляющей ЭВМ и устройств сопряжения.

2. Основная часть

Полунатурное моделирование — это исследование управляемых систем на моделирующих стендах с включением в состав модели реального изделия или его части. На реальную часть комплекса (объекта исследования) воздействует виртуальная часть комплекса, реализуемая программно-аппаратными средствами вычислительной части стенда. При этом методе объект в реальном времени обменивается данными с другими виртуальными подсистемами комплекса по тем же интерфейсам и протоколам, по которым общаются реальные подсистемы комплекса при реальной работе. Метод позволяет с высокой адекватностью реализовывать сценарии отказов и аварий без риска повредить дорогостоящее оборудование. Метод может проводить тестирование, когда реальный объект ещё недоступен или испытания на нём слишком опасны. При полунатурном моделировании появляется возможность проверить алгоритмы управления в условиях, которые трудно достижимы или вообще недостижимы с реальным объектом, например, различные отказные состояния и аварийные режимы.

Рассмотрим реализацию стенда для исследования цифровых систем управления квадрокоптеров. Он реализует метод физического моделирования с возможностью исследования, как базовой конфигурации систем управления, так и опционных конфигураций с добавлением различных датчиков, и разнообразного навесного оборудования. Стенд обеспечивает изучение архитектуры, программно-аппаратных средств и предоставляет возможности исследования и оптимизации характеристик, а также совершенствования функционала современных квадрокоптерных систем управления.

Общее управление стендом осуществляется от персональной ЭВМ (ноутбука), в которой реализована на основная обработка информации, а также управление режимами работы квадрокоптера и документирование получаемых параметров его работы. В стенд входит квадрокоптерный модуль и платформа-измеритель, которая измеряет тяговые характеристики исследуемого объекта. На рисунке 1 показана структурная схема стенда.

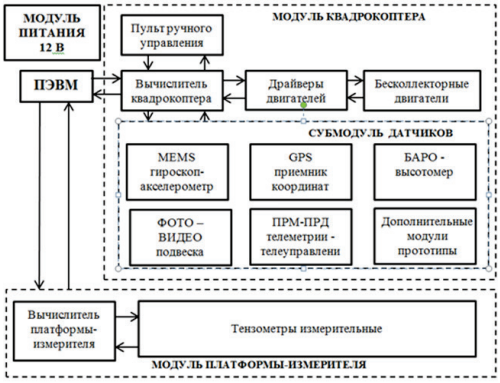


Рис. 1

В состав модуля квадрокоптера входит бортовой вычислитель на базе платформы Arduino UNO, четыре драйвера управления двигателями и четыре бесколлекторных двигателя с пропеллерами в защитных кожухах. Для обеспечения исследований на квадрокоптер могут быть установлены разные дополнительные субмодули, обеспечивающие решения специальных режимов работы и решаемых задач. Для питания силовых устройств модуля квадрокоптера использован модуль питания 12 вольт с максимальной силой тока 40 ампер.

3. Заключение

Опыт разработки, изготовления и методического обеспечения описанного стенда позволяет сделать вывод о реальной возможности создания подобных стендов внутренними ресурсами и компетенциями профессорско-преподавательского и инженерно-технического состава кафедр технического ВУЗа.

Список литературы

[1] Численное исследование винтомоторной группы беспилотного летательного аппарата с интегрированным в двигатель воздушным винтом / В. Е. Вавилов [и др.] // Труды МАИ. — 2023. — № 131. — С. 220—225.

[2] Коджаспирова, Г. М. Технические средства обучения и методика их использования / Г. М. Коджаспирова, К. В. Петров. — М. : Академия, 2001. — 256 с.

APPROACH TO PRACTICAL REALIZATION OF SEMI-NATURAL DIGITAL CONTROL SYSTEM MODELING FOR MOBILE OBJECTS OPERATION

Baizdrenko A. A., Ignasheva E. P., Ulchenko A. V.
Scientific adviser: Baizdrenko A. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — The approach and practical implementation of semi-physical modeling of digital control systems for dynamic objects is considered using the example of a quadcopter.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Байздренко А. А., Игнашева Е. П., Ульченко А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Байздренко А. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: baizdrenko@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены программно-аппаратные решения к реализации полунатурного моделирования цифровых систем управления динамическим объектом и вариант практической реализации на примере квадрокоптера.

1. Введение

Опыт проведения практических занятий и лабораторных работ по информационно-насыщенным дисциплинам показывает, что одним из наиболее эффективным для таких занятий является метод полунатурного моделирования.

При этом достигается как доходчивость понимания процессов в сложных системах, так и минимизируется стоимость оборудования, предоставляются широкие возможности для обучаемых принятия инновационных и исследовательских решений в ходе работ [1, 2].

2. Основная часть

На рис. 1 показана структура программного комплекса стенда.

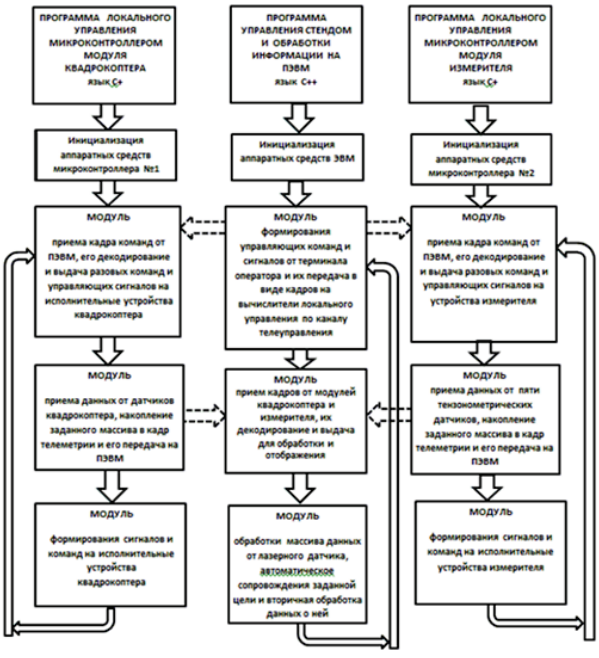


Рис. 1

Из неё видно, что модуль квадрокоптера и модуль платформы измерителя могут функционировать автономно, что позволяет проводить раздельные исследования на них.

Исходный код программы для ЭВМ написан на языке С++ в среде программирования Red Studio. Программа работы с квадрокоптером в его базовой комплектации позволяет осуществлять раздельное включение двигателей квадрокоптера с измерением их скоростей вращения, совместное управление всеми двигателями с возможностью управлять креном, тангажом и курсом квадрокоптера.

Например, подключенный субмодуль MEMS гироскопов дает возможность исследовать режимы стабилизации полета квадрокоптера по сигналам от гироскопа.

Исходные код программ квадрокоптера (для Arduino UNO — вычислитель №1) написан на языке С++ в среде программирования Arduino UNO.

Наибольший объем трудозатрат при создании стенда связан с разработкой комплекса программного обеспечения.

Это объясняется необходимостью чёткой увязки программной разработки с аппаратными средствами комплекса, наличием трех независимых вычислительных устройств, требующих при работе жесткой общей синхронизации, необходимостью передачи многоканальной информации между вычислителями и сложностью одновременного обслуживания датчиков информации (от гироскопов, от тензометров и т.д.) и адаптеров двигателей в реальном масштабе времени.

3. Заключение

Возможность работать с исходными кодами программ управления в ходе занятий позволяет реализовывать инновационные подходы к реализуемым алгоритмам.

Список литературы

[1] Численное исследование винтомоторной группы беспилотного летательного аппарата с интегрированным в двигатель воздушным винтом / В. Е. Вавилов [и др.] // Труды МАИ. — 2023. — № 131. — 2023.

[2] Коджаспирова, Г. М. Технические средства обучения и методика их использования / Г. М. Коджаспирова, К. В. Петров. — М. : Академия, 2001. — 256 с.

SOFTWARE AND HARDWARE SOLUTIONS FOR SEMI-NATURAL MODELING OF DIGITAL CONTROL SYSTEMS FOR DYNAMIC OBJECTS

Baizdrenko A. A., Ignasheva E. P., Ulchenko A. V.
Scientific adviser: Baizdrenko A. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — Software and hardware solutions for implementing semi-physical modeling of digital control systems for dynamic objects and a practical implementation option using a quadcopter as an example are considered.

ГЕКСАКОПТЕР ДЛЯ ЗАБОРА И АНАЛИЗА МОРСКОЙ ВОДЫ

Свиридов Р. А, Орлова Д. А., Франчук А. С.
Научный руководитель: канд. техн. наук Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sviridov.ruslan3018@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрена реализация несущей конструкции и аппаратной части гексакоптера, оснащенного устройством для отбора проб воды и видеокамерой.

1. Введение

На данный момент отслеживание параметров морской воды в прибрежных зонах является важной задачей. Данная задача является актуальной, так как в этих зонах имеется вероятность загрязнения воды, вследствие чего возможно нарушение сложившейся экосистемы [1].

Для решения поставленной задачи разработана структурная схема гексакоптера для дальних полётов с возможностью зависания над водной поверхностью и посадкой на воду при необходимости. Управление таким гексакоптером может осуществляться в прибрежной зоне [2]. Компоненты гексакоптера рассчитаны на агрессивную морскую среду, сильный ветер и выдерживают длительное воздействие прямых солнечных лучей. Гексокоптер — это шестимоторный дрон с подвесным оборудованием. Подвесное оборудование включает в себя устройство для отбора проб воды и видеокамеру.

2. Основная часть

Структурная схема аппаратной части гексакоптера показана на рис. 1.

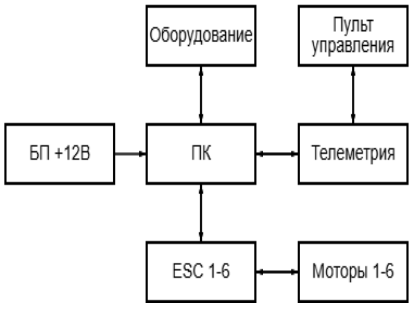


Рис. 1

Для питания гексакоптера используются аккумуляторные батареи вида Li-Ion и Li-Po. Li-Ion обеспечивают большую ёмкость и длительное время полёта, но имеют низкую токоотдачу, а Li-Po позволяют выдавать большие токи и обеспечивать стабильную работу моторов при высокой нагрузке, хотя их ресурс меньше. Для разработки применяется батарея формата 6S с напряжением 22,2 В, ёмкостью до 22 000 мАч и стандартными разъёмами XT60 или XT90.

Для управления моторами используются электронные регуляторы скорости (ESC). Они должны выдерживать ток с запасом в 20—30 % от максимального потребления мотора, поддерживать работу на 6S и обеспечивать управление по PWM.

Также важны защита от влаги, встроенные радиаторы для охлаждения и возможность герметизации. Моторы подключаются к ESC по трёхфазной схеме, направление вращения задаётся перестановкой фазных проводов. Основные характеристики моторов определяются параметрами KV (количество оборотов при подаче напряжения 1 В) и крутящим моментом, которые подбираются под диаметр пропеллеров и напряжение батареи.

Конструкция корпуса гексакоптера предусматривает симметричную раму X- или H-образного типа, что обеспечивает равномерное распределение нагрузки. Все электронные компоненты размещаются выше ватерлинии, в герметичном отсеке с дополнительным покрытием защитным компаундом. Для плавучести используются поплавки. На рынке отсутствуют готовые рамы для эксплуатации в агрессивной водной среде, поэтому рама была смоделирована самостоятельно в среде Blender с учётом размеров и расположения основных узлов.

Компоновка электронных компонентов предусматривает размещение полётного контроллера Pixhawk 4 (85×55×15 мм), модуля питания PM07 (65×45×10 мм), регуляторов скорости ESC (55×33×8 мм), камеры DJI O3 (40×30×25 мм), GPS Here+ (70×35×15 мм), модуля телеметрии SiK (50×25×10 мм) и погружного зонда диаметром 20 мм и длиной 120 мм. В итоге выбрана конфигурация гексакоптера с шестью бесколлекторными двигателями и пропеллерами диаметром 12—14 дюймов. Полётный контроллер Pixhawk 4 обеспечивает высокую надёжность, поддержку внешних датчиков и устойчивость к влажной среде. В сочетании с герметичной конструкцией корпуса, степенью защиты IP67, дренажными каналами и поплавками аппарат способен безопасно садиться на воду и выполнять задачи по отбору проб и мониторингу загрязнений.

3. Заключение

В результате работы разработана структурная схема аппаратной части гексакоптера, состоящая из ряда датчиков для измерения основных параметров морской воды. Разработана база гиксокоптера для быстрого доступа к загрязненным участкам морской воды.

4. Список литературы

[1] Устройство для экологического мониторинга морской воды / Янковский С.И. [и др.] // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: сб. науч. тр. / под ред. Ю. Б. Гимпилевича. — Москва - Севастополь: Изд-ва: РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2021. — № 4. — С. 146.

[2] Афонин, И. Л. Радиопокрытие прибрежной морской зоны с применением беспроводного широкополосного оптического канала для организации интенсивного судоходства / И. Л. Афонин, В. В. Головин, М. О. Ткаченко, Ю. Н. Тыщук и др. // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 297—306.

HEXACOPTER FOR ANALYSIS AND WATER INTAKE

Sviridov R. A., Orlova D. A., Franchuk A. S.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The design of an unmanned aerial vehicle (hexocopter) equipped with a multi-parameter probe for measuring sea water parameters based on the ATMega328p microcontroller is considered.

РАСЧЕТ СХЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНОГО Г-ОБРАЗНОГО ЗВЕНА

Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: info@sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрена методика расчета и синтеза согласующей цепочки комплексного сопротивления антенны с активным сопротивлением линии передачи путем двухчастотного согласования с помощью двойного Г-образного звена. Приведены результаты расчета, синтеза и моделирования согласующей цепи (СЦ).

1. Введение

В современных системах связи с частотным разделением каналов часто требуется, чтобы антенна эффективно работала на двух различных частотах. Стандартные методы узкополосного согласования обеспечивают работу только на одной частоте, а широкополосные методы могут быть избыточно сложными. В работе предлагается метод двухчастотного согласования известного сопротивления антенны с линией передачи на частотах 121,5 МГц и 162 МГц с использованием сдвоенного Г-звена, одно из которых заменяется колебательным контуром.

2. Основная часть

Базовая методика построения двухчастотной СЦ проходит в два этапа: трансформация сопротивления сдвоенным Г-образным звеном и замена одного звена колебательным контуром. Вид и элементы контуров выбираются так, чтобы на одной частоте согласования контур имел резонанс, на другой — соответствовал одиночному Г-звену [1]. На рис. 1 показан пример трансформации сдвоенного Г-образного звена.

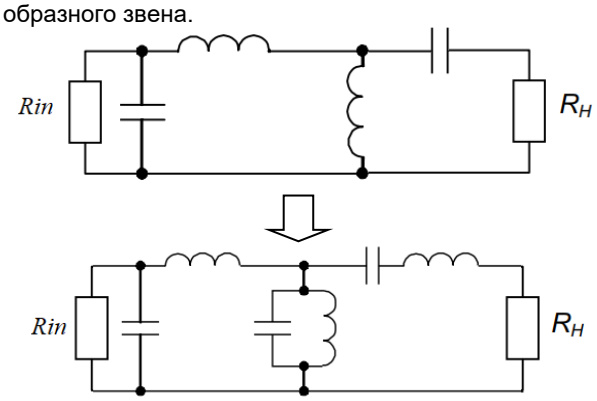


Рис. 1

Очень важно рассчитать элементы таким образом, что на одной частоте контуры будут представлять собой Г-звено, а на второй, резонансной для обоих контуров, не будет оказываться влияния на согласование.

Далее приводятся формулы, необходимые для расчета параллельного и последовательного звеньев. Методика расчета, следующая: из формулы сопротивления контура и условий физической реализации, выводятся выражения для определения емкости и индуктивности контуров.

$$Z=\frac{\omega L}{1-\omega^2 LC}\quad \omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\quad Z_1=\frac{\omega_1 L}{1-\omega_1^2 LC}\quad L=\frac{1}{\omega_0^2 C}\quad C=\frac{1}{Z}\frac{\omega_1}{\omega_0^2-\omega_1^2}$$

$$Z=\omega L-\frac{1}{\omega C}\quad \omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\quad Z_1=\omega_1 L-\frac{1}{\omega_1 C}\quad L=\frac{1}{\omega_0^2 C}\quad C=\frac{1}{Z}\frac{\omega_1^2-\omega_0^2}{\omega_1\omega_0^2}$$

Под конкретную задачу контура рассчитывались на согласование известного комплексного сопротивления антенны с линией передачи 50 Ом на частотах 121,5 МГц и 162 МГц. На рис. 2 показана схема согласующего устройства, синтезированная по результатам расчета СЦ. На рис. 3 показана зависимость коэффициента стоячей волны в линии передачи антенны от частоты.

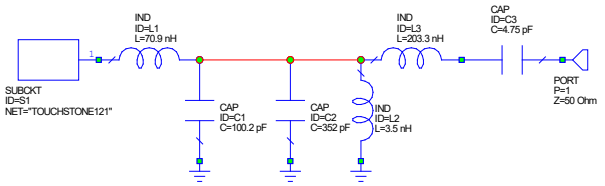


Рис. 2

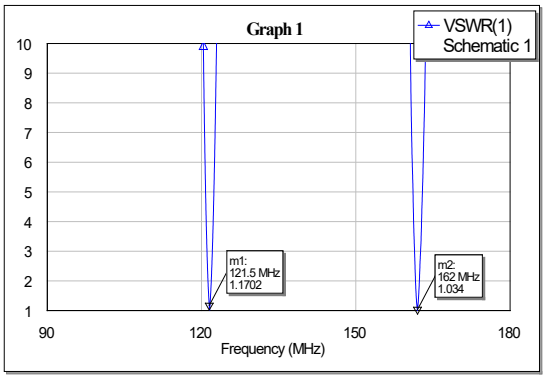


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, рассчитана и синтезирована СЦ для заданных частот 121,5 МГц и 162 МГц.

Полученный в результате моделирования КСВ полностью удовлетворяет поставленной задаче.

4. Список литературы

[1] Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. — М. : «Советское радио», 1977. — 512 с.

CALCULATION OF THE MATCHING SCHEME WITH A DOUBLE L-SECTION

Filippov M. D., Belenko M. S., Ivanuk T. A.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Two-frequency matching with a double L-section based calculation and synthesis method is considered. The calculation, synthesis and modeling results are presented.

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ ДВУХЧАСТОТНОГО СОГЛАСОВАНИЯ АНТЕННЫ НА ЧАСТОТАХ 121,5 МГЦ И 162 МГц

Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: info@sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрена техническая реализация согласующей цепочки комплексного сопротивления антенны с активным сопротивлением линии передачи путем двухчастотного согласования с помощью двойного Г-образного звена. Приведены результаты исследования СЦ на плате антенны.

1. Введение

В современных системах связи с частотным разделением каналов часто требуется, чтобы антенна эффективно работала на двух и более различных частотах. Стандартные методы предполагают узкополосную реализацию несколькими передатчиками или широкополосную, но она сложна в реализации. Поэтому актуален вопрос упрощения схемы согласования. В работе предлагается упрощённая реализация схемы согласования методом двухчастотного согласования известного сопротивления антенны с линией передачи на частотах 121,5 МГц, 162 МГц и 406 МГц с использованием сдвоенного Г-звена, где вместо трех передатчиков используется два, один из которых программно перестраивается [1].

2. Основная часть

Вместо трех передатчиков на частоты 121,5 МГц, 162 МГц и 406 МГц используются два: на 121,5/162 МГц (перестраиваемый программно) и на 406 МГц. Согласующая цепочка для последнего диапазона не требуется, так как сама антенна рассчитана на эту частоту.

Внешний вид схемы согласования, рассчитанной на частоты 121,5/162 МГц, показан на рис 1.

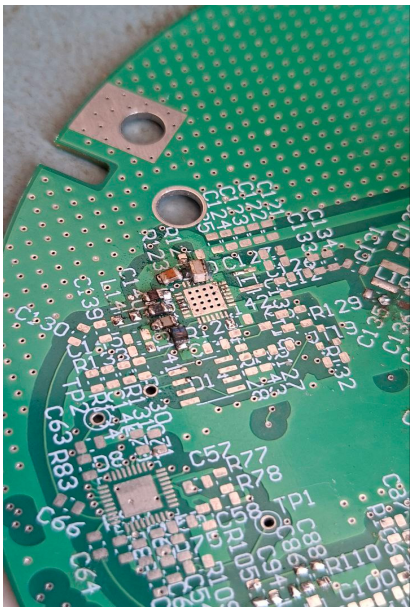


Рис. 1

Сама антенна, а именно ее часть, отвечающая за излучение низкочастотного диапазона, показана на рис. 2.

Результат измерений КСВ показан на рис. 3.

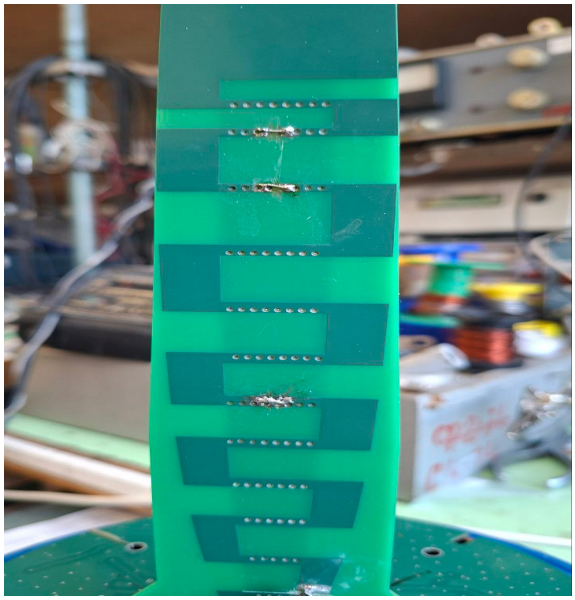


Рис. 2

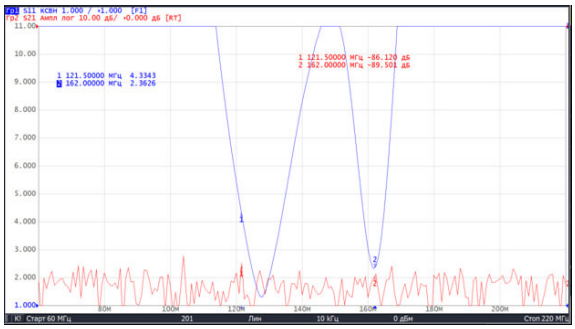


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, реализован фильтр для заданных частот 121,5 МГц и 162 МГц. Работа продолжается: фильтр предстоит далее настроить для удовлетворительного результата.

4. Список литературы

[1] Алексеенко, А. Г. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры / А. Г. Алексеенко, С. С. Бадулин, Л. Г. Барулин. — М. : Советское радио, 1977. — 328 с.

TECHNICAL REALISATION OF THE TWO-FREQUENCY ANTENNA MATCHING SCHEME FOR 121.5 MHz AND 162 MHz FREQUENCIES

Filippov M. D., Belenko M. S., Ivanuk T. A.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Two-frequency matching with a double L-section based technical implementation is considered. The results of the matching scheme are presented.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОРРЕКТНОСТИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ АИС

Маленко В. А.[1], Сумеркин О. А.[1], Степанова К. О.[1], Проценко М. Б.[1, 2]
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Проценко М. Б.
[1]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
E-mail: wither_17@mail.ru

Аннотация — Разработан аппаратно-программный комплекс для измерения временных параметров сигнала передатчиков АИС в составе аварийных радиобуев.

1. Введение

Для аварийных радиобуев (АРБ), оснащенных в качестве приводного маяка ближнего радиуса передатчиками автоматической идентификационной системы (АИС), одним из требований при проведении проверки является необходимость определения времени прямой синхронизации с всемирным координатным временем (UTC, Universal Time Coordinated) и проверка изменения расписания передачи пакетов сообщений в течение длительного времени [1]. В работе представлен разработанный для выполнения этой задачи аппаратно-программный комплекс (АПК).

2. Основная часть

АПК создан на базе микроконтроллера ATmega328P (МК) [2] и фиксирует точное время отправки АИС-сообщений, синхронизированное с UTC. Используемый АИС-приемник отслеживает изменения в сетевом расписании передач, что обеспечивает привязку декодированных данных к моменту излучения радиосигнала. На рис. 1 показана блок схема испытательного стенда с использованием, разработанного АКП. С выхода генератора глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) сигнал через антенну поступает на приёмник ГНСС в составе АРБ и на вход контрольного приемника ГНСС. В качестве последнего используется компактный GPS модуль Quectel L80 имеющий встроенную антенну. GPS Модуль формирует импульсы раз в одну секунду (1 PPS, 1 Pulse Per Second) синхронизированные со временем UTC. С выхода АРБ радиосигнал через направленный ответвитель поступает как на вход АИС приемника, который принимает и декодирует сообщения АРБ, так и на полосовой фильтр, который выделяет сигнал с частотой 162 МГц для последующей обработки АПК.

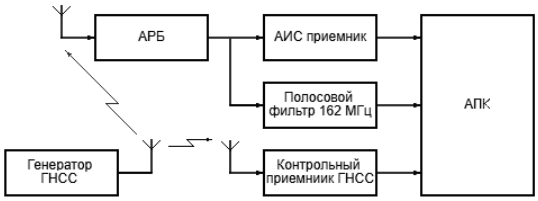


Рис. 1

На рис. 2 показана блок-схема АПК. На тактовый вход счетчика МК, с выхода опорного генератора, поступает сигнал с частотой 1 МГц. Значение, получаемое со счетчика, соответствует количеству импульсов тактовой частоты между фронтами импульса «1 PPS» и сигнала с детектора. Так как размер аппаратной части счётчика составляет 16 бит, то дополнительно используется 16-битная переменная, которая инкрементируется каждый раз при переполнении счётчика. Таким образом, размер счетчика составляет 32 бита, что делает комплекс более гибким, расширяя область его применения. В программе реализована обработка трех аппаратных прерываний. Прерывание по фронту сигнала «1 PPS» каждую секунду перезапускает счетчик и инкрементирует переменную метки времени. Прерывание по переполнению аппаратного счётчика МК (имеющего разрядность 16 бит) инкрементирует старшие биты. Прерывание по фронту сигнала с детектора останавливает счёт и инициирует передачу метки времени и значения счетчика через последовательный порт в компьютер.

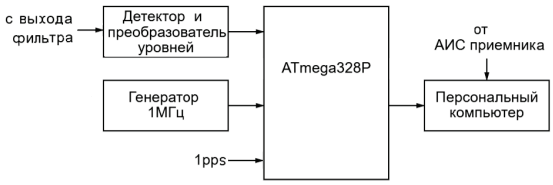


Рис. 2

Программа на персональном компьютере принимает и декодирует двоичные данные, добавляет текущее время и дату и сохраняет в лог-файл. Привязка к данным, полученным от АИС приемника, позволяет определить время прямой синхронизации с UTC и проверить корректность расписания передачи сообщения.

3. Заключение

Разработан АПК, обеспечивающий автоматическое получение данных для проверки временных характеристик сигналов передатчиков АИС в составе АРБ, при этом масштабирование предложенного решения позволяет обеспечить точную пеленгацию положения судов.

4. Список литературы

[1] ITU-R M.1371. Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-5-201402-I!!PDF-R.pdf (дата обращения: 19.09.2025)
[2] ATmega328P Datasheet, Microchip Technology. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://static.chipdip.ru/lib/549/DOC001549488.pdf (дата обращения: 19.09.2025)

COMPLEX FOR T ESTING OF AIS SART MESSAGE

Malenko V. A.[1], Sumerkin O. A.[1], Stepanova K. O.[1], Protsenko M. B.[1, 2]
Scientific adviser: Protsenko M. B.
[1]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*
[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — A hardware-software system for measuring the time parameters of AIS transmitter signals as part of emergency radio beacons has been developed.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА ПРИЕМНОЙ АНТЕННЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Тормасин А. С., Разумный А. С.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: andrey.tormasin@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрено устройство автоматического поворота антенны, реализованное с помощью поворотной платформы и пеленгации равносигнальным методом. Предполагаемое использование подвеса на летательных аппаратах дальнего действия. Приведена блок-схема системы поворота платформы.

1. Введение

Стабилизирующее устройство — это комплекс технических и программных решений, которые позволяют сохранять взаимно поляризованное положение антенн независимо от различных маневров летательного аппарата, а также силы и направления ветра. Цель такой системы — удерживать направление антенны для стабильного сигнала приёма. Немаловажным фактором является удержание приемной антенны в вертикальном положение, предполагается, что с этой задачей должен справиться гиростабилизированный подвес, на основе электродвигателей, контроллера и MEMS — акселерометры и гироскопы.

2. Основная часть

В качестве системы стабилизации антенны выбран гиростабилизированный привод антенной системы, в котором антенна устанавливается на стабилизированную платформу. Платформа поворачивается вокруг своей оси с помощью шагового двигателя, который управляется системой пеленгации. Для определения направления прихода сигналов управления используется равносигнальный метод [1]. При пеленгации равносигнальным методом о направлении на цель судят по направлению линии равных сигналов рис. 1 в момент, когда амплитуды сигналов пеленгуемой цели, равны между собой. Равносигнальный метод характеризуется высокой точностью, так как при измерении используется небольшой участок диаграмм направленности с относительно большой крутизной.

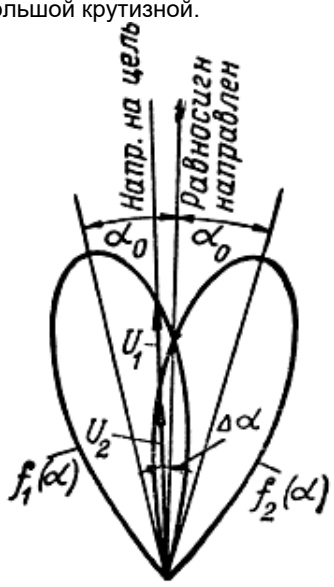


Рис. 1

На поворотной платформе предполагается использование двух одинаковых печатных антенн, развернутых относительно друг друга на угол 45 градусов. Центральный процессор управляет переключением антенн, так как используется только один приемник, такое решение используется для экономии затрат денежных средств. Принимаемый сигнал с приемника поступает на ЦП, он в свою очередь сравнивает эти сигналы и принимает решение в какую строну нужно, довернуть платформу. Контроллер подает команды на драйвер, а уже он непосредственно управляет электродвигателем. Также двигатель сообщает контроллеру о своем положение в текущий момент времени, чтобы поворот осуществлялся максимально точно. Таким образом система удерживает направление с наиболее высоким уровнем сигнала. На рис. 2 показана структурная схема системы поворота платформы.

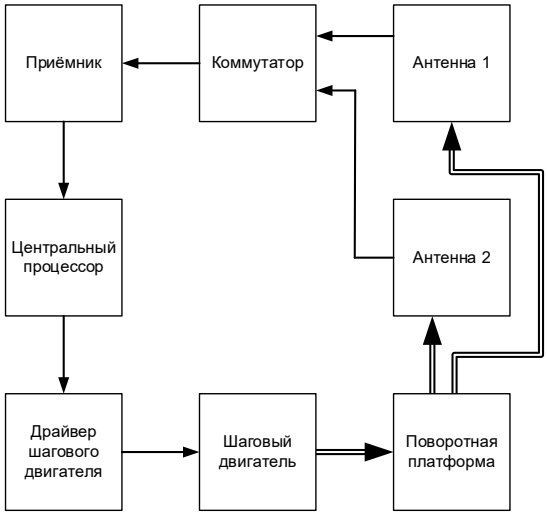


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработана структура и алгоритмика системы поворота платформы с закрепленной на ней приемной антенны для сохранения стабильного сигнала. Система поворота реализована на основе равносигнального метода пеленгации.

4. Список литературы

[1] Радиолокация для всех / В. С. Верба [и др.] ; под ред. В. С. Вербы. — М. : Техносфера, 2024. — 560 с.

DESIGN OF AN AUTOMATIC ROTARY DEVICE FOR RECEIVING AIRCRAFT ANTENNA

Tormasin A. S., Razumniy A. S.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An automatic antenna rotation device implemented using the direction finding method is considered. The intended use of suspension on long-range aircraft. A block diagram of the circuit board rotation system is shown.

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОДНОКООРДИНАТНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА

Еренков А. А., Чирко И. С., Смалий Д. Д., Овчаров П. П.
Научный руководитель: Овчаров П. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ssashaa05@gmail.com

Аннотация — В работе рассмотрена разработка блока управления и индикации для однокоординатного автоматизированного поворотного устройства, предназначенного для точного позиционирования антенн при измерении их диаграмм направленности. Проведён сравнительный анализ энкодеров и LCD-дисплеев, обоснован выбор энкодера EC11 и дисплея LCD1602.

1. Введение

Измерение диаграмм направленности антенн требует высокой точности позиционирования. Ручное управление поворотом приводит к погрешностям и снижает воспроизводимость результатов. Для устранения этих недостатков используются автоматизированные поворотные устройства, ключевым элементом которых является блоки управления и индикации [1].

2. Основная часть

Для выбора компонентов проведён обзор современных энкодеров и дисплеев. Выбраны:

— энкодер EC11 с кнопкой — бюджетное решение с достаточной точностью (20 имп./об., питание 5 В, встроенная кнопка) [2];

— дисплей LCD1602 — символьный экран 2×16 знаков, подключаемый по интерфейсу I²C.

Рассматриваемые в работе энкодер и дисплей выбраны на основе требований к точности поворота антенны в азимутальной плоскости с сектором поворота не менее ±45° и точностью позиционирования не менее 0,1°.

В работе приведены примеры сигнала при нажатии на кнопку без добавления RC цепи и с ней.

Параметры различных вариантов энкодеров и LCD дисплеев приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тип	Модель	Напряжение питания	Рабочий ток	Диапазон температур	Особенности
Энкодер	*EC11*	5 В	10 мА	-30°C..+70°C	Простота, дешевизна
Энкодер	*AST58*	7.5 – 34 В	20 – 50 мА	-25°C..+85°C	Высокая разрешающая способность, надёжный
Энкодер	*RLS RM44*	5 – 26 В	40 – 60 мА	−40°C..+100°C	Высокий диапазон рабочих температур, компактный
Дисплей	*1602*	5 В	3 – 23 мА	−20°C..+70°C	Два режима работы, простота работы с *Arduino*
Дисплей	*Mitsubishi AA121XN01*	22 В	390 мА	−30°C..+85°C	Широкий угол обзора, интерфейс *LVDS*

При нажатии и отпускании кнопки на энкодере происходит дребезг контактов — это неприятная особенность, решением которой является добавление RC цепи, которая меняет вид сигнала в плавный подъем и такой же плавный спад, обусловлены данные явления зарядкой и разрядкой конденсатора.

Изображение на рис. 1 иллюстрирует дребезг контактов во время нажатия и отпускания кнопки.

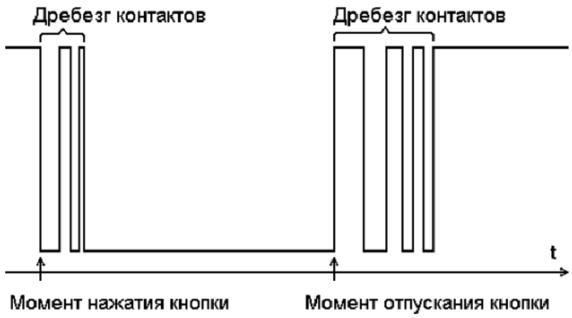


Рис. 1

Конденсатор не может мгновенно зарядиться и так же мгновенно разрядиться, из-за этого и возникает плавность перехода. Вид сигнала при подключении RC цепи показан на рис. 2.

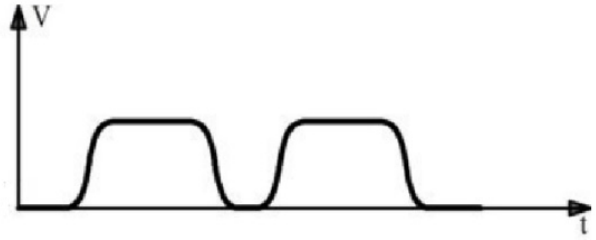


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработан компактный блок управления и индикации для однокоординатного автоматизированного поворотного устройства. Применение энкодера EC11 и дисплея LCD1602 обеспечивает простоту, низкую стоимость и достаточную точность для лабораторных измерений диаграмм направленности антенн.

4. Список литературы

[1] Сорокин, В. М. Устройство ввода информации на базе механического инкрементального энкодера EC11 / В. М. Сорокин, А. Ю. Громов // Научные труды. — 2020. — №4. — С. 35—42.

[2] Datasheet EC11 Rotary Encoder / ALPS Electric Co.

DESIGN OF A CONTROL AND INDICATION UNIT FOR SINGLE-COORDINATE AUTOMATED ROTARY DEVICE

Erenkov A. A., Chirko I. S., Smaliy D. D., Ovcharov P. P.
Scientific adviser: Ovcharov P. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of a control and indication unit for a single-coordinate automated rotary device designed for precise alignment of antennas when pairing their directional patterns, is discussed. A comparative analysis of encoders and LCD displays is performed, and the choice of the EC11 encoder and LCD1602 display is substantiated.

ТЕХНОЛОГИЯ NVIS ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ СВЯЗИ

Корниенко В. А., Васильев А. В., Иськив В. М.
Научный руководитель: Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: internetexplore@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрены физические основы и принципы реализации технологии Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) для создания надежной коротковолновой радиосвязи в радиусе 300 км. Проанализированы преимущества метода, ключевые зависимости от состояния ионосферы и требования к выбору рабочей частоты.

1. Введение

Обеспечение надежной радиосвязи для БПЛА на средние расстояния в условиях сложного рельефа местности или отсутствия инфраструктуры представляет значительную практическую проблему. Традиционная коротковолновая связь, использующая отражение от ионосферы при малых углах, характеризуется наличием «зоны молчания» (промежуток, где нет распространения сигнала) в ближнем радиусе от передатчика [1].

Эффективным решением данной проблемы является технология NVIS, основанная на квазивертикальном (близко к 90°) излучении и отражении радиоволн.

2. Основная часть

Принцип действия технологии NVIS заключается в излучении электромагнитной волны антенной с круговой диаграммой направленности в азимутальной плоскости, ориентированным в зенит. Радиоволна, посланная почти вертикально, отражается от ионосферы (слоя F или E) и возвращается на Землю, создавая зону сплошного покрытия вокруг передатчика (рис. 1). Данная технология позволяет устранить «зону молчания», характерную для традиционного КВ распространения.

Критическим параметром является выбор рабочей частоты. Эта частота должна быть ниже критической частоты слоя F2, чтобы обеспечивать отражение, но не слишком низкой, чтобы избежать поглощение в слое D [1].

Эмпирическое правило для выбора частоты

$$f_{\text{р}} = 0{,}850 \cdot f_{0F2},$$

где f_{0F2} — критическая частота слоя F2.

На практике для NVIS используются диапазоны 2—10 МГц. Частота должна оперативно адаптироваться к изменениям в ионосфере в течение суток и времени года

В таблице 1 приведены рекомендуемые частоты.

Таблица 1

Время года/суток	Лето	Зима	Весна/Осень
День (МГц)	6	3,5	4
Ночь (МГц)	3,5	2	2,5

Преимуществами технологии являются независимость от рельефа, простота развертывания и широкое покрытие. К недостаткам относят зависимость от ионосферных условий и необходимость мониторинга MUF (Maximum Usable Frequency). Несмотря на это, для применения в системах управления БПЛА, организации связи между удаленными постами и в поисково-спасательных операциях на пересеченной местности, NVIS зачастую является единственным способом обеспечить надежный канал передачи данных и команд на расстояниях до 300 км. Развитие методов цифровой обработки сигналов и ионосферного зондирования в реальном времени позволяет активно нивелировать эти недостатки.

Использование NVIS для управления БПЛА открывает новые возможности для выполнения длительных миссий в удаленных районах. В отличие от систем спутниковой связи, требующих дорогостоящего терминального оборудования или УКВ радиосвязи, ограниченной прямой видимостью, NVIS обеспечивает устойчивый канал передачи телеметрии и управляющих команд на сотни километров без необходимости в ретрансляторах.

На рис. 1 показано распространение волн с использованием технологии NVIS.

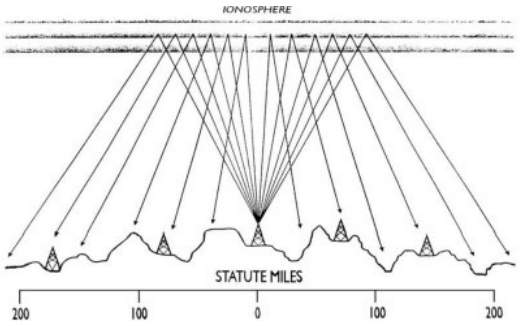


Рис. 1

3. Заключение

Таким образом, технология NVIS является высокоэффективным и надежным решением для организации связи с БПЛА в ближней зоне, где традиционные КВ-методы неработоспособны. Успешная реализация метода требует правильного выбора рабочей частоты на основе данных ионосферного зондирования и использования специализированных антенных систем с требуемой диаграммой направленности.

4. Список литературы

[1] Дэвис, К. Радиоволны в ионосфере / К. Дэвис. — М. : Мир, 1973. — 504 с.

[2] Международный союз электросвязи. Рекомендация *ITU-R P*.1239-8: Распространение и прогнозирование для наземных служб КВ диапазона / МСЭ. — Женева *: ITU*, 2021. — 45 с. — Текст электронный. — *URL*: *https://www.itu.int/rec/R-REC-P*.1239.

NVIS TECHNOLOGY FOR RELIABLE SHORTWAVE COMMUNICATION

Kornienko V. A., Vasilyev A. V., Iskiv V. M.
Scientific adviser: Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the physical foundations and principles of Near Vertical Inci-dence Skywave (NVIS) technology for creating reliable short-wave radio communication within a 300-km radius are considered. The advantages of the method, key dependencies on the ionosphere state, and requirements for selecting the operating frequency are analyzed.

УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ МОДУЛЕЙ NEO-M8N И SIM800L

Кагиров И. Б., Савочкин А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Савочкин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: kagirov.i03@mail.ru

Аннотация — В работе представлены результаты разработки принципиальной схемы устройства для определения местоположения автомобиля. Основное внимание уделено выбору и обоснованию ключевых компонентов: GPS-модуля u-blox NEO-M8N для высокоточного позиционирования и GSM-модема SIM800L для передачи данных через мобильную сеть 2G. Разработана принципиальная схема, выполнен расчета энергетики канала связи и разработана печатная плата устройства.

1. Введение

Актуальность разработки компактных и экономичных GPS-трекеров продолжает расти в связи с их широким применением в логистике, системах безопасности и мониторинге транспорта. Ключевыми требованиями к таким устройствам являются высокая точность определения координат, надёжность передачи данных и малое энергопотребление. В статье рассматривается аппаратная реализация такого устройства на уровне принципиальной схемы.

2. Основная часть

В качестве ядра навигационной системы выбран модуль NEO-M8N. Этот приёмник поддерживает одновременную работу со спутниковыми системами GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, что обеспечивает высокую точность позиционирования (до 2 метров) и быстрый запуск (2 секунды в режиме «тёплого» старта). Низкое энергопотребление (23 мА в активном режиме) и широкий диапазон рабочих температур (от –40 до +85 °C) делают его идеальным для автономных устройств [1]. Для передачи полученных координат на сервер используется GSM-модем SIM800L. Этот модуль поддерживает сети 2G в диапазонах частот 850/900/1800/1900 МГц и протоколы передачи данных GPRS и TCP/IP. Он позволяет отправлять данные как через Интернет, так и посредством SMS. Потребляемый ток модуля в спящем режиме составляет всего 0,7 мА, что крайне важно для увеличения времени автономной работы.

Принципиальная схема устройства реализована на базе микроконтроллера ATmega328 (Arduino Nano), который управляет работой всех модулей. Питание системы осуществляется от литий-ионного аккумулятора емкостью 2000 мАч, управляемого через плату BMS HX-2S-A10. Для стабилизации напряжения используется импульсный преобразователь LM2596, способный выдавать стабильные 5 В при входном напряжении до 40 В. В качестве антенны может использоваться вариант по схеме [2].

Для оценки надёжности радиоканала проведён расчёт энергетики линии связи с использованием формулы Фрииса. Расчёт показал, что при мощности передатчика базовой станции 50 Вт и чувствительности приёмника –90 дБм устойчивая связь может поддерживаться на расстоянии до 4 км, что более чем достаточно для городских и пригородных условий.

На заключительном этапе разработана двухслойная печатная плата (рис. 1), обеспечивающая надёжное электрическое соединение всех компонентов. Особое внимание было уделено ширине проводников силовых цепей и разводке сигнальных линий для минимизации помех.

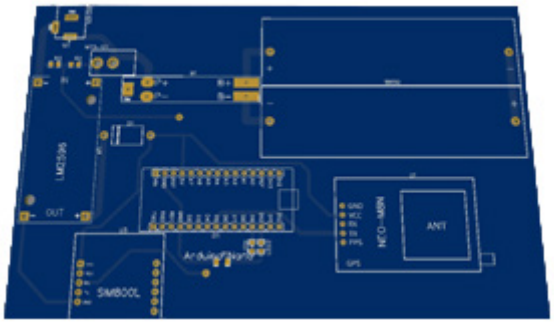


Рис. 1

3. Заключение

В результате проделанной работы успешно разработана принципиальная схема GPS-трекера на основе современных и доступных компонентов. Использование модулей NEO-M8N и SIM800L обеспечивает высокую точность позиционирования и надёжную передачу данных. Расчёт энергетики канала связи подтвердил работоспособность устройства в реальных условиях эксплуатации. Разработанная печатная плата является готовым решением для создания прототипа устройства.

4. Список литературы

[1] Техническое описание u-blox. NEO-M8N. — 2023. SIMCom. Аппаратное обеспечение SIM800L. — 2020. Texas Instruments. Техническое описание LM2596. — 2021.
[2] Щекатурин, А.А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А.А. Щекатурин, В.М. Иськив, Е.Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. — 2025. — № 3. — DOI 10.30898/1684-1719.2025.3.12.

VEHICLE LOCATION DETECTION DEVICE BASED ON THE NEO-M8N AND SIM800L MODULES

Kagirov I. B., Savochkin A. A.
Scientific adviser: Savochkin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of design a basic diagram of a device for determining the location of a vehicle have been presented. The main attention is paid to the selection and justification of key components: the u-blox NEO-M8N GPS module for high-precision positioning and the SIM800L GSM modem for transmitting data via a 2G mobile network. The diagram of the module connections, the results of calculating the energy of the communication channel and the development of the printed circuit board of the device are given.

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Зеленкевич Д. Ю., Дегтярев А. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Дегтярев А. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dima_zelenkevich_00@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены способы описания нелинейных систем, включающие в себя методы кусочно-линейной аппроксимации, фазового пространства, гармонической линеаризации и статистической линеаризации.

1. Введение

При проектировании радиоэлектронных устройств (РУ) важной задачей является выбор режима работы для обеспечения требуемых параметров. Как правило, при построении РУ на основе линейных систем не удаётся достичь требуемых параметров, а, следовательно, требуется переходить к нелинейным системам. Однако классические методы описания РУ на основе нелинейных систем описываются дифференциальными уравнениями высокого порядка, что приводит к значительному усложнению инженерных расчётов. Таким образом, для инженерных расчётов РУ на основе нелинейных систем следует переходить к иным методам описания нелинейных систем.

2. Основная часть

К основным методам описания нелинейных систем при проектировании РУ можно отнести [1, 2]:

— кусочно-линейной аппроксимации;
— фазового пространства;
— гармоническая линеаризация;
— статистическая линеаризация.

Метод кусочно-линейной аппроксимации состоит в разбиении нелинейной характеристики системы на ряд линейных участков, в пределах которых задача описания является линейной и может быть решена достаточно просто. На границах линейных участков необходимо провести «сшивание» процессов в единый процесс. Метод применим в случае, если число участков разбиения невелико, так как с ростом числа участков значительно растёт сложность инженерных расчётов.

Метод фазового пространства основан на построении нелинейной характеристики системы $f(x, y)$ на так называемой фазовой плоскости с координатными осями (x, y). Полученная характеристика называется фазовым портретом, и по его виду можно судить об особенностях нелинейной системы. Размерность фазовой плоскости определяется порядком дифференциального уравнения нелинейной системы. Ввиду этого метод фазового пространства применим лишь к нелинейным системам, описываемым дифференциальным уравнением второго порядка.

Метод гармонической линеаризации является приближённым методом описания нелинейных систем любого порядка. В его основе лежит разбиение нелинейной системы на линейную часть и нелинейное звено, причём линейная часть представляет собой ФНЧ. Такое разбиение нелинейной системы позволяет сделать вывод, что при прохождении гармонического колебания через нелинейную систему на её выходе отсутствуют высшие гармоники, так как они подавляются линейной частью. Таким образом, анализ поведения нелинейной системы сводится к анализу только по первой гармонике. Например, для нелинейности вида $y = F(x)$ по методу гармонической линеаризации получим [1]

$$y = F(a\sin\omega t) = D_1 \sin\omega t + C_1 \cos\omega t.$$

Осуществляя замену $\sin\omega t = x/a$ и $\cos\omega t = px/(a\omega)$ получаем приближенную формулу для описания нелинейного звена

$$y = q(a)x + q'(a)px/\omega,$$

где $q(a)$ и $q'(a)$ — коэффициенты гармонической линеаризации, определяемые по формулам

$$q = \frac{D_1}{a} = \frac{1}{\pi a}\int_0^{2\pi} F(a\sin\omega t)\sin\omega t\,\mathrm{d}\omega t,$$

$$q' = \frac{C_1}{a} = \frac{1}{\pi a}\int_0^{2\pi} F(a\sin\omega t)\cos\omega t\,\mathrm{d}\omega t.$$

Таким образом, характеристика нелинейного звена по методу гармонической линеаризации описывается приближённым линейным уравнением, коэффициенты которого зависят от амплитуды входного сигнала. При более сложной нелинейности эти коэффициенты будут зависеть уже от нескольких параметров сигнала.

Метод статистической линеаризации также является приближённым методом описания нелинейной системы. Он основан на замене нелинейной системы $y = F(x)$ линейной $z = kx$, которая имеет такие же математическое ожидание и дисперсию, как и на выходе нелинейной системы, а также линейная система должна обладать аналогичной корреляционной характеристикой на своём выходе, как и на выходе нелинейной системы [2]. Характеристики линейной системы напрямую зависят не только от характеристик нелинейной системы, но и от закона распределения сигнала. Однако во многих случаях закон распределения сигнала можно принять гауссовским, так как в РУ нелинейные системы соединяются с линейными инерционными элементами, закон распределения выходного сигнала которых близок к гауссовскому независимо от закона распределения входного сигнала.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены методы описания нелинейных систем. Проанализированы области применения точных методов нелинейных систем. Приведён анализ приближенных методов описания нелинейных систем на основе гармонической линеаризации и статистической линеаризации.

4. Список литературы

[1] Бесекерский, В. А. Радиоавтоматика / В. А. Бесекерский, А. А. Елиссев, А. В. Небывалов. — М. : Высш. шк., 1985. — 271 с.
[2] Коновалов, Г. Ф. Радиоавтоматика / Г. Ф. Коновалов // М. : Высш. шк., 1990. — 335 с.

APPROACHES TO DESCRIBING NONLINEAR SYSTEMS

Zelenkevich D. Y., Degtyaryov A. N.
Scientific adviser: Degtyaryov A. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The methods for describing nonlinear systems are considered, including piecewise linear approximation, phase space, harmonic linearization, and statistical linearization are considered.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ЭФФЕКТА МИЛЛЕРА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПОЛЕВЫМИ ТРАНЗИСТОРАМИ

Комиссаренко В. М., Серяк Е. С., Михайлюк Ю. П.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Михайлюк Ю. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: esseryak@sevsu.ru

Аннотация — В работе анализируются различные способы снижения эффекта нежелательного включения силового полевого транзистора из-за влияния емкости Миллера; рассматриваются технико-экономические аспекты различных способов снижения данного эффекта.

1. Введение

Одной из проблем, которую необходимо решать разработчикам средств силовой электроники — это возникновение сквозного тока через силовой каскад схемы вследствие открытия транзистора вызванного, эффектом Миллера [1]. Данный эффект отрицательно влияет на надежность микросхемы и помехоустойчивость. В работе предложены практические способы защиты силовых каскадов от повреждений.

2. Основная часть

Проблемы, вызванные эффектом Миллера хорошо знакомы разработчикам современных быстродействующих средств электроники. Наличие емкости Миллера в транзисторах MOSFET приводит к ложному открытию транзистора при работе на высоких частотах, таким образом ток протекает через емкость Миллера, находящуюся между стоком и затвором полевого транзистора.

Известны следующие способы устранения этой проблемы:

— разделение цепей включения и выключения цепи затвора путем введения диода, ускоряющего выключение;

— включение конденсатора между затвором и истоком;

— применение отрицательного потенциала для надежного запирания транзистора.

В работе предлагается эффективное решение, в основу которого положен активный способ выключения полевого транзистора. Схема реализуется с помощью внешнего биполярного p-n-p транзистора, который быстро выключает полевой транзистор, снижая напряжение на затворе до уровня земли. На рис. 1 показана принципиальная схема анализируемой реализации.

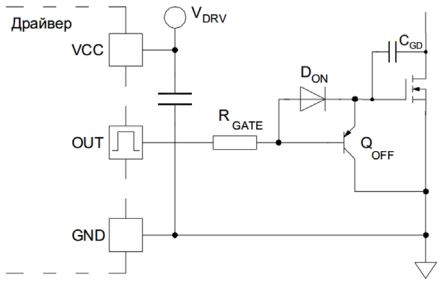


Рис. 1

Преимущество данного метода заключается в ограничении напряжения затвора на безопасном уровне в критическом режиме работы. Предлагаемое решение можно использовать для борьбы с ложным открытием силового ключа практически во всех топологиях импульсных конверторов.

К недостаткам этого решения можно отнести удорожание схемы из-за установки дополнительного транзистора и нескольких резисторов.

В мощных преобразователях (работающих с токами 150—200 А и более), к которым относят преобразователи частоты, инверторы, промышленные электроприводы, источники бесперебойного питания параметр отказоустойчивости носит критическое значение. В связи с этим предлагается использовать отрицательное напряжение для запирания полевого транзистора и активный метод ограничения напряжения на основе дополнительного p-n-p транзистора. Процесс выключения начинается с опускания потенциала вывода затвора к уровню земли — входная емкость транзистора быстро разряжается до уровня плато Миллера. Ключ все еще полностью открыт, весь ток нагрузки протекает от стока к истоку, и падение напряжение на транзисторе мало. Затем, на уровне плато Миллера, полевой транзистор начинает работать как истоковый повторитель.

Дополнительный p-n-p транзистор в цепи затвор-исток замыкает цепь при достижении напряжением V_{DS} определенного значения, а исток будет находиться в большом отрицательном смещении в результате переходного процесса. Также необходимо обратить внимание, что такая схема в выключенном состоянии будет очень восприимчива к наводкам, поскольку напряжение истока будет ниже уровня земли на величину падения на возвратном диоде, а уровень затвора будет выше уровня земли примерно на 0,7 В.

3. Заключение

В работе проанализированы различные способы подавления вредоносного эффекта Миллера, приведено практическое схемотехническое решение; проанализированы технико-экономические аспекты различных способов снижения данного эффекта.

4. Список литературы

[1] Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие для вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. — СПб. : Лань, 2023. — 480 с.

ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE THE MILLER EFFECT IN DESIGNING CONTROL CIRCUIT OF POWER FIELD-EFFECT TRANSISTORS

Komissarenko V. M., Seryak E. S., Mickhayluck Y. P.
Scientific adviser: Mickhayluck Y. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, various methods of reducing the effect of unwanted switching on of a power field-effect transistor due to the influence of Miller capacitance are analyzed, and the technical and economic aspects of various methods of reducing this effect are considered.

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Ларионов Н. К.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: isupsor@gmail.com

Аннотация — В работе рассматривается автоматизированная система контроля и управления электропитанием жилого помещения. Целью проекта является повышение энергоэффективности и снижение затрат на электроэнергию путем оптимизации процессов электропитания. Система основана на контроллере Arduino Uno с Ethernet Shield, включает инверторный стабилизатор переменного напряжения и программное обеспечение на Yii2, JavaScript/jQuery и MySQL для удалённого управления через web-интерфейс.

1. Введение

В современных условиях энергосбережение является важной задачей, особенно в жилых помещениях. Высокие тарифы на электроэнергию и необходимость оптимизации энергопотребления стимулируют разработку автоматизированных систем управления электропитанием.

Разработанное устройство позволяет дистанционно контролировать и управлять электропитанием, снижая затраты и повышая надёжность работы бытовых электроприборов.

2. Основная часть

Для достижения цели был проведён обзор современных решений. Выбрана архитектура, включающая три ключевых элемента: контроллер, сервер и клиент. Контроллер на Arduino Uno [1] принимает данные с датчиков движения и освещённости, передаёт их на сервер и управляет нагрузкой. Сервер на PHP (Yii2) [2] с базой MySQL хранит настройки, журналы событий и обеспечивает web-доступ. Клиентами могут быть любые устройства с браузером, подключённые к сети.

Для повышения качества электропитания реализован инверторный стабилизатор напряжения. Его схема включает корректор коэффициента мощности, импульсный повышающий стабилизатор, инвертор и выходной фильтр.

Такое решение защищает бытовую аппаратуру от скачков напряжения и снижает нагрузку на сеть.

Программное обеспечение использует MVC-архитектуру Yii2 [3], JavaScript и библиотеку jQuery для интерактивного управления.

Пользовательский интерфейс позволяет формировать расписания работы нагрузок, просматривать состояние системы и управлять электропитанием в реальном времени.

Моделирование узлов подтвердило корректность выбранных схемных решений.

Принципиальные схемы [4] и расчёты показали, что система способна поддерживать выходную мощность 1 кВт ±5 % при напряжении 220 В.

Комплекс успешно прошёл тестирование и может применяться как в жилых, так и в коммерческих помещениях.

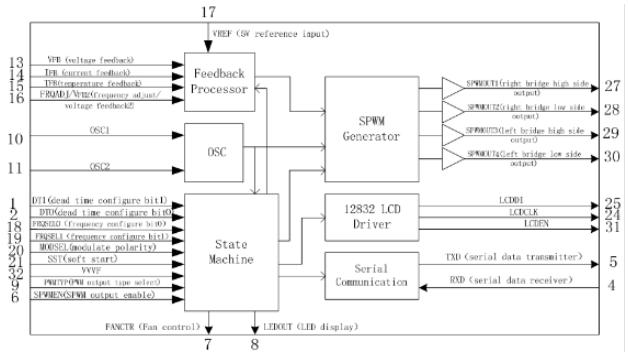


Рис. 1

3. Заключение

Применение Arduino Uno и Ethernet Shield упрощает разработку и снижает стоимость системы. Программное обеспечение на Yii2 и MySQL обеспечивает удобный интерфейс для пользователей и администраторов.

Система может быть масштабирована для различных типов жилых и коммерческих помещений.

4. Список литературы

[1] Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.arduino.cc
[2] Yii Framework [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.yiiframework.com
[3] Kaspersky Resource Center [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.kaspersky.ru
[4] LM393 Light Sensor Datasheet [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.ti.com/product/LM393

DEVICE FOR CONTROL AND MANAGEMENT OF RESIDENTIAL POWER SUPPLY

Larionov N. K.
Scientific adviser: Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An automated system for monitoring and controlling the power supply of a residential building has been designed. The goal of the project is to improve energy efficiency and reduce electricity costs through power supply optimization. The system is based on an Arduino Uno controller with an Ethernet Shield, includes an inverter voltage stabilizer, and software implemented using Yii2, JavaScript/jQuery, and MySQL for remote control via a web interface.

ТЕХНОЛОГИИ АВТОНОМНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ ПОСЛЕ СБОЕВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — Рассматриваются технологии восстановления бортовых систем БПЛА и робототехники в ходе повреждений и сбоев.

1. Введение

С развитием авиации, космических аппаратов, БПЛА и других подвижных систем, возрастает критическая важность надёжности и живучести радиоэлектронных компонентов. В экстремальных условиях — вибрации, радиации, температурных скачков, электромагнитных помех, износа схемы и компоненты могут получать повреждения. Традиционные подходы к обеспечению надёжности (резервирование, защитные оболочки, регулярное техническое обслуживание) часто либо тяжеловесны, либо неэффективны в долгосрочной автономной работе. Поэтому возникает необходимость внедрения функций автономного обнаружения, локализации, изоляции и восстановления прямо на борту систем без вмешательства оператора.

2. Основная часть

Существуют исследования как на уровне аппаратных решений (материалы, резервирование, запасные цепи), так и на уровне программного обеспечения (обнаружение, диагностика, перепланирование). Наряду с возрастающими требованиями к надежности, быстродействию, энергоэффективности и устойчивости к внешним воздействиям, многие современные инженерные решения трудно реализовать на практике.

В спутниках, космических аппаратах, БПЛА, автономных наземных станциях, морских беспилотных системах и т. д., выход из строя любого радиоэлектронного узла может означать потерю миссии, а возможности ремонта на земле либо крайне ограничены, либо отсутствуют.

Однако на сегодняшний день в ограниченном числе существуют методы автономного восстановления таких систем. Имеет место технология Self-healing circuits (самовосстанавливающиеся схемы), изобретение

Калифорнийского технологического института Caltech патентного характера, представляющее из себя связь нескольких модулей интегральных схем. Такая система позволит в случае физического повреждения бортовой электроники продиагностировать характер повреждения и перенаправить пути сигналов, используя запасные каналы.

В ее архитектуре также присутствуют материалы, способные автоматически «залечивать» проводники с использованием динамических полимеров и жидких токопроводящих металлов, содержащихся в микрокапсулах.

Компоненты таких схем имеют специальное наноструктурированное невозгораемое покрытие с использованием материалов, отражающих радиационный фон и направленные шумовые помехи (на рис. 1 изображена микросхема APIO16, стойкая к вышеперечисленным воздействиям).

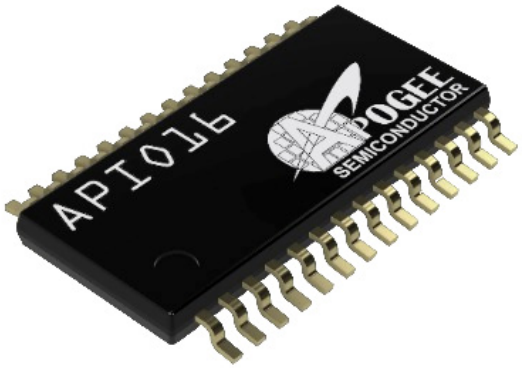


Рис. 1

Нельзя обойти и восстановление программной составляющей в ходе сбоев. Технология BISR (Built-In Self-Repair) позволяет проанализировать повреждение, запустив процессы корректировки рабочих параметров и восстановления с сохранением исходной функциональности. Работает в связке с программируемыми блоками тестирования и специальными контроллерами восстановления. Например, в архитектуре роботов с распределенным управлением, в случае эксплуатационной неисправности или физического повреждения, автоматика отключает неисправные узлы и дает команды активации аварийной программы.

3. Заключение

Технологии автономного восстановления после сбоев — крайне перспективное направление, сочетание аппаратных и программных средств, материаловедения, теории надёжности и искусственного интеллекта. Реализация таких систем способна значительно повысить живучесть и надёжность бортовой радиоэлектроники. Однако есть немало вызовов: ограниченность ресурсов, необходимость высокой точности диагностики, устойчивость восстановительных элементов к экстремальным условиям. В перспективе будет проходить интеграция систем искусственного интеллекта для более корректного определения поврежденных узлов с последующим восстановлением.

TECHNOLOGIES FOR AUTONOMOUS RESTORATION OF ON-BOARD RADIO ELECTRONICS AFTER FAILURES AND DAMAGE

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P. S. Nakhimov, Russia

Abstract — Technologies for updating on-board BPLA systems and robotics during failures and failures are reviewed.

РАЗРАБОТКА SIMULINK-МОДЕЛИ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТ ДЛЯ SDR ТРАНСИВЕРА

Полубоярцев В. О., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: vovaevp@gmail.com

Аннотация — Разработана Simulink-модель синтезатора частот для SDR-трансивера. Приведены результаты математического моделирования.

1. Введение

Разработка интегральной схемы SDR трансивера является на сегодняшний день важной научно-технической задачей. Так, например, представляемые результаты были получены в ходе работ по проекту «Разработка IP-блока синтезатора частот для SDR трансивера» в рамках программы «Приоритет-2030», в которой участвует Севастопольский государственный университет. Подобные микросхемы широко применяются в системах связи различных назначений, однако отечественных аналогов до сих пор не существует [1].

2. Основная часть

Подбор параметров элементов математической модели производился в соответствии с требованиями технического задания.

Основными частями разработанной модели являются опорный генератор, состоящий из элемента гармонического колебания с частотой 40 МГц и элемента, преобразующего гармоническое колебание в меандр, и ГУН с центральной частотой 5 ГГц. Уровень фазовых шумов не должен превышать –100 дБВт.

Фазовый детектор состоит из двух D-триггеров и элементов задержки, позволяющих симулировать реальные условия (рис. 1).

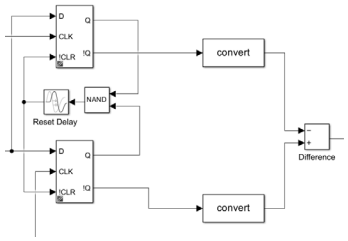


Рис. 1

Сигнал с выхода фазового детектора поступает в фильтр нижних частот, изображённый на рис. 2. Вследствие фильтрации получается сигнал, управляющий частотой генерации ГУН.

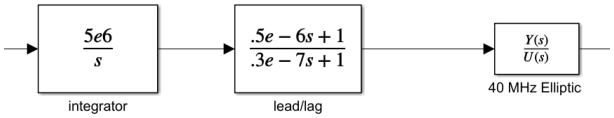


Рис. 2

ФАПЧ представляет собой элемент преобразования гармонического колебания с выхода ГУН в меандр и делителя частоты с коэффициентом деления 5000. Выход делителя частоты присоединён к D-триггеру, входящему в состав фазового детектора [2].

На рис. 3 показан общий вид разработанной Simulink-модели синтезатора частот SDR трансивера.

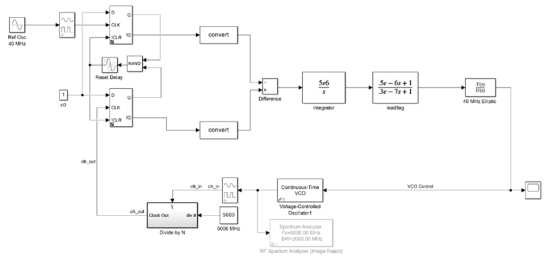


Рис. 3

На рис. 4 показана спектрограмма сигнала, полученного на выходе разработанного синтезатора частот.

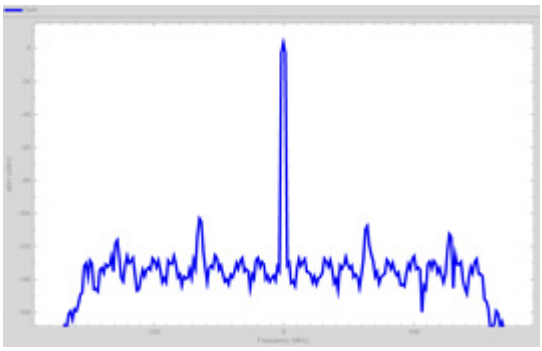


Рис. 4

Из рисунка видно, что уровень шума находится на уровне –100 дБВт, что соответствует требованиям технического задания.

3. Заключение

Таким образом, разработана Simulink-модель синтезатора частот, предназначенная для последующего использования в модели SDR-трансивера.

Сделан вывод о соответствии разработанной математической модели синтезатора частот требованиям технического задания.

4. Список литературы

[1] Галкин, В. А. Основы программно-конфигурируемого радио / В. А. Галкин. — М. : Горячая линия – Телеком, 2013. — 372 с.

[2] Banerjee, D. PLL Performance, Simulation and Design Handbook (5th ed.) / D. Banerjee // Texas Instruments. — 2017. — 497 p.

SYNTHESIS OF SIMULINK MODEL OF FREQUENCY SYNTHESIZER FOR SDR TRANSCEIVER

Poluboiartsev V. O., Vertegel V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A mathematical model of frequency synthesizer for SDR transceiver was developed using Simulink. The results of mathematical modelling are presented.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЁТОК В БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ

Протько А. А., Манько А. С.
Научный руководитель: Манько А. С.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nameless0sword@gmail.com

Аннотация — В работе рассмотрены общее устройство фазированных антенных решёток, их основные типы, а также изучены ограничения современных РЛС на основе ФАР и методы их преодоления.

1. Введение

Фазированные антенные решётки (ФАР) активно применяются в составе средств обнаружения на кораблях, наземных РЛС и некоторой технике. Их преимущества перед антеннами кругового и секторного обзора — отсутствие движущихся частей, более высокая эффективность (за счёт возможности быстро менять ДН), в некоторых случаях — возможность одновременно сканировать несколько направлений. В данном докладе рассмотрены общие понятия ФАР, а также перспективы развития РЛС на их основе.

2. Основная часть

ФАР бывают двух основных видов, несколько отличающихся по устройству: активные (для каждого излучателя есть свой источник) и пассивные (у которых один общий, достаточно мощный источник питания). Пассивные ФАР применяются нечасто ввиду более низкой по сравнению с активными ФАР (АФАР) надежностью, а также некоторыми сложностями, связанными с охлаждением.

Главным отличием от стандартных РЛС, как указывалось ранее, является возможность управлять направлением излучения — электрическое сканирование. Оно формируется при интерференции волн с каждого излучателя, которые при синфазном сложении увеличивают мощность итогового сигнала. За это в ФАР отвечают фазовращатели (рис. 1).

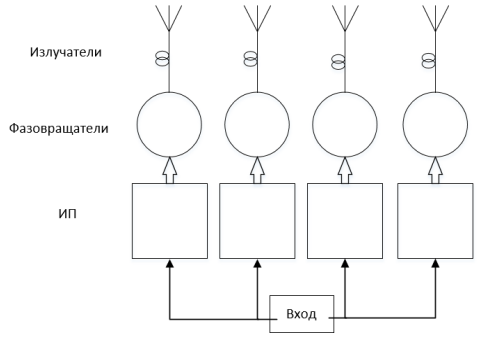


Рис. 1

Антенная решётка может характеризоваться такими параметрами, как диаграмма направленности (и её параметры, такие, как ширина и КНД), количество излучателей, угол обзора, диапазон рабочих частот и геометрические размеры. Каждый из этих параметров влияет на ТТХ всей РЛС.

Также стоит упомянуть об особом типе ФАР — многолучевых. Это относительно новые системы, которые за счёт количества излучателей (и соответствующих средств управления и обработки) могут изменять ДН таким образом, что формируется несколько независимых лучей. Такая ФАР является достаточно сложной в производстве, а потому устанавливается только на крупных кораблях и объектах.

Ключевыми параметрами РЛС являются разрешение, габариты, а также дальность работы. В данный момент эти проблемы частично решаются с помощью развития интегральных микросхем в качестве фазовращателя [1]. Они позволяют повысить степень интеграции и тем самым уменьшить количество дискретных элементов (а заодно и значительно облегчить). Кроме этого, они имеют большую устойчивость к высоким напряжениям, что поможет при дальнейшем наращивании характеристик РЛС. Улучшить компактность также позволяет использование оптоволоконных кабелей вместо волноводов (рис. 2). Такое решение имеет ряд преимуществ. Оно отличается большей помехозащищённостью, а также позволяет повысить электромагнитную совместимость. Кроме того, оно может позитивно повлиять при необходимости расширить рабочую полосу. Расширение рабочей полосы методом, указанным выше и с помощью доработки параметров излучателей, может быть полезно ввиду улучшения помехоустойчивости, большего разрешения и вероятности обнаружения некоторых объектов и в работе многолучевых ФАР.

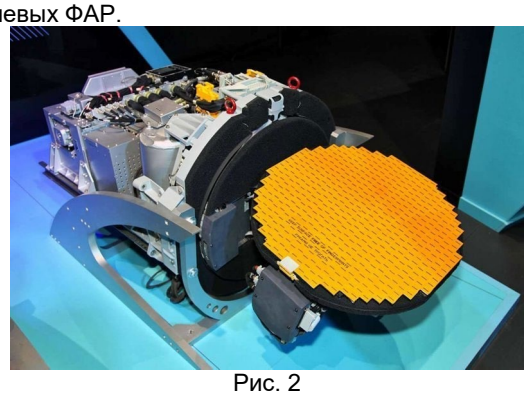


Рис. 2

3. Заключение

Рассмотрены текущие ограничения в работе, выявлены основные направления развития и технологические решения для преодоления существующих ограничений в дальности, разрешающей способности и габаритах бортовых РЛС.

4. Список литературы

[1] Бенсон, К. Управление фазированными антенными решётками с помощью инновационных микросхем / К. Бенсон. — М. : СВЧ Электроника, 2021. — С. 54—58.

PROSPECTS FOR THE USE OF PHASED ANTENNA ARRAYS IN ONBOARD RADARS

Protko A. A., Manko A. S.
Scientific adviser: Manko A. S.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the general design of phased array antennas, their main types, as well as the limitations of modern radar based on headlamps and methods of overcoming them, have been considered.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОД ВОДОЙ

Долженко А. С., Русаков В. И., Коломоец Н. А., Широков И. Б.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия

Аннотация — Задачи навигации под водой требуют точного измерения расстояния между объектами, однако существующие амплитудные методы измерения дальности имеют высокую погрешность, а более точные фазовые методы, использующие низкочастотные магнитные антенны. требуют больших габаритов оборудования и значительных затрат энергии. Предлагаемое решение устраняет эти недостатки за счёт применения комбинированного магнитно-акустического фазового метода с использованием высоких частот.

1. Введение

Современные задачи подводной навигации и управления требуют высокоточного измерения расстояний между объектами. Традиционные амплитудные методы обладают значительной погрешностью. Существующие фазовые способы, использующие для передачи сигнала рамочные магнитные антенны в звуковом диапазоне, имеют серьёзные недостатки: большие габариты антенн, высокое энергопотребление и ограниченную чувствительность приёмник.

2. Основная часть

Работает устройство, схема которого показана на рис. 1, следующим образом. С помощью генератора непрерывных колебаний первоначально генерируют непрерывные колебания с известной частотой F_1 , начальной фазой ϕ_{01} и амплитудой U_0

$$u_1(t) = U_0 sin(2\pi F_1 + \phi_{01}).$$

Частота этих колебаний выбирается невысокой. Значение частоты этих колебаний лежит в звуковом диапазоне длин волн. Эти колебания подают на вход модуляции передатчика высокой частоты сверхдлинных или длинных или средних или коротких волн, генерирующего сигнал с высокой частотой f. При демодуляции этого сигнала этот набег фазы пропадает. Принимающий аппарат улавливает модулированное переменное магнитное поле приёмной рамочной магнитной антенной, а акустическую волну улавливает приёмным акустическим преобразователем. Сигнал, принятый рамочной магнитной антенной, усиливают и демодулируют, в результате чего получают сигнал низкой частоты, после чего измеряют и фиксируют разность фаз между данными колебаниями и сигналом на выходе приёмного акустического преобразователя, после чего генерируют непрерывные колебания

с известной фиксированной частотой F_2 и повторяют всю процедуру модуляции, излучения, приема, демодуляции переменного магнитного поля, излучения и приема акустической волны а также измеряют и фиксируют разность фаз $\Delta\phi_{m2}$ между непрерывными колебаниями низкой частоты, формируемыми на выходе приёмника сигналов высоких частот и на выходе приёмного акустического преобразователя, после чего определяют разность фаз $\Delta\phi = \Delta\phi_{m1} - \Delta\phi_{m2}$, при этом расстояние между передающим акустическим преобразователем и приёмным акустическим преобразователем определяют по формуле:

$$D = \Delta\phi c_a / 2\pi(F_1 - F_2),$$

где c_a — скорость звука в среде распространения, причём место размещения передающей и приёмной рамочных магнитных антенн не имеет значения.

3. Заключение

Реализация системы по данному подходу новые технические свойства, заключающиеся в снижении габаритов и массы рамочных магнитных антенн, работающих на более высоких частотах, а также снижение мощности излучения переменного магнитного поля высокой частоты, что можно скомпенсировать усилением сигналов высокой частоты в приёмнике.

UNDERWATER RANGE MEASUREMENT SYSTEM

Dolzhenko A. S., Rusakov V. I., Kolomoets N. A.,
Shirokov I. B.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Underwater navigation tasks require accurate measurement of the distance between objects, but existing amplitude-based range measurement methods have high error rates, and more accurate phase-based methods using low-frequency magnetic antennas require large equipment and significant energy consumption. In the proposed solution, these issues were addressed by using a combined magnetic-acoustic phase method with high frequencies.

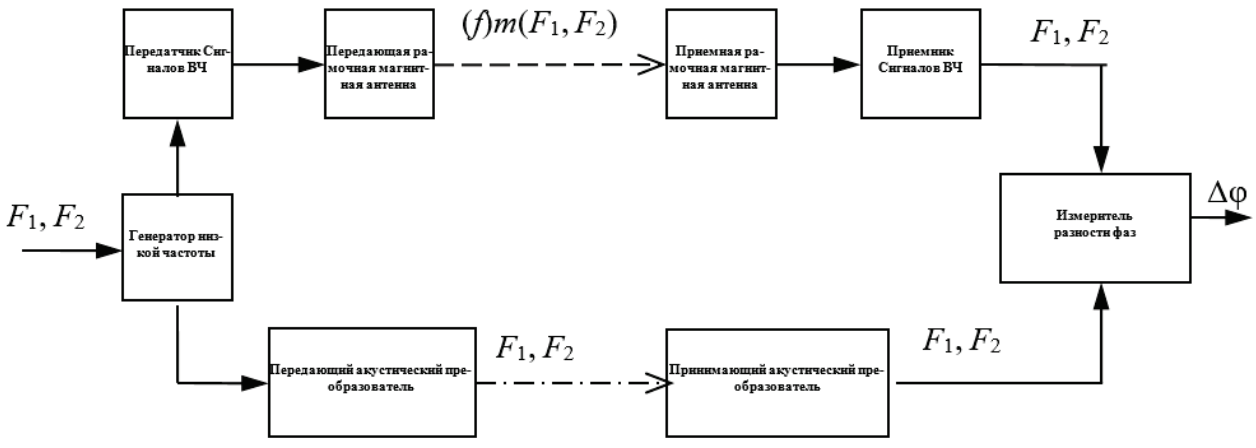


Рис. 1

Испытательный центр «Омега» — Филиал ФГАУ «Национальный исследовательский центр телекоммуникаций имени М. И. Кривошеева» в г. Севастополе

г. Севастополь,
ул. Вакуленчука, 29
Тел. +7 (8692) 53-70-72, +7 (978) 057-64-79
Факс: +7 (8692) 46-96-79
http://stcomega.ru

Создан в г. Севастополе в 1968 году как базовый испытательный центр предприятий — разработчиков и изготовителей аппаратуры радиосвязи морской и сухопутной подвижной службы. Сегодня Испытательный центр «Омега» это технически компетентная и независимая лаборатория, которая предоставляет услуги по сертификационным испытаниям продукции.

Секция 2

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Фирсова Е. А., Стукалова В. С., Телегина В. О., Преображенский А. П.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Преображенский А. П.
Воронежский институт высоких технологий, Россия
E-mail: komkovvivt@yandex.ru

Аннотация — В работе даны предложения по формированию методики, на основе которой можно проводить управление киберфизическими системами. Она базируется на комбинации метода экспертных оценок, математического моделирования и оптимизационных подходов.

1. Введение

В настоящее время можно отметить в различных сферах активное развитие киберфизических систем. Вследствие того, что их структура является сложной, а также используется большое число показателей, существуют определенные трудности в управлении такими системами. В данной работе даются предложения по формированию методики управления киберфизическими системами.

2. Основная часть

В ходе проведения формирования модели киберфизической системы будем считать, что суммарное число показателей F_i $(i = \overline{1,I})$ в ней будет I. Необходимо, основываясь на таких показателях, осуществлять требуемые управленческие воздействия $U_n\,(n = \overline{1,N})$. Чтобы эти воздействия реализовывать на практике, необходимо определить степень важности показателей F_i $(i = \overline{1,I})$. Мы предлагаем для этого использовать метод экспертных оценок, в котором осуществляется процесс парного сравнения показателей. В ходе рассмотрения признаков перед тем, как формировать шкалу их важности, необходимо реализовать процесс ранжирования по их значимости [1]. В ходе процесса моделирования можно по каждому из управленческих решений U_n осуществить сопоставление наборов весовых коэффициентов q_{in}. Кроме того, необходимо обозначить граничные значения по весовым коэффициентам для U_n, которые будут связаны со значимостью каждого из показателей q_{in}^{2p}. Предлагается применять такие булевы оценки:

$$C_{in} = \begin{cases} 1, \text{если } q_{in} \ge q_{in}^{2p} \\ 0, \text{в противном случае}, i = \overline{1,I}\ ,\ n = \overline{1,N} \end{cases}.$$

Вводятся соответствующие альтернативные переменные:

$$x_i = \begin{cases} 1, \text{если i - й показатель включается в множество} \\ \text{показателей для управления} \\ 0, \text{в противном случае},\ I = \overline{1,I} \end{cases}$$

В ходе исследований необходимо осуществить выбор такого количества показателей, чтобы для любого из управленческих действий применялось не менее, чем C_n, показателей. Тогда можно представить оптимизационную модель следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{I} x_i \to \min,$$

$$\sum_{i=1}^{I} c_{in} x_i \ge C_n, n = \overline{1,N},$$

$$xi = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} i = \overline{1,I}.$$

В ходе анализа показателей в определенные моменты времени проводится их прогнозирования для заданных моментов времени на основе сформированной регрессионной модели. Когда создаются ресурсы в киберфизических системах, то используется многоканальный принцип. Информация распространяется от разных источников. Мы выделили соответствующую систему, на базе которой происходит обработка информации, которая идет по разным каналам [2]. В ходе анализа заданной киберфизической системы в ней было выделено 37 модулей, 63 показателя. На основе предложенного подхода повышение эффективности киберфизической системы составило 8%.

3. Заключение

Даны предложения по сопоставлению множества управляющих воздействий и множества параметров систем В ходе построения модели использована комбинация экспертного и оптимизационного подхода. Показано, как использовать различные виды ограничений в моделях. Получены результаты, показывающие возможности оптимизации функционирования киберфизической системы.

4. Список литературы

[1] Lvovich, I. Modeling the processes of increasing the efficiency of the internet of things system / I. Lvovich, Y. Lvovich, A. Preobrazhenskiy // Proc. Intern. Conf. on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2022). — 2022. — P. 1030—1034.

[2] Lvovich, I. Modeling the classification of internet of things objects by failures / I. Lvovich, Y. Lvovich, A. Preobrazhenskiy //Proc. Intern. Conf. on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM 2022). — 2022. — P. 1035—1039.

METHODOLOGY DEVELOPMENT FOR IMPROVING EFFICIENCY MANAGEMENT OF CYBERPHYSICAL SYSTEMS

Firsova E. A., Stukalova V. S., Telegina V. O., Preobrazhenskiy A. P.
Scientific adviser: Preobrazhenskiy A. P.
Voronezh Institute of High Technologies, Russia

Abstract — In the paper, proposals for the formation of a methodology on the basis of which it is possible to control cyber-physical systems were provided. It is based on a combination of the method of expert assessments, mathematical modeling and optimization approaches.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Уланова Ю. А., Сафонова А. О., Соколов А. С., Преображенский А. П.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Преображенский А. П.
Воронежский институт высоких технологий, Россия
E-mail: komkovvivt@yandex.ru

Аннотация — В работе даются предложения по разработке интегрированной модели управления жизненным циклом проектов киберфизических систем с использованием методов искусственного интеллекта. Можно применять разработанный подход в реальных проектах для повышения автоматизации процессов управления, точности прогнозирования результатов и адаптивности решений в условиях неопределённости.

1. Введение

Киберфизические системы активным образом применяются в таких критически важных отраслях, как промышленное производство, энергетика, транспортная инфраструктура и здравоохранение. Это обусловливает необходимость их устойчивого и безопасного функционирования на всех этапах жизненного цикла. Основной целью настоящего исследования является формирование модели управления киберфизическими системами, ориентированной на оптимизацию их жизненного цикла за счёт применения методов искусственного интеллекта.

2. Основная часть

Жизненный цикл киберфизической системы [1] состоит из нескольких ключевых этапов: проектирование, внедрение, эксплуатация, модернизация и вывод из эксплуатации. На каждом из них методы искусственного интеллекта применяются для анализа данных, прогнозирования, принятия решений и оптимизации процессов.

1. На этапе проектирования используются генетические алгоритмы, нейронные сети, *NLP* (обработка естественного языка), цифровые двойники.

2. На этапе внедрения / реализации используются компьютерное зрение, планирование на основе ИИ, временные ряды, *reinforcement learning*.

3. На этапе эксплуатации используются предиктивная аналитика, *IoT* + *ИИ*, *anomaly detection*, *deep learning*, *digital twin*.

4. На этапе модернизации / реконструкции используются *A*/*B* тестирование, *sentiment analysis*, рекомендательные системы.

5. На этапе вывода из эксплуатации / демонтажа используются *big data analytics*, *digital twin*, *decision trees*.

Была разработана обобщённая модель оценки совокупной стоимости жизненного цикла (*Total Cost of Ownership — TCO*), отражающая ключевые статьи затрат и потенциальные направления экономии на всех этапах функционирования системы. Расчёты модели производятся на основе усреднённых отраслевых показателей, экспертных заключений и эмпирических данных, полученных в ходе экспериментального тестирования. Такой подход позволяет получить прогнозируемую оценку экономической эффективности, а также выявить наиболее чувствительные элементы системы, способные оказывать существенное влияние на итоговые значения затрат и ожидаемой выгоды. Для количественной оценки экономической эффективности внедрения разработанной интеллектуальной модели управления киберфизической системой предлагается формализованная модель, основанная на сравнении совокупных затрат при использовании традиционного подхода к техническому обслуживанию с затратами, возникающими при переходе к управлению, основанному на искусственном интеллекте [2]. Для оценки эффективности определены следующие критерии:

— суммарное время простоя;
— совокупные издержки на обслуживание;
— общий объём энергопотребления;
— точность прогнозов (*accuracy*, *recall*, *F*-мера);
— интегральный показатель общей устойчивости и надёжности системы.

Модель ориентирована на устойчивую, масштабируемую и интеллектуальную работу в условиях реального времени с учётом вычислительных ограничений и интеграции с существующими системами.

Архитектура киберфизической системы построена на принципе замкнутого цикла: сенсорные данные обрабатываются, анализируются и преобразуются в управляющие сигналы, которые воздействуют на физическую систему. Обновлённые данные возвращаются в информационный контур, обеспечивая постоянное обновление цифровой модели и точность управляющих решений. Такая структура гарантирует адаптивность, гибкость и высокую точность прогнозов в динамичных условиях эксплуатации. В качестве базового механизма обучения стратегии управления используется метод глубокого обучения с подкреплением (*Deep Reinforcement Learning*, *DRL*). Дополняющим инструментом, ориентированным на анализ структурных зависимостей между компонентами системы, является метод графовых нейронных сетей (*Graph Neural Networks*, *GNN*).

3. Заключение

Разработана интегрированная интеллектуальная модель управления жизненным циклом киберфизических систем. Она связана с применением машинного обучения, обучения с подкреплением и технологией цифровых двойников.

4. Список литературы

[1] Вишняков, П. А. Управление жизненным циклом киберфизических систем / П. А. Вишняков. — М. : Книга. — 2021. — 340 с.
[2] Васильев, В. И. Обучение с подкреплением и его применения в киберфизических системах / В. И. Васильев. — М. : Инфра-М. — 2020. — 215 с.

CYBER-PHYSICAL SYSTEMS LIFECYCLE MANAGEMENT

Ulanova Yu. A., Safonova A. O., Sokolov A. C.,
Preobrazhenskiy A. P.
Scientific adviser: Preobrazhenskiy A. P.
Voronezh Institute of High Technologies, Russia

Abstract — In the paper, proposals for the development of an integrated model for managing the life cycle of cyber-physical systems projects using artificial intelligence methods are provided. It is possible to apply the developed approach in real projects to increase the automation of management processes, the accuracy of forecasting results and the adaptability of decisions in conditions of uncertainty.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В «УМНЫХ ДОМАХ» С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шурлов А. А., Ал Кхоури И. Д., Лехкар И. П., Телешева А. А., Мурзин Д. Г.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: d.g.murzin@sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрена роль искусственного интеллекта и применение глубокого обучения с подкреплением в оптимизации энергопотребления в системах «умный дом». В ней поднимается тема актуальности энергосбережения в «умных домах».

1. Введение

В контексте глобального роста энергопотребления и стремления к устойчивому развитию вопрос энергоэффективности становится особенно актуальным. Системы жизнеобеспечения современных зданий потребляют значительную часть мировой энергии, что делает их ключевым объектом для внедрения энергосберегающих технологий [1, 2]. В связи с этим концепция «умных домов» приобретает все большее значение, предлагая интеграцию современных технологий для оптимизации использования ресурсов и повышения комфорта проживания. В статье рассматривается методология обучения искусственного интеллекта (ИИ) и делается акцент на том, чтобы объяснить, как с ее помощью можно оптимизировать потребление энергии в системах «умный дом».

2. Основная часть

Применение ИИ в управлении энергопотреблением открывает новые возможности для повышения эффективности. ИИ может анализировать большие объемы данных, включая информацию о погодных условиях, привычках жителей и тарифах на электроэнергию, для оптимизации работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [3]. Например, использование ИИ для управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования позволяет снизить энергопотребление и выбросы углерода на 8—19% [1]. Для оптимизации энергопотребления в умном доме предлагается метод глубокого обучения с подкреплением (*DRL*).

Метод *DRL* позволяет агенту выработать оптимальную стратегию управления энергопотреблением, взаимодействуя с окружающей средой («умный дом») и обеспечить достижение целевых показателей. В этом случае агент научится управлять различными устройствами «умного дома» (освещение, отопление, кондиционирование воздуха, бытовая техника), чтобы минимизировать потребление энергии при сохранении комфортных условий для жильцов.

Система оптимизации энергоснабжения основана на взаимосвязанных компонентах, работающих как единый механизм (рис. 1). Центральным элементом управления является искусственный интеллект. Он служит аналитическим центром и обрабатывает данные о потреблении энергии в режиме реального времени из сети ваттметров, установленных на каждой электрической линии.

Датчики точно фиксируют рабочие параметры всех потребителей — от осветительных приборов до оборудования, подключенного к группам розеток. В системе используется набор интеллектуальных реле для непосредственного управления нагрузкой — исполнительных механизмов. Эти современные коммутационные устройства включают или выключают цепи на основе команд искусственного интеллекта. Это обеспечивает динамическое распределение нагрузки.



Рис. 1

Так, предлагаемая система может временно отключить подачу электроэнергии, чтобы снизить общую нагрузку, при обнаружении неиспользуемых потребителей в определенных помещениях.

3. Заключение

В заключение, по сравнению с традиционными методами, интеграция искусственного интеллекта в системы управления энергопотреблением «умного дома» позволяет значительно экономить энергию. Искусственный интеллект обеспечивает динамическую адаптацию к изменяющимся условиям, включая поведение жителей, погодные факторы и колебания тарифов на электроэнергию, в отличие от пассивных энергосберегающих технологий (например, воздухонепроницаемых окон).

4. Список литературы

[1] Филиппов, М. А. Использование искусственного интеллекта для управления умным домом / М. А. Филиппов // Международный научный журнал «Символ науки». — 2023. — № 4-2. — С. 31—32
[2] Анализ технологий глубокого обучения с подкреплением для систем машинного зрения / И. Б. Широков, С. В. Колесова, В. А. Кучеренко, М. Ю. Серебряков // Известия ТулГУ. Технические науки. — 2022. — Вып. 10. — С. 118—120.
[3] Кузнецов, А. Н. Глубокое обучение с подкреплением для управления энергопотреблением / А. Н. Кузнецов, И. В. Лебедев // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2021. — № 2. — С. 56—72.

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN SMART HOMES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Shurlov A. A., Al Khouri I. D., Lehkar I. P.,
Telesheva A. A., Murzin D. G.
Scientific adviser: Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The role of artificial intelligence and the use of deep reinforcement learning in optimizing energy consumption in smart homes is considered. It raises the topic of the relevance of energy saving in smart homes.

ОЦЕНКА ЗАДЕРЖЕК В СЕТЯХ С БИНАРИЗОВАННЫМИ ПРОФИЛЯМИ АКТИВНОСТИ УЗЛОВ НА ОСНОВЕ *ON*/*OFF*-МОДЕЛЕЙ

Тымченко Н. С., Маркелов О. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук Маркелов О. А.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Россия
E-mail: ntymchenko@etu.ru

Аннотация — Представлены предпосылки использования *ON*/*OFF*-модели активности узлов для оценки задержек в сети Интернет.

1. Введение

Современные информационные системы широко применяются как в быту, так и на предприятиях. Однако их эффективность снижается из-за возможных временных задержек при передаче информации. Анализ и моделирование этих задержек помогают улучшить качество услуг и точнее прогнозировать сетевой трафик.

2. Основная часть

В работах [1—3] произведён вывод аналитической поправки к формуле Кингмана для оценки задержек в высоконагруженном режиме, то есть рассмотрению серверных узлов с коэффициентом активности $K_{activ} = 1$, однако с ростом популярности технологий *IoT* все чаще необходимо производить оценку и для конечных пользователей несмотря на то, что доля их трафика в общем объеме незначительна, что показано на рис. 1.

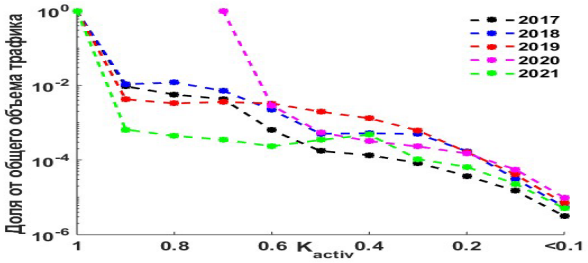


Рис. 1

Эмпирические данные трафика собраны из точки доступа академической сети *MAWI*. Записи суточных дампов за 2017—2021 г. отсортированы по K_{activ} с использованием метода Оцу, который позволяет разделить трафик на «полезный» и «фоновый», рассчитывая порог с минимальной внутриклассовой дисперсией для каждого узла. Процедура биномиризации осуществлялась путем поэлементного умножения матрицы Оцу на интенсивность поступления данных *C*. *ON*/*OFF* процесс существенно упрощает математические алгоритмы, но при этом практически не вносит погрешности, что видно из рис. 2,а. Переход к моделированию *ON*/*OFF* процессов обусловлен тем, что, для $K_{activ} \neq 1$ присущи простои. Для всех периодов наблюдения характерен пик одновременной активности в течение 10 часов: с 9.00 до 19.00, то есть в рабочее время, минимум приходится на ночные часы: с 2.00 до 7.00.

При анализе высоконагруженных сетей ранее применялся коэффициент корреляции Пирсона (*cor*), при котором нули рассматриваются как значимые значения; искажаются результаты при множестве пропусков; требуются равномерно распределенные данные. Однако для временных рядов с простоями (неинформативными нулями) более эффективен косинусный коэффициент сходства (*cosSim*), так как игнорирует неинформативные нули в обоих векторах; устойчив к разреженным данным; фокусируется на направлении векторов, а не на масштабе, что показано на рис. 2.

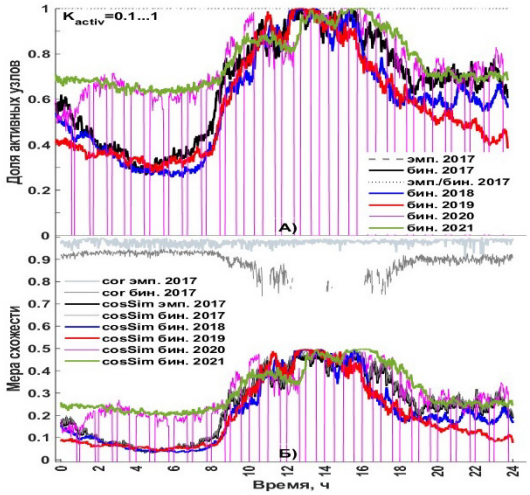


Рис. 2

3. Заключение

Описанные предпосылки будут использованы для адаптации аналитической модели во любых режимах работы. Применение косинусного коэффициента сходства и *ON*/*OFF*-моделей активности узлов позволит сократить погрешность оценки времени задержки.

4. Список литературы

[1] Маркелов, О. А. Оценка задержек в сетях с согласованной динамикой поступлений / О. А. Маркелов, Н. С. Тымченко, М. И. Богачев // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. — 2025. — Т. 28. — № 3. С. 57—72.

[2] Bogachev, M. I. Approximate waiting times for queuing systems with variable cross-correlated arrival rates / M. I. Bogachev, N. S. Pyko, N. Tymchenko, S. A. Pyko, O. A. Markelov // Physica A : Statistical Mechanics and its Applications. — 2024. — Vol. 654. — Art. № 130152.

[3] Тымченко Н. Оценка времени запаздывания в информационных сетях / Н. Тымченко, О. А. Маркелов // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: сб. науч. тр. — 2024. — № 7. — С. 63.

ESTIMATION OF DELAYS IN NETWORKS WITH BINARIZED NODE ACTIVITY PROFILES BASED ON ON/OFF MODELS

Tymchenko N.S., Markelov O. A.
Scientific adviser: Markelov O. A.
Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Russia

Abstract — The rationale for using ON/OFF node activity models to estimate delays on the Internet is presented.

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛЬНО-КОДОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ СЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Гаспарян Р. Р., Савочкин А. А., Ночовный А. Д.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Савочкин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: rrgasparyan@ sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрены перспективные технологии физического уровня для систем связи 6*G*, включая методы модуляции, множественного доступа и канального кодирования. Основное внимание уделено преодолению фундаментальных ограничений современных технологий. Предложена и подробно рассмотрена новая гибридная схема модуляции, сочетающая преимущества квадратурной амплитудной модуляции и амплитудно-фазовой манипуляции с адаптивным фазовым сдвигом. Приведены варианты конфигурирования иерархического созвездия для оптимизации предложенной схемы.

1. Введение

Современный этап развития телекоммуникационных технологий характеризуется стремительным ростом требований к пропускной способности, надежности и энергоэффективности систем мобильной связи [1]. Переход к стандартам 5*G Beyond* и 6*G* требует принципиально новых подходов к проектированию сигнально-кодовых конструкций для поддержки разнородных сценариев использования. В работе приводятся методики анализа и оптимизации ключевых компонентов физического уровня: перспективных методов множественного доступа, модуляционных схем и классов канального кодирования. Особое внимание уделено обеспечению соответствия жестким требованиям к спектральной маске, величине вектора ошибки и пик-фактору мощности при синтезе адаптивных систем.

2. Основная часть

Канальное кодирование для систем 6*G*. Эффективность канального кодирования в системах 6*G* оценивается по вероятности ошибки (*BER*), задержке декодирования и вычислительной сложности. В отличие от турбокодов 4*G*, в системах 5*G*/6*G* доминируют *LDPC*-коды для данных и полярные коды для управления. *LDPC*-коды обеспечивают гибкость длин блоков и адаптацию к *HARQ*, а полярные коды достигают пропускной способности канала за счет поляризации [2].

Модуляция и множественный доступ. Традиционные *OFDMA*-схемы имеют высокое значение параметра *PAPR* и требуют строгой синхронизации. Для 6*G* перспективны неортогональные методы (*NOMA*, *SCMA*) и гибридные схемы (*RSMA*). Среди модуляционных схем выделяются *QAM*, *APSK* и *OFDM-IM*, оцениваемые по *EVM*, *PAPR* и спектральной эффективности [3].

На основе анализа ограничений существующих модуляционных схем предлагается гибридная схема модуляции для систем 6*G*. Потенциально формирования эффективных сигналено-кодовых конструкций важно и в системах подводной связи [4]. Ключевые особенности предложенного решения:

— иерархическая структура созвездия с внутренними *QAM*- и внешними *APSK*-элементами;

— применение принципов индексной модуляции для снижения *PAPR*;

— адаптивный фазовый сдвиг, оптимизированный под текущее отношение сигнал/шум.

Математическая модель сигнала имеет вид:

$$s(t) = \sum_{k \in A} (a_k e^{j\phi k} \cdot e^{j\theta}) g(t - kT),$$

где A — множество активных индексов, $g(t)$ — импульсная характеристика.

Согласно проведенным расчетам для порядка модуляции M=64, конфигурация с внутренним *QAM* и внешним *APSK* обеспечивает *PAPR* = 2,79 дБ, что на 3,13 дБ лучше альтернативной конфигурации. Результаты моделирования для порядков от 16 до 4096 подтверждают эффективность предложенного подхода, обеспечивающего выигрыш по *PAPR* в 1,5—3 дБ по сравнению с классическими *APSK* при сохранении устойчивости к нелинейным искажениям.

3. Заключение

Проведенный анализ подтверждает перспективность развития сигнально-кодовых конструкций для систем 6*G* на основе гибридных решений. Предложенная схема модуляции, сочетающая иерархическое созвездие (*QAM*/*APSK*) с адаптивным фазовым сдвигом, демонстрирует потенциал для достижения оптимального баланса между спектральной эффективностью, энергоэффективностью и устойчивостью к нелинейным искажениям. В сочетании с перспективными методами множественного доступа и канального кодирования это открывает путь к созданию высокопроизводительных систем связи следующего поколения.

4. Список литературы

[1] Системы связи 6G : концепция, тренды, технологии физического уровня / Д. А. Покаместов [и др.] // Радиотехника и электроника. — 2024. — Т. 69. — № 1. — С. 3—33.
[2] Xu, J. Channel Coding in 5G New Radio / J. Xu, Y. Yuan. — CRC Press, 2022. — 330 p.
[3] 6G : The Next Horizon : From Connected People and Things to Connected Intelligence / W. Tong [et al.]. — Cambridge University Press, 2021. — 490 p.
[4] Широков, И. Б. Практические аспекты построения систем беспроводной подводной оптической связи для телекоммуникационных приложений / И. Б. Широков, В. В. Головин, Е. А. Редькина, И. В. Сердюк, П. П. Овчаров // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. — Т. 16. — № 1. — С. 31-42.

SIGNAL-CODE DESIGN SCHEME FOR NEXT GENERATION MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

Gasparyan R. R., Savochkin A. A., Nochovniy A. D.
Scientific adviser: Savochkin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Promising physical-level technologies for 6G communications systems, including modulation, multiple access and channel coding techniques, have been considered. The main focus is on overcoming the limitations of modern technologies. A new hybrid modulation scheme combining the advantages of quadratic amplitude modulation and amplitude-phase manipulation with adaptive phase modulus has been proposed and discussed in detail. The options of configuration of the hierarchical constellation for optimization of the proposed scheme are given.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ 4*G*/5*G* НА БАЗЕ *LIMESDR USB*

Симионенко Н. А., Хохлова А. В., Ложкин Д. С., Гаспарян Р. Р.
Научный руководитель: Гаспарян Р. Р.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: rrgasparyan@sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрены особенности развертывания и функционирования сети мобильной связи 4*G*/5*G* на базе программно-определяемого радиомодуля *LimeSDR USB*. Приведены варианты конфигурирования ключевых параметров базовой станции и пользовательского оборудования, включая настройку ядра 5*G* на основе *Open*5*GS*.

1. Введение

Современные исследования в области мобильной связи требуют гибких и доступных аппаратных платформ. Программно-определяемые радиосистемы, такие как *LimeSDR USB*, в сочетании с программными комплексами *srsRAN* и *Open*5*GS* позволяют реализовать полный стек протоколов связи стандартов 4*G* и 5*G* в лабораторных условиях.

2. Основная часть

Программный комплекс *srsRAN Project* включает три основных компонента с расширенными возможностями конфигурации. Базовая станция *srsENB* использует конфигурационные файлы *enb.conf* для основных параметров, *rr.conf* для настройки радиорелейной связи и *sib.conf* для конфигурации системных информационных блоков. Пакетное ядро сети *srsEPC* включает конфигурации *mme.conf* для *Mobility Management Entity* и *spgw.conf* для настроек *Serving* и *PDN Gateway*. Пользовательское оборудование *srsUE* использует *ue.conf* как основной конфигурационный файл и *drb.conf* для настройки *bearers* данных [1].

В конфигурации базовой станции важное значение имеют параметры радиоканала. Частота нисходящего канала устанавливается через параметр *dl_earfcn*, который определяет *EARFCN* в диапазоне от 0 до 65535. Усиление передатчика *tx_gain* может варьироваться от 0 до 89 дБ, а усиление приемника *rx_gain* также имеет диапазон 0—89 дБ. Тип *SDR*-устройства задается через параметр *device_name* со значением *lime* для *LimeSDR USB*.

В разделе конфигурации радиодоступа *E-UTRA* параметр *n_rb_dl* определяет число ресурсных блоков в нисходящем канале и может принимать значения от 6 до 110. Идентификатор соты *cell_id* устанавливается в диапазоне от 0 до 503, а физический идентификатор соты *pci* может принимать значения от 0 до 1007. Для конфигурации *PUSCH* используется параметр *pusch_hopping_offset*, определяющий схему частотного хоппинга [1].

Конфигурация физического уровня включает параметр *p_a* для управления выходной мощностью в диапазоне от –6 до 3 дБ, и параметр *p_b* для распределения мощности *PDSCH* со значениями от 0 до 3. Смещение частоты для *PRACH* задается через *prach_freq_offset*, а индекс конфигурации *PRACH* определяется параметром *prach_config_index*.

Система *Open*5*GS* предоставляет полную реализацию ядра 5*G* (5*GC*) с поддержкой сервисной и ориентированной на сервисы архитектуры. Основные компоненты включают *AMF* (*Access and Mobility Management Function*), *SMF* (*Session Management Function*) и *UPF* (*User Plane Function*) [2].

В конфигурации *AMF* ключевыми параметрами являются порт для взаимодействия с базовыми станциями (чаще всего 38412), идентификатор *PLMN* (*Public Land Mobile Network*) и настройки безопасности. Параметр *guami* определяет *Globally Unique AMF Identifier*, состоящий из *MCC* (*Mobile Country Code*), *MNC* (*Mobile Network Code*) и *Region ID*.

SMF конфигурируется для управления сессиями пользователей с установкой параметров таких как список поддерживаемых *DNN* (*Data Network Names*), настройки адресации *PDU Session* и параметры *QoS*. Особое внимание уделяется конфигурации *UPF*, где задаются правила маршрутизации пользовательского трафика, включая интерфейсы *N*3 и *N*6.

Для аутентификации и управления абонентами в *UDM* (*Unified Data Management*) и *AUSF* (*Authentication Server Function*) настраиваются параметры безопасности, включая алгоритмы аутентификации и ключи. В *UDR* (*Unified Data Repository*) хранятся профили абонентов с указанием подписок на сервисы и параметров *QoS*.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены особенности функционирования системы мобильной связи 4*G*/5*G* на базе программно-определяемого радиомодуля *LimeSDR USB* [3, 4]. Определена практическая возможность реализации полного стека протоколов связи с использованием *srsRAN Project* и *Open*5*GS*, что подтверждает перспективность использования *SDR*-платформ и открытого программного обеспечения для исследований в области мобильной связи.

4. Список литературы

[1] srsRAN Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.srsran.com/en/latest.
[2] Introduction to Open5GS [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://open5gs.org/open5gs/docs/guide/01-quickstart/
[3] Implementation of the limesdr-based LTE mobile base station radio path / R. Gasparyan, A. Nefedov, S. Petrushin, A. Savochkin // Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies. — 2023. — No. 2(2). — P. 57—62.
[4] Pastukh, A. Compatibility studies between 5G IOT networks and fixed service in the 6425—7125 MHz band / A. Pastukh, E. Deviatkin, V. Tikhvinskiy, A. Kulakaeva // 2021 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology, EMCTECH 2021 — Proceedings. 2021.

STUDY OF 4G/5G MOBILE COMMUNICATION SYSTEM BASED ON LIMESDR USB

Simionenko N. A., Khokhlova A. V., Lozhkin D. S., Gasparyan R. R.
Scientific adviser: Gasparyan R. R.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The features of deployment and functioning of 4G/5G mobile communication network based on the pro-gram-defined radio module LimeSDR USB were considered. Options for configuring key parameters of the base station and user equipment, including 5G kernel configuration based on Open5GS are provided.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ *IP*-ТЕЛЕФОНИИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ *ASTERISK*

Ажицкий А. Д.[1], Новикова Т. В.[1, 2]
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: artemiy2003@gmail.com

Аннотация — Разработана логическая схема локальной сети небольшого предприятия с внедрением системы *IP*-телефонии на основе сервера *Asterisk*. Произведен выбор сетевого оборудования. Проведено экспериментальное исследование работы системы *IP*-телефонии, а также моделирование работы сети с сегментированием трафика отделов.

1. Введение

Вопросы реализации коммуникаций на предприятиях по-прежнему не теряют свою актуальность, поскольку предприятия должны иметь быстрый и надёжный доступ к системам связи. На текущий день в мире существует множество различных методов реализаций систем *IP*-телефонии на предприятии. при этом принципы реализации системы, адаптированной под различные офисные пространства продолжают усовершенствоваться и по сей день. В докладе приводится разработанный алгоритм установки и обеспечения *IP*-телефонии на основе использования программного обеспечения *Asterisk*.

2. Основная часть

В работе был разработана система *IP*-телефонии и алгоритм ее настройки для небольшой локальной сети (рис. 1).

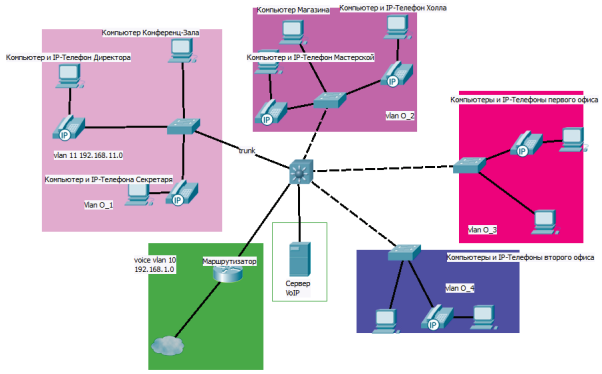


Рис. 1

Основной операционной системой для сервера был выбран *Debian* с графическим интерфейсом *FreePBX* [1]. Для унификации работы системы с различными устройства в локальной сети, был выбран программный телефон *Zoiper*, кроссплатформенная программа (*Windows*, *Linux*) [2]. В качестве системы телефонии выбран *Asterisk*, обеспечивающий быстрое развертывание системы и хорошую адаптацию к различным вариантам небольших корпоративных локальных сетей. В ходе работы разработан алгоритм настройки сервера *IP*-телефонии, который разделялся на первичную общую настройку системы, а также варианты добавления абонентов сети с внутренними номерами, исходя из выделенных отделов (сегментов) предприятия.

Также в работе проанализирована концепция настройки программных и аппаратных телефонов для внедрения в систему *IP*-телефонии.

Была разработана экспериментальная сеть с развернутой системой *IP*-телефонии на основе сервера *Asterisk* и проведено исследование трафика в сети с помощью программы *Wireshark*, включая применяемые протоколы и их влияние на нагрузку сети, ее безопасность и устойчивость. Так, например, на рис. 2 представлен участок трафика при исходящем звонке.

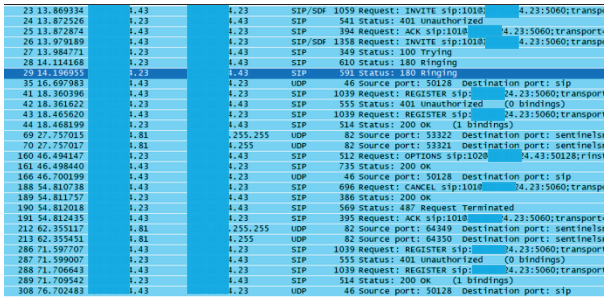


Рис. 2

Сделан вывод, о том, что при минимальной настройке сервера телефонии трафик идёт по пути устройство — сервер — устройство, что с одной стороны обеспечивает относительную безопасность с одной стороны и увеличивает трафик через сервер телефонии.

3. Заключение

Таким образом, разработана и исследована система *IP*-телефонии для небольшой локальной сети предприятия на основе сервера *Asterisk*.

Разработаны эффективные шаги установки и настройки системы, определено оптимальное программное обеспечение для выполнения поставленной задачи, анализирован трафик и сделаны выводы о безопасности и устойчивости работы сети.

4. Список литературы

[1] Дистрибутив Debian FreePBX [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://downloads.freepbxdistro.org/ISO/
[2] Zoiper [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.zoiper.com/en/voip-softphone/download/current

DESIGN OF IP TELEPHONY SYSTEM FOR AN ENTERPRISE BASED ON ASTERISK

Azhitsky A. D.[1], Novikova T. V.[1, 2]
Scientific adviser: Redkina E. A.
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — A logical diagram of a local network of a small enterprise with the implementation of an IP telephony system based on the Asterisk server has been designed. The network equipment has been selected. An experimental study of the operation of the IP telephony system was done, as well as modeling of the network operation with segmentation of departmental traffic.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТРАФИКА В СЕТИ

Калдузов Д. П., Редькина Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: deniskalduzov@mail.ru

Аннотация — Произведен обзор технологий оборудования для контроля трафика в телекоммуникационной сети. Разработаны структурная и функциональная схемы устройства контроля трафика. Рассчитан ток потребления устройства.

1. Введение

В настоящее время остро стоит вопрос обеспечения безопасности при передаче информации. В следствии чего возникает вопрос о регулировании рабочего процесса в том числе для работы с информационными источниками и каналами коммуникации. Работа посвящена разработке устройства контроля трафика сети, являющегося частью аппаратно-программной системы, внедряемой в существующую локальную сеть предприятия в ключевые точки каналов связи, например, в виде двух устройств, которые устанавливаются в разрыв линий связи между сетевым оборудованием и которые анализируют пакеты данных, передавая ключевую информацию на сервер для обеспечения адаптированного контроля и безопасности.

2. Основная часть

В трафике коммутатора все пакеты пронумерованы *VLANs* отделов. Поэтому устройство должно [1, 2]:

— передавать входной трафик на выходной порт с минимальной задержкой;

— параллельно копировать входные пакеты из трафика в память устройства (в буфер);

— извлекать заголовок пакета на канальном уровне (номер *VLAN* и *MAC* для выбора таблицы анализа, согласно правилам данного отдела, а также идентификации устройства, формирующего трафик);

— извлекать из сообщения на сетевом и транспортном уровне (по *IP*-адресу и порту);

— проводить сравнение извлечённых данных с соответствующей таблицей запрещенных адресов с выработкой и отправкой тревожного сообщения с информацией о номере *VLAN*, адресе отправителя и номером тревожного пакета, по которому можно понять, что за адрес; в момент принятия решения о посылке тревожного сообщения пришедший проанализированный пакет удаляется из буфера;

— в случае, если извлеченной информации нет в таблице запрета, то провести анализ совпадения с таблицей разрешенного, при этом в случае отсутствия извлеченных данных в таблице разрешённого, инкапсуляция и отправка всего пакета на сервер для последующего анализа администратором.

Таблицы запрещённого и разрешённого для передачи каждого *VLAN* оформляются в виде отдельных файлов, хранимых на флеш-устройстве. Они могут редактироваться удаленно через терминал. Таблицы запрета определяются разрешениями работы с сетью для каждого отдела.

Таблица разрешений может заполняться администратором вручную или может быть организован процесс «обучения» в первые дни работы устройства в локальной сети, когда все извлеченные данные, если их нет в таблице запрещенного, записываются в таблицу разрешенного. Однако такой метод требует работы с доверенными сотрудниками организации.

Тревожные пакеты, а также новые пакеты передаются устройством на специализированный сервер. Именно сервер является ключевой точкой сбора информации о трафике в сети и может выполнять роль регулятора рабочего процесса посредством сбора информации (с последующей разработкой правил для маршрутизаторов и брандмауэров в сети).

3. Заключение

Таким образом, проанализированные методы контроля и приведены современные программные и аппаратные устройства для контроля и анализа трафика. Произведен выбор основных элементов устройства контроля и проведена разработка схемы подключения всех элементов модуля управления устройства.

4. Список литературы

[1] Снифферы в тестировании: что это такое [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://sky.pro/media/sniffery-v-testirovanii-chto-eto-takoe/

[2] Что такое сниффер трафика? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-a-packet-sniffer?ysclid=mao1up0v4u679800315

DEVICE FOR MONITORING NETWORK TRAFFIC

Kalduzov D. P., Redkina E. A.
Scientific adviser: Redkina E. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A review of technologies of equipment for traffic control in a telecommunications network has been made. Structural and functional diagrams of a traffic control device have been developed. The current consumption of the device has been calculated.

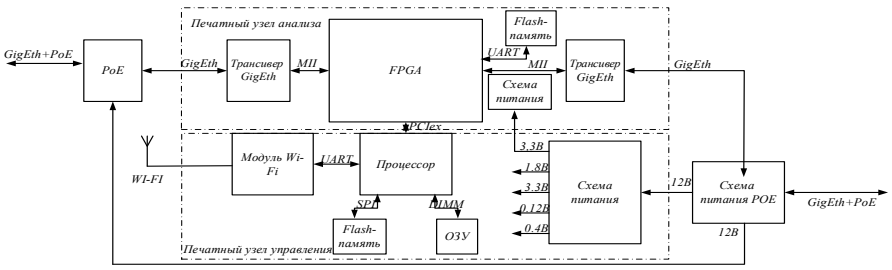


Рис. 1

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГЕКСАКОПТЕРОМ ДЛЯ ЗАБОРА И АНАЛИЗА МОРСКОЙ ВОДЫ

Орлова Д. А., Франчук А. С., Свиридов Р. А., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: levvit.t2@gmail.com

Аннотация — В исследовании рассматриваются особенности построения системы связи для беспилотного летательного аппарата (БПЛА), обеспечивающие надежность и качество передачи сигналов управления, видеоданных, телеметрии и данных первичного анализа с зонда. На основании выбранных модулей проведена оценка надежности и качества связи в зависимости от расстояния для устойчивой связи в условиях водной среды.

1. Введение

Система связи является важным компонентом системы БПЛА. Его основная задача — обеспечить двусторонний канал передачи данных между «воздухом» и «землей». Этот канал используется для дистанционного управления, передачи телеметрии и передачи информации о задачах от наземного пункта управления (базовой станции) к гексакоптеру. Дистанционное управление позволяет управлять аппаратом и его оборудованием на большом расстоянии, а телеметрия контролирует состояние БПЛА. При передаче информации о задании, данные видео и изображения, собранные бортовыми датчиками миссии, передаются на станцию управления по беспроводному каналу нисходящей линии связи.

2. Основная часть

При разработке системы связи изначально определены: тип устройства, максимальная дальность связи, вид модуляции, длительность полета. В ходе работы необходимо выбрать: пульт управления, приемо-передающие антенны, радиомодули *TX-RX,* способы приемо-передачи данных на полетный контроллер. При расчете энергетических параметров каналов связи, определено, что антенны приемной и передающей сторон (пульта управления и БПЛА) должны быть настроены на частоты в диапазоне 5800 МГц. Чаще всего в летательных аппаратах частного пользования используются полосы частот *A*, *B*, *E*, *F* и *R*. Во избежание интерференции и с учетом последующей настройки антенн выбрана полоса *R*. По каналам *R*1 — *R*4 отправляются команды управления, в канале *R*5 будет передаваться видеоизображение, а в канале *R*6 — данные телеметрии. Передавать данные с зонда можно с помощью *MSP*-сообщения и *CRSF*-пакета, в зависимости от программы, в которой производится настройка. В докладе приведен пример программного кода для отправки данных анализа водной поверхности как MSP-сообщения.

Вероятность битовой ошибки для данного протокола можно представить в виде формулы

$$P_b = \frac{1}{2} e^{-\frac{E_b}{N_0} \cdot \frac{SF}{4}}.$$

Получаем вероятность битовой ошибки для приемной и передающей части линии связи. Расчет вероятности битовой ошибки для линий связи гексакоптер — пульт управления и пульт управления — гексакоптер приведены в докладе в виде графиков.

БПЛА может находится в зоне видимости, в зоне полутени, или в зоне тени (прием в этой зоне может быть осуществлен только благодаря дифракции сигнала на земной поверхности). Максимальная дальность радиосвязи, в соответствии с рекомендациями МСЭ-R P.528, определяется по формуле

$$\mathrm{d}_0 = \sqrt{2 \cdot R_з \cdot h_1 + h_1^2} + \sqrt{2 \cdot R_з \cdot h_2 + h_2^2},$$

где h_1 — высота антенны передатчика, м; h_2 — высота антенны приемника, м; d_0 — предельная дальность прямой видимости, км; R_3 — радиус Земли (R_3 =6371 км).

На рис. 1 показана зависимость максимальной дальности связи в зависимости от высоты подъема антенн БПЛА и БС.

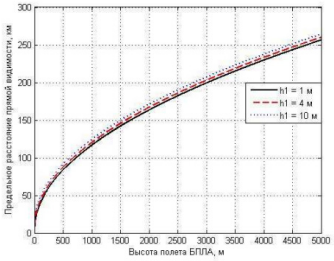


Рис. 1

3. Заключение

Таким образом, разработана система связи с гексакоптером, обеспечивающая заданные параметры дальности и надежности связи. Рассчитаны характеристики канала связи, такие как максимальное расстояние линии связи, отношение сигнал/шум, битовая ошибка, энергетические параметры канала связи, надежность канала связи. Разработана общая схема устройства управления и сбора данных.

4. Список литературы

[1] Основные направления создания высоконадежной системы связи и управления БПЛА [Электронный ресурс] / И. Н. Пантелеймонов // Известия вузов. Машиностроение. — 2020. — №6 (723). — Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-sozdaniya-vysokonadezhnoy-sistemy-svyazi-i-upravleniya-bpla (дата обращения: 28.04.2025).

[2] Zeng, Y. Wireless Communications with Unmanned Aerial Vehicles: Opportunities and Challenges / Y. Zeng, R. Zhang, T. J. Lim // IEEE Communications Magazine. — 2016. — Vol. 54, № 5. — P. 36—42.

CONTROL SYSTEM OF HEXACOPTER FOR ANALYSIS AND WATER INTAKE

Orlova D. A., Franchuk A. S., Sviridov R. A., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A communication system with a hexacopter that provides the specified parameters of range and reliability has been designed. Calculated the characteristics of the communication channel, such as the maximum communication line distance, signal-to-noise ratio, etc.

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ В ЦИФРОВОМ МОДУЛЕ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА ПОДВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ

Петрушин С. А., Редькина Е. А., Широкова Е. И., Широков И. Б.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: petrushinsevsa@yandex.ru

Аннотация — Проведен математический анализ погрешности целочисленного погрешности быстрого преобразования Фурье (БПФ), используемого в цифровом модуле приемо-передатчика для подводного электромагнитного канала связи. Приведены результаты определения необходимого коэффициента масштабирования сигнала для реализации целочисленного БПФ.

1. Введение

Данная работа продолжает исследования по разработке подводного электромагнитного канала связи с использованием технологии OFDM [1,2]. Ключевой частью при реализации OFDM сигнала в цифровом модуле формирования сигнала является вычисление БПФ. Традиционная реализация на основе БПФ с плавающей запятой требует обработки дробных частей результатов, что усложняет реализацию модуля. Альтернативой является целочисленное БПФ, однако его недостатком выступает значительная ошибка квантования.

Для минимизации ошибки предлагается использовать специальный поправочный коэффициент масштабирования, умножение значений сигнала на который позволит снизить погрешность без существенного увеличения объёма передаваемых данных. В статье представлены результаты математического анализа коэффициента масштабирования для эффективной целочисленной реализации БПФ.

2. Основная часть

Проведён математический анализ коэффициентов масштабирования для целочисленного БПФ в математическом приложении. Исследовались коэффициенты, кратные степени двойки: от 512 (9 бит) до 65536 (16 бит). Исследование проводилось для OFDM сигнала с 32 поднесущими (20 информационных + 12 пилотных), проходящих через идеальный канал связи (обратное + прямое БПФ). При этом тестовые значения информационного сигнала и поворотные коэффициенты масштабировались выбранными коэффициентами. В анализе вычислялась относительная ошибка для действительной и мнимой составляющих по следующим формулам:

$$\Delta re = \frac{\left|re_{пол} - re_{исх}\right|}{\left|re_{исх}\right|}\cdot 100\%,\quad \Delta im = \frac{\left|im_{пол} - im_{исх}\right|}{\left|im_{исх}\right|}\cdot 100\%,$$

где $re_{пол}$ и $im_{пол}$ — полученные значения действительной и мнимой составляющих комплексного числа после осуществления прямого и обратного БПФ; $re_{исх}$ и $im_{исх}$ — изначальные значения действительной и мнимой составляющих комплексного числа.

Анализ ошибки выполнен для четырёх конфигураций расположения пилот-поднесущих (см. рис. 1). Каждый коэффициент оценивался по критериям ресурсоёмкости и минимальности относительной ошибки восстановления сигнала:

$$x = \sqrt{\Delta re_{\max} + \Delta im_{\max}},$$

где $\Delta re_{\max}$ и $\Delta im_{\max}$ — максимальное значение относительной ошибки для действительной и мнимой составляющих.

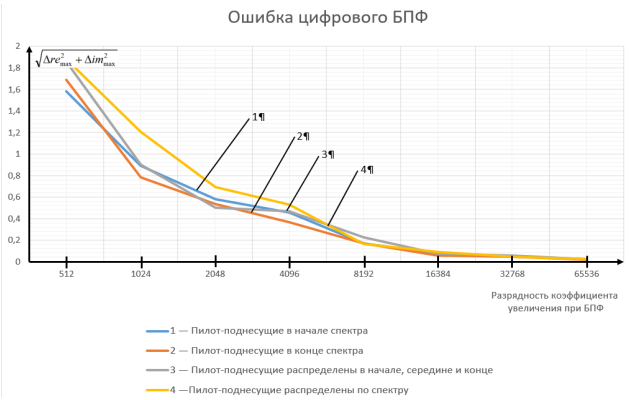


Рис. 1

Результаты анализа показывают, что с ростом коэффициента (разрядности) ошибка уменьшается, однако пропорционально увеличивается требования к ресурсам. В целом, при коэффициенте K=1024 (10 бит) обеспечивается хороший баланс между точностью (ошибка ~1.2%) и ресурсоёмкостью для данной разработки.

3. Заключение

Таким образом, проведён численный анализ влияния коэффициентов масштабирования для целочисленного БПФ. Установлено, что коэффициент 1024 обеспечивает ошибку квантования порядка 1,2%. Полученные результаты будут использованы при разработке цифрового блока приемопередатчика подводного канала связи.

4. Список литературы

[1] Петрушин, С. А. Технология FBMC для подводной беспроводной связи / С. А. Петрушин, И. Б. Широков, Е. А. Редкина // Труды 2024 9-й Всероссийской конференции по СВЧ (RMC). IEEE, 2024. — Р. 126—129.
[2] Широков И. Б. Подводная связь с использованием петлевых магнитных антенн / И. Б. Широков, Е. А. Редкина // Труды 2024 Конференции IEEE по измерениям антенн и применений (CAMA). — Дананг, Вьетнам, 2024. — С. 1—4.

ERROR ANALYSIS OF INTEGER FFT IN TRANSCEIVER DIGITAL MODULE FOR UNDERWATER COMMUNICATION CHANNEL

Petrushin S. A., Redkina E. A., Shirokova E. I., Shirokov I. B.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A mathematical analysis of the integer fast Fourier transform (FFT) in digital module of transceiver for underwater electromagnetic communication channel is carried out. The results of determining the scale coefficient required to implement the integer FFT are presented.

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА СЕТИ И АКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Салогубов Н. Б., Табакаев Д. И.
Научный руководитель: Табакаев Д. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nbsalogubov@sevsu.ru

Аннотация — Представлено программное средство для анализа и визуализации сетевого трафика, разработанное на языке Python с использованием библиотек Scapy, Tkinter и SQLite. Описаны архитектура системы, методы обнаружения аномалий (SYN Flood, ARP Spoofing), а также результаты тестирования в учебной сетевой среде.

1. Введение

Современные компьютерные сети требуют эффективных инструментов мониторинга и анализа для обеспечения безопасности и стабильности работы. Существующие решения, такие как Wireshark или Tcpdump, обладают значительной функциональностью, но зачастую сложны в освоении и не предоставляют интегрированных возможностей для сканирования устройств и визуализации трафика в реальном времени. Целью данной работы является разработка кроссплатформенного программного средства, сочетающего функции сниффера, сканера сети и системы визуализации.

2. Основная часть

Современные компьютерные сети нуждаются в надёжных средствах мониторинга, способных обеспечить безопасность и устойчивость их функционирования. Несмотря на наличие мощных инструментов, таких как Wireshark и Tcpdump, их сложность в освоении и отсутствие встроенных функций визуализации и сканирования устройств в реальном времени создают определённые ограничения. В ответ на эти вызовы была разработана кроссплатформенная система, объединяющая возможности перехвата сетевых пакетов, анализа активности устройств и отображения сетевого трафика в удобной графической форме.

Архитектура программного комплекса построена на модульной основе, что обеспечивает гибкость и масштабируемость. Система способна перехватывать пакеты в реальном времени, выявлять активные устройства в локальной сети, сохранять данные в базе и отображать статистику по протоколам в виде графиков. Пользовательский интерфейс позволяет управлять процессом мониторинга и получать наглядную информацию о сетевой активности. Для повышения производительности и стабильности работы реализована многопоточная обработка данных [1—4].

Особое внимание в разработке уделено механизмам обнаружения аномалий. Система способна выявлять подозрительную активность, связанную с частыми SYN-запросами от одного источника, несоответствием IP- и MAC-адресов, а также с попытками сканирования HTTP-интерфейсов. Применение методов глубокого анализа заголовков, включая обработку зашифрованного трафика, позволяет повысить точность выявления угроз. На рис. 1 показана топология сети в компьютерном классе, где будет использоваться программное обеспечение.

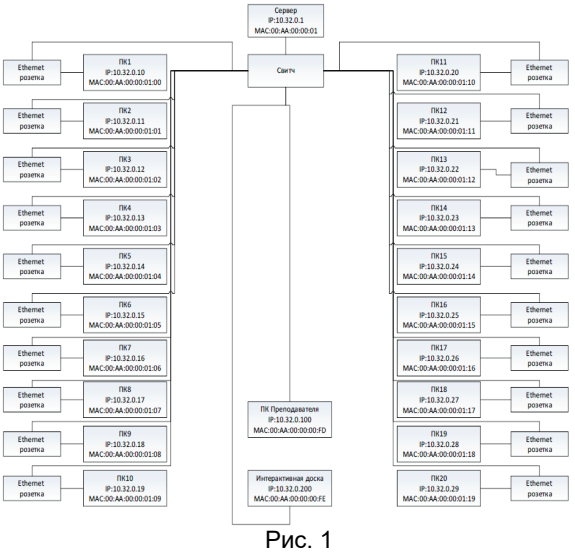


Рис. 1

3. Заключение

Проведённое тестирование в учебной среде показало высокую эффективность решения. Система демонстрирует быструю реакцию на атаки, успешно идентифицирует попытки вмешательства и предоставляет удобные средства для экспорта данных в различные форматы. Полученные результаты подтверждают её пригодность как для практического применения, так и для образовательных целей.

4. Список литературы

[1] Scapy Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://scapy.readthedocs.io
[2] SQLite Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.sqlite.org/docs.html
[3] Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards / W. Stallings. — Pearson, 2013. — 448 p.
[4] Python Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.python.org/3

NETWORK TRAFFIC MONITORING SOFTWARE WITH VISUALIZATION AND ANOMALY DETECTION

Salogubov N. B., Tabakaev D. I.
Scientific adviser: Tabakaev D. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A software tool for network traffic analysis and visualization, developed in Python using Scapy, Tkinter, and SQLite libraries, is presented. The system architecture, methods for anomaly detection (SYN Flood, ARP Spoofing), and testing results in an educational network environment are described.

АНАЛИЗ НОВЫХ ТОКЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОДЫ SOLANA

Нестеренко А. И., Лукьянчиков А. В., Штерев Д. И., Щесняк А. О.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: AINesterenko@sevsu.ru

Аннотация — Описан алгоритм поиска новых токенов на Solana без необходимости установки ноды на собственном устройстве.

1. Введение

Блокчейн Solana стремительно набирает популярность, становясь ключевой платформой для DeFi, NFT и новых токенов. Парсинг транзакций в Solana позволяет выявлять события создания токенов в реальном времени, предоставляя возможности для работы с ними до официальной публикации, а использование Helius и ему подобных сервисов вместо разворачивания собственной ноды позволяет существенно снизить денежные траты.

2. Основная часть

Смарт-контракты, используемые для выпуска токенов на блокчейне Solana, включают Token Program и Token Program 2022. Их адреса в сети Solana: TokenkegQfeZyiNwAJbNbGKPFXCWuBvf9Ss623VQ5DA для Token Program и TokenzQdBNbLqP5VEhdkAS6EPFLC1PHnBqCXEpPxuEb для Token Program 2022. Эти контракты являются основными инструментами для создания токенов в экосистеме Solana, обеспечивая надежность и стандартизацию процессов. Оба контракта используют инструкцию с названием «create» для выпуска новых токенов, что позволяет разработчикам инициировать создание токенов с заданными параметрами, такими как общее количество токенов и их метаданные.

Для получения данных из блокчейна Solana можно развернуть собственную ноду, что дает полный контроль над процессом обработки данных. Однако минимальные требования к оборудованию для нод Solana очень высоки. В связи с этим более рациональным и экономически выгодным решением является использование сторонних сервисов, таких как Helius. Этот сервис предоставляет удобный доступ к данным блокчейна через API-запросы, что значительно упрощает процесс анализа транзакций и минимизирует затраты на инфраструктуру.

Для поиска транзакций, связанных с созданием токенов, первым шагом является выполнение запроса методом «getSignaturesForAddress» для адресов Token Program и Token Program 2022. Этот метод позволяет получить список сигнатур транзакций, связанных с указанными адресами. Helius возвращает данные в формате JSON, содержащие хэши последних тысячи транзакций, выполненных с участием указанного адреса смарт-контракта. Данный подход обеспечивает быстрый доступ к истории операций, выполненных Token Program или Token Program 2022.

Далее, для каждой сигнатуры транзакции необходимо запросить полную информацию, используя метод «getTransaction». Этот метод возвращает детализированные данные о транзакции в формате JSON, структура которого представлена на рис. 1.

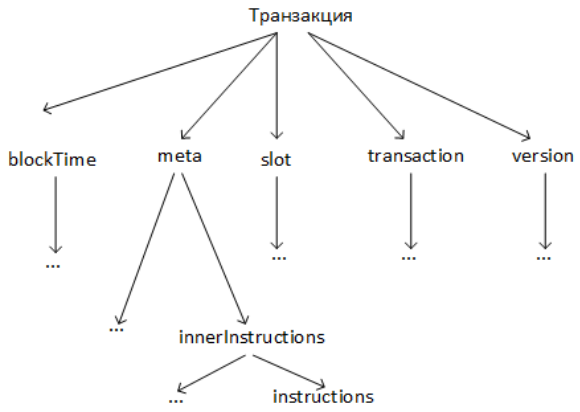


Рис. 1

При анализе полученных данных необходимо обратить внимание на инструкции, содержащиеся в транзакции. Если в JSON-структуре присутствует инструкция с полем parsed.type, равным «create», это указывает на создание нового токена. В таком случае следует сохранить адрес нового токена, который указан в поле parsed.info.mint.

Для получения полной информации о созданном токене необходимо выполнить запрос методом «getAsset», передав в качестве аргумента id адрес нового токена, полученный из поля parsed.info.mint. Метод «getAsset» возвращает подробные данные о токене, включая его метаданные, которые могут быть полезны для анализа или интеграции токена в приложения.

3. Заключение

В результате проведенной работы был разработан алгоритм, позволяющий эффективно отслеживать создание новых токенов на блокчейне Solana с использованием смарт-контрактов Token Program и Token Program 2022. Также установлено, что применение сервиса Helius для анализа транзакций через API-запросы значительно упрощает процесс мониторинга и повышает точность получения данных о токенах.

4. Список литературы

[1] Нестеренко, А. И. Анализ уязвимости алгоритма ECDSA при повторном использовании значения nonce / А. И. Нестеренко, А. В. Лукьянчиков // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2024. — № 7. — С. 201.

ANALYSIS OF NEW TOKENS USING THE SOLANA NODE

Nesterenko A. I., Lukyanchikov A. V., Shterev D. I., Shchesniak A. O.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The algorithm for finding new tokens on Solana without the need to set up a node on your own device is described.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ MIMO В СЕТЯХ 6G

Закурдаева Е. Я., Данилов Н. Г., Воронёнков В. Ю., Помогайко Н. Н., Протько А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: brain75@mail.ru

Аннотация — Исследование посвящено рассмотрению ключевых особенностей и эволюции технологии MIMO в контексте развития сетей шестого поколения (6G). Рассматривается переход от классических Massive MIMO к новым парадигмам, таким как Ultra-Massive MIMO (UM-MIMO) и голографическое MIMO (HMIMO), основанным на использовании интеллектуальных отражающих поверхностей (IRS).

1. Введение

Развитие беспроводных сетей связи достигло рубежа, на котором начинается активная разработка концепций шестого поколения (6G). Ожидается, что 6G не просто продолжит линию увеличения скорости, а откроет эру интеграции физического и цифрового миров через голографические передачи, точное позиционирование и повсеместный искусственный интеллект (ИИ). Для поддержки таких революционных сервисов потребуется на порядок более высокая пропускная способность, надёжность и энергоэффективность. Традиционные технологии, такие как Massive MIMO, используемые в 5G, приближаются к своим теоретическим и практическим пределам как показано в [1]. В этой связи технология MIMO, являющаяся краеугольным камнем современных беспроводных систем, требует кардинальной трансформации для удовлетворения запросов будущего.

2. Основная часть

Технология MIMO, основанная на использовании множества антенн для одновременной передачи и приема нескольких потоков данных, в сетях 6G эволюционирует в качественно новое состояние. Технология основывается на сетях 4G [2] и развивается в сетях 5G. Ключевым отличием становится масштаб и интеллектуализация. В сетях 6G ожидается внедрение конфигураций Ultra-Massive MIMO (UM-MIMO) с тысячами и даже десятками тысяч антенн. Это станет возможным благодаря переходу на субтерагерцовые и терагерцовые частоты, где длина волны значительно меньше, что позволяет разместить огромное количество антенных элементов на компактной площади.

Одной из самых перспективных архитектур является концепция голографического MIMO (HMIMO), где антенная решетка превращается в сплошную электромагнитную поверхность, способную гибко управлять распространением радиоволн. Такой подход тесно связан с технологией интеллектуальных отражающих поверхностей (IRS). IRS — это пассивные программируемые метаповерхности, которые могут переконфигурировать свою электромагнитную структуру для целенаправленного отражения, преломления или фокусировки сигнала. Это позволяет создавать «умную» радио среду, где свойства канала связи можно программно оптимизировать, а не passively приспосабливаться к ним.

Управление столь сложными системами невозможно без глубокой интеграции искусственного интеллекта и машинного обучения. ИИ будет играть критическую роль в предсказании состояния канала, динамическом управлении лучами в реальном времени и координации тысяч антенных элементов и IRS-поверхностей для обеспечения бесшовного соединения.

В таблице 1 приведены параметры, которые демонстрируют эволюцию технологии MIMO от 5G к 6G.

Таблица 1

Аспект	5*G* (*Massive MIMO*)	6*G* (*UM-MIMO*/*HMIMO*)
Количество антенн	10—10^2	10^3—10^4
Рабочие частоты (Гц)	10^9—10^{11}	10^{11}—10^{12}
Архитектура	Активные антенные решетки	Голографические поверхности, *IRS*
Управление	Статичные алгоритмы	ИИ-управление в реальном времени
Ключевая цель	Повышение емкости и скорости	Создание программируемой радиосреды

3. Заключение

В рамках работы установлено, что развитие технологии MIMO в контексте сетей шестого поколения (6G) представляет собой не просто количественный рост, а качественный скачок, определяемый переходом к новым принципам организации беспроводного доступа. Ключевой тренд заключается в эволюции от традиционных антенных решеток с большим числом элементов к концепции интегрированных в среду интеллектуальных поверхностей, формирующих программируемую электромагнитную среду.

Таким образом, интеграция MIMO с IRS и AI-методами управления формирует технологический базис для создания будущей беспроводной экосистемы, способной обеспечить требуемые параметры для принципиально новых классов сервисов.

4. Список литературы

[1] Electromagnetic compatibility studies between haps and imt terrestrial networks of legacy mobile standards (gsm, umts, lte) in the frequency bands below 2.7 ghz / A. S. Pastukh, V. O. Tikhvinskiy, E. E. Devyatkin [et al.] // T-Comm. — 2024. — Vol. 18, No. 5. — P. 49—60. — DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-5-49-60. — EDN MSIFMA.

[2] Review and study of software packages for emulating 2G/4G mobile networks / A. A. Savochkin, R. R. Gasparyan, A. V. Lukyanchikov [et al.] // Third International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-III 2023), Dushanbe: SPIE-SOC PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS, 2024. — P. 130650V. — DOI 10.1117/12.3025072. — EDN LMTFUG.

FEATURES OF MIMO TECHNOLOGY APPLICATION IN 6G NETWORKS

Zakurdaeva E. Ya., Danilov N. G.,
Voronyonkov V. Yu., Pomogayko N. N., Protko A. A.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the key features and evolution of Multiple Input Multiple Output (MIMO) technology within the context of sixth-generation (6G) network development are considered. It covers the transition from classical Massive MIMO to new paradigms such as Ultra-Massive MIMO (UM-MIMO) and Holographic MIMO (HMIMO), which are based on the use of Intelligent Reflecting Surfaces (IRS).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ В MANET

Бессонов А. Д., Волкова А. А., Кузнецов В. С.
Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф. Кузнецов В. С.
Московский институт электронной техники, Россия
E-mail: bsbessonov56@gmail.com, vlkova07@mail.ru

Аннотация — В статье исследуется эффективность двух систем безопасности для мобильных ad-hoc сетей (MANET): системы обнаружения вторжений (IDS) и модели на основе репутации (RBSM). Проведено моделирование в Python с использованием библиотеки NetworkX, где сеть из 20 узлов подвергалась атаке одного вредоносного узла. Оценивался коэффициент доставки пакетов (PDR). Обе системы показали улучшение PDR с 0,85 до 0,91.

1. Введение

Мобильные ad-hoc сети (MANET) — это беспроводные сети без фиксированной инфраструктуры, где узлы динамически взаимодействуют, что делает их уязвимыми к атакам, таким как blackhole или sybil. Для защиты используются различные системы безопасности. В данной статье сравниваются две системы: IDS, основанная на мониторинге аномалий, и RBSM, использующая механизм оценки репутации узлов. Цель — оценить их влияние на производительность сети через показатель PDR в смоделированной среде с одним вредоносным узлом, отбрасывающим 50% пакетов.

2. Основная часть

Система обнаружения вторжений (IDS) использует подход, аналогичный watchdog, отслеживая поведение узлов при передаче пакетов. Если узел отбрасывает более 5 пакетов, он изолируется. В симуляции сеть моделировалась как случайный граф с 20 узлами (рис. 1), отправлялось 100 пакетов между случайными парами узлов. Безопасность обеспечивалась исключением подозрительных узлов на основе порога. В результате PDR увеличился с 0,85 (без защиты) до 0,91. Однако в ряде запусков вредоносный узел не был обнаружен из-за частичной потери пакетов, что указывает на проблему false negatives. В симуляциях на NS-2 с моделью мобильности AGM (Anti-Gravity Movement) IDS достигает точности обнаружения 80—90%, но имеет 10—20% false positives из-за ошибок, связанных с изменением топологии или энергосберегающими протоколами [1]. Моделирование MANET: узлы и связи (обведённый — вредоносный узел) показано на рис. 1.

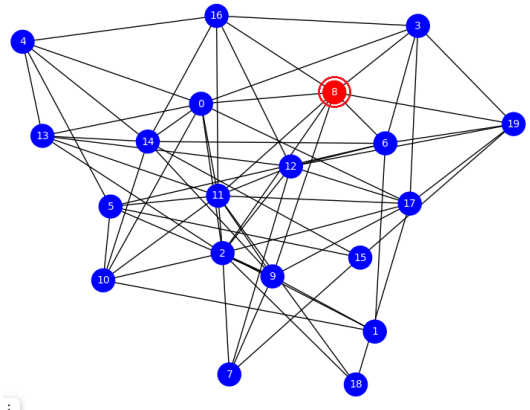


Рис. 1

Модель безопасности на основе репутации (RBSM) использует децентрализованный подход, где каждый узел оценивает репутацию соседей на основе успешной пересылки пакетов. Узлы с низкой репутацией исключаются из маршрутов. В симуляции это позволило изолировать вредоносный узел и повысить PDR до 0,92. Однако модель требует времени для накопления данных о репутации и уязвима к скоординированным атакам на рейтинговую систему. Модель CONFIDANT показывают PDR до 94—96% в условиях различных атак, однако могут быть подвержены атакам (bad-mouthing), когда злоумышленники намеренно занижают репутацию добросовестных узлов [2].

В таблице 1 представлено сравнение PDR между моделью без защиты, с безопасностью TAM и безопасностью RBSM.

Таблица 1

Метрика	Модель без защиты	IDS	TAM
PDR	0,85	0,91	0,91

3. Заключение

Обе системы, IDS и RBSM, повысили PDR с 0,85 до 0,92 в моделировании. IDS эффективна для обнаружения неизвестных угроз, но создает дополнительную нагрузку и подвержена ложным срабатываниям. RBSM оптимизирует маршрутизацию на основе коллективного опыта взаимодействия узлов, минимизируя влияние злоумышленников, но требует времени для накопления репутации и уязвима для скоординированных атак на рейтинговую систему. Выбор системы зависит от сценария: IDS подходит для динамичных сетей с неизвестными угрозами, а RBSM — для сетей, где узлы взаимодействуют продолжительное время. Дальнейшие исследования могут включать комбинированные подходы и тестирование в более сложных сценариях.

4. Список литературы

[1] Identification and prevention of Gray hole attack using IDS mechanism in MANET / M. D. Chawhan [et al] // *2022 10th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology - Signal and Information Processing (ICETET-SIP-22)*, Nagpur, India, 2022. — P. 1-6. — doi: 10.1109/ICETET-SIP-2254415.2022.9791594.

[2] Buchegger, S. Performance analysis of the CONFIDANT protocol / S. Buchegger, J. Y. Le Boudec // Proc. of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing. — 2002. — P. 226—236.

MODELING OF SAFETY SYSTEMS IN MANET

Bessonov A. D., Volkova A. A., Kuzneczov V. S.
Scientific adviser: Kuzneczov V. S.
National Research University of Electronic Technology (MIET), Russia

Abstract — In the paper, the effectiveness of two security systems for mobile ad-hoc networks (MANET): intrusion detection systems (IDS) and reputation-based models (RBSM) are examined. A simulation was performed in Python using the NetworkX library, where a network of 20 nodes was attacked by a single malware node. The package delivery rate (PDR) was estimated. Both systems showed an improvement in PDR from 0.85 to 0.91, demonstrating their advantages and limitations.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Шикула М. Ю.[1], Громоздин В. В.[1, 2]
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: elenaredkina@gmail.com

Аннотация — В статье проведён анализ современных систем автоматизации управления телекоммуникационными сетями. Рассмотрены подходы к проектированию и внедрению программного обеспечения для управления сетевым оборудованием, включая использование платформ *Netconf*/*RESTCONF*, *OpenConfig*, *SDN*-контроллеров и систем оркестрации. Показана роль автоматизации в снижении операционных затрат, ускорении развертывания сервисов и повышении надежности сетевой инфраструктуры. Сделан вывод о возможном применении элементов автоматизации и прогнозирования для разработки системы управления сетевым оборудованием и ресурсами с целью повышения устойчивости сетевой инфраструктуры.

1. Введение

В современных условиях стремительного роста объемов трафика и усложнения архитектуры сетей особую значимость приобретают методы мониторинга и управления оборудованием.

Телекоммуникационные операторы и корпоративные сети нуждаются в инструментах, позволяющих не только контролировать текущее состояние устройств, но и прогнозировать возможные сбои, снижая время простоя и повышая уровень безопасности. Кроме того, возрастают требования к масштабируемости систем мониторинга, которые должны корректно функционировать как в малых корпоративных сетях, так и в масштабах операторских инфраструктур уровня *Tier*-1.

Это требует унификации протоколов, стандартизации форматов данных и интеграции решений разных производителей [1—3]. Работа посвящена разработке системы автоматизированного управления оборудованием.

2. Основная часть

Рассмотрим классические и централизованные системы мониторинга и управления, применяемые в настоящее время телекоммуникационными компаниями. Можно сказать, что классическими инструментами сетевого мониторинга являются функции на основе *SNMP*-протокола (*Simple Network Management Protocol*), позволяющие получать сведения о загрузке интерфейсов, ошибках передачи, состоянии процессоров и памяти.

Дополнительно широко используется *NetFlow* и его аналоги (*sFlow*, *IPFIX*), обеспечивающие анализ трафика на уровне потоков. Эти решения обеспечивают базовые функции мониторинга и настройки, однако ограничены по масштабируемости и гибкости, например, из необходимости их ручной настройки.

Помимо классических технологий мониторинга, в настоящее время активно применяются системы, использующие модельно-ориентированный подход, например, стандарты *NETCONF*/*RESTCONF* и *YANG*-модели, позволяющие унифицировать взаимодействие между ПО и оборудованием. Дополнительно применяется *OpenConfig*, который поддерживается ведущими вендорами (*Cisco*, *Juniper*, *Nokia*) и обеспечивает единый интерфейс управления независимо от производителя.

Также следует отметить, что в настоящее время автоматизация телекоммуникационных сетей связана с концепцией *Software-Defined Networking* (*SDN*). *SDN*-контроллеры (например, *OpenDaylight*, *ONOS*, *Cisco APIC-EM*) обеспечивают централизованное управление сетью через программные интерфейсы. Дополнительно используются системы оркестрации (*Ansible*, *Terraform*, *Kubernetes*), которые позволяют автоматизировать развертывание сервисов и управлять сложными многоуровневыми инфраструктурами [2]. Применение *SDN* открывает возможности для разработки собственных программных решений, оптимизированных под конкретную телекоммуникационную структуру на основе так называемых «*API*» ведущих производителей сетевого оборудования, с возможностью их интеграции с *OSS*/*BSS*-системами и реализацией функций предиктивного управления и аналитики. При этом программные решения позволяют внедрять политику «*Zero-Touch Provisioning*» (*ZTP*), когда новое оборудование автоматически конфигурируется при подключении к сети.

Также сегодня активно обсуждается концепция автоматизации на основе так называемых систем «*AIOps*» с использованием машинного обучения для прогнозирования маршрутизации, балансировки нагрузки и восстановления после сбоев [4].

3. Заключение

Таким образом, проведённый анализ показывает, что современные системы автоматизации управления сетями движутся от статических *NMS*-платформ к интеллектуальным решениям на базе *SDN* и *AIOps*. Для разработки ПО в данной области ключевым фактором становится использование открытых стандартов и *API*, что обеспечивает гибкость и межвендорную совместимость, что будет применено в дальнейшем для разработки системы управления.

4. Список литературы

[1] Network Configuration Protocol (NETCONF) / R. Enns, M. Bjorklund, J. Schoenwaelder, A. Bierman. — RFC 6241. — IETF, 2011.
[2] Open Networking Foundation. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks. — 2012.
[3] Cisco Systems. Cisco DNA Center Data Sheet. — 2023.
[4] Red Hat. Ansible Automation Platform for Network Management. — 2022.

ANALYSIS OF MODERN TELECOMMUNICATION NETWORK MANAGEMENT AUTOMATION SYSTEMS

Shikula M. Y.[1], Gromozdin V. V.[1, 2]
Scientific adviser: Redkina E. A.
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — In the paper, an analysis of modern systems for automating the management of telecommunication networks is presented. Approaches to software development for network equipment automation are considered, including the use of Netconf/RESTCONF, OpenConfig, SDN controllers, and orchestration platforms. The role of automation in reducing operational costs, accelerating service deployment, and improving network reliability is emphasized. The elements of automation to develop management system are considered.

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СЕТИ 5*G* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМУЛЯТОРОВ (*NS*-3, *OMNET*++, *MININET*)

Козьменко О. К., Мурзин Д. Г.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: oleg271202@mail.ru

Аннотация — В работе рассматривается задача построения виртуальной модели сети пятого поколения (5*G*) с использованием современных программных симуляторов, таких как *ns*-3 (5*G-LENA*), *OMNeT*++ и *Mininet*. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных и экономичных методов анализа, тестирования и оптимизации телекоммуникационных систем без привлечения дорогостоящего оборудования.

1. Введение

Сети пятого поколения (5*G*) обеспечивают высокие скорости передачи данных, низкие задержки и массовое подключение устройств, что делает их ключевым элементом цифровой инфраструктуры. Однако исследование и тестирование таких систем в реальных условиях связано с высокими затратами и ограниченным доступом к оборудованию. Эту проблему решает использование виртуальных моделей и симуляторов, позволяющих воспроизводить работу сетей 5*G* в программной среде. Среди наиболее популярных инструментов можно выделить *ns*-3 (5*G-LENA*), *OMNeT*++ и *Mininet* [1], каждый из которых обладает своими преимуществами.

2. Основная часть

В современном мире внедрение сетей пятого поколения играет ключевую роль в развитии телекоммуникаций. Сети 5*G* позволяют обеспечивать не только высокие скорости передачи данных, но и поддержку новых сервисов: массовое подключение *IoT*-устройств (*mMTC*), критически важные коммуникации с ультранизкой задержкой (*URLLC*), а также мультимедийные сервисы повышенной ёмкости (*eMBB*).

Для оценки таких сетей необходимо учитывать большое количество параметров [2] — от радиоинтерфейса до протоколов ядра. Развёртывание физического тестового стенда для 5*G* сопряжено с высокими затратами, поэтому особое значение приобретают симуляторы, которые позволяют имитировать работу сети в виртуальной среде.

Для моделирования сетей 5*G* критически важным является выбор подходящего симулятора. Наиболее популярными инструментами, применяемыми в научной и инженерной практике, являются *ns*-3, *OMNeT*++ и *Mininet*. Каждый из них обладает уникальными характеристиками, архитектурными особенностями и набором функций, что определяет их применимость в различных сценариях. Основные характеристики указанных программ приведены в таблице 1.

Если требуется высокая точность на уровне протоколов и радиоинтерфейсов — оптимален *ns*-3. Для визуального анализа, обучения и быстрой отладки архитектур — рекомендуется *OMNeT*++.

Для тестирования взаимодействия сетевых функций в реальном времени или разработки *SDN*/*edge* решений — подойдёт *Mininet*.

Часто в крупных проектах используются комбинированные подходы, где *OMNeT*++ применяется на этапе концептуального моделирования, *ns*-3 — для точного анализа, а *Mininet* — для эмуляции и тестирования взаимодействия.

Таблица 1

Программа	*ns*-3	*OMNeT*++	*Mininet*
Тип симуляции	Дискретно-событийный	Компонентно-ориентированный	Эмуляция в реальном времени
Поддержка 5*G*	Да (модули 5*G-LENA*, *mmWave*)	Да (*INET* + расширения)	Ограниченная (в основном *SDN*)
Уровень детализации *PHY*	Высокий	Средний	Низкий
Графический интерфейс	Нет	Есть (*IDE*)	Нет
Язык разработки	*C++*, *Python*	*C++*	*Bash*, *Python*
Простота в освоении	Сложный	Средний	Лёгкий
Поддержка визуализации	Ограниченная (*manually*)	Высокая	Отсутствует
Реальные приложения	Нет	Нет	Да

3. Заключение

Анализ существующих программных средств моделирования, таких как *ns*-3, *OMNeT*++ и *Mininet*, показал, что ни один симулятор не является универсальным. Каждый обладает своими преимуществами в зависимости от цели моделирования. В ходе работы были разработаны рекомендации по построению виртуальной модели сети 5*G* с применением открытых платформ и средств симуляции. Таким образом, виртуальная модель сети 5*G* становится незаменимым инструментом для стратегического управления и оптимизации сетей 5*G*.

4. Список литературы

[1] Фокин, Г. А. Модель технологии сетевого позиционирования метровой точности 5G NR. Часть 1. Конфигурация сигналов PRS / Г. А. Фокин // Труды учебных заведений связи, 2022. — С. 48—63.

[2] Глушак, Е. В. Проблемы моделирования детерминированной мобильных сетей / Е. В. Глушак, А. А. Лысиков // Актуальные проблемы информатики, радиотехники и связи : матер. XXX Российской научно-технической конференции, Самара, 2023. — С. 32—33.

5G VIRTUAL NETWORK MODEL USING SIMULATORS (NS-3, OMNET++, MININET)

Kozmenko O. K., Murzin D. G.
Scientific adviser: Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the task of building a virtual network model of the fifth generation (5G) using modern software simulators such as ns-3 (5G-LENA), OMNeT++ and Mininet are considered. The relevance of the research is determined by the need to develop effective and cost-effective methods for analyzing, testing and optimizing telecommunication systems without involving expensive equipment.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ

Горблянский К. С., Редькина Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: gorblyansky.k@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены современные интеллектуальные системы мониторинга и управления базовыми станциями с использованием технологий машинного обучения, предиктивной аналитики и промышленных *SCADA*-платформ. Особое внимание уделено интеграции *IoT*, облачным решениям и автоматизации управления энергопотреблением, нагрузкой и отказами. Сделан вывод о применимости *SCADA*-системы для повышения надёжности телекоммуникационной сети и автономности работы сетей связи нового поколения.

1. Введение

Современные телекоммуникационные сети характеризуются стремительным ростом числа базовых станций и усложнением их архитектуры. Развёртывание технологий 5*G*/6*G* требует перехода от традиционного мониторинга к интеллектуальным системам управления, способным не только отслеживать состояние оборудования, но и прогнозировать сбои, оптимизировать ресурсы и минимизировать человеческое вмешательство.

Особую актуальность приобретают решения, позволяющие централизованно управлять распределёнными объектами, анализировать большие объёмы телеметрии и интегрироваться с облачными платформами. *SCADA*-системы, дополненные алгоритмами *ИИ*, становятся ключевым инструментом для построения эффективной инфраструктуры связи [1—4].

2. Основная часть

Известно, что классические подходы к мониторингу работы базовых станций включают использование протоколов *SNMP* для сбора метрик производительности (нагрузка, температура, ошибки передачи), а также систем типа *NetFlow* для анализа трафика. Однако эти методы обладают существенными ограничениями при работе с большими распределенными инфраструктурами: они не обеспечивают «проактивный» мониторинг, не поддерживают предиктивную аналитику и требуют значительного объема ручной настройки.

В связи с этим, рассмотрим особенности применения *SCADA*-системы в задаче управления базовыми станциями мобильной сети с новыми функциональными возможностями.

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) системы представляют собой мощный инструмент для комплексного управления *geographically distributed* объектами. В контексте телекоммуникаций они обеспечивают:

— мониторинг физических параметров (температура, влажность, напряжение);

— контроль энергопотребления и работы систем питания;

— управление климатическим оборудованием;

— мониторинг физической безопасности.

Современные *SCADA*-платформы (*Ignition SCADA*, *SIMATIC WinCC*) поддерживают стандартные протоколы (*OPC UA*, *MQTT*), что обеспечивает их интеграцию с системами управления сетями.

Для проактивного мониторинга *SCADA* система может быть дополнена современными технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения, например, для прогнозирования отказов оборудования и оптимизации энергопотребления, для выявления аномалии в работе сетевых элементов и автоматической адаптации параметров работы базовых станций в режиме реального времени.

Также при разработке системы мониторинга и управления базовыми станциями следует учитывать тенденции перехода к системам 5*G c* облачными и виртуализованными решения, когда виртуальные сетевые функции (*vRAN*) в сочетании с *edge*-вычислениями, развернутыми на обычном сервере позволяют реализовать централизованное управление распределенными объектами.

3. Заключение

Проведенный анализ демонстрирует, что *SCADA*-системы представляются оптимальным решением для построения интеллектуальной системы мониторинга базовых станций. Они обеспечивают комплексный контроль физических параметров, энергопотребления и периферийного оборудования, превосходя по функциональности традиционные сетевые системы управления. Выбор *SCADA*-платформы для разработки системы обусловлен ее способностью работать с распределенными объектами, поддерживать современные протоколы обмена данными и интегрироваться с внешними *AI*-модулями. *SCADA* представляет собой готовую платформу для реализации полноценной системы предиктивного управления, соответствующей современным требованиям телекоммуникационной отрасли.

Данная платформа обладает необходимым функционалом для создания интеллектуальной системы управления нового поколения.

4. Список литературы

[1] Ericsson. SON Portfolio: Automating Network Operations. — 2023.
[2] Clarke G., Reynders D. Practical Modern SCADA Protocols. — Newnes, 2004.
[3] Михеев, В. А. Искусственный интеллект в телекоммуникациях / В. А. Михеев. — М. : Горячая линия-Телеком, 2021. — 768 с.
[4] Huawei. iManager M2000 Technical White Paper. — 2022.

INTELLIGENT MONITORING AND CONTROL SYSTEMS FOR BASE STATIONS

Gorblyansky K. S., Redykina E. A.
Scientific adviser: Redykina E. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, modern intelligent systems for monitoring and controlling base stations using machine learning technologies, predictive analytics and industrial SCADA platforms are considered. Special attention is paid to the integration of IoT, cloud solutions and automation of power management, load and failure control. The role of intelligent systems in improving reliability, reducing operational costs and ensuring autonomous operation of next-generation communication networks is shown.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РЕТРАНСЛЯЦИОННОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ СЕТЕЙ 6*G*

Горобец Д., Лукьянчиков А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dgorobet3@gmail.com

Аннотация — В работе проведён сравнительный анализ трёх классов летательных аппаратов в случае их применения в качестве ретрансляторов для сетей 6*G*. Установлено, что воздушные станции эффективны как элементы гибридной архитектуры 6*G*.

1. Введение

Рост плотности *IoT*-устройств требует решений, выходящих за рамки только наземных базовых станций [1]. В 6*G* концепция *Non-Terrastial-Network* (Сеть не земного базирования) объединяет наземный, воздушный и космический сегменты. Разные классы носителей воздушных ретрансляторов дают разные эксплуатационные и технические компромиссы. Наиболее оптимальной архитектурой может стать гибридная сеть, где выбор носителя определяется целевой метрикой: время развертывания, автономность, покрытие и стоимость.

2. Основная часть

В качестве носителей воздушных станций могут выступать такие типы летательных аппаратов как:

— низковысотные БПЛА вертолётного или мультикоптерного типа, эффективные для оперативных задач и работы в городских условиях, с ограничением времени автономной работы и радиусом покрытия [2];

— атмосферные спутники (*HAPS*);

— аэростаты и дирижабли, занимающие промежуточное положение, обладая длительной автономностью и устойчивостью, но уступающие БПЛА в мобильности.

Градация по высоте этих объектов приведена на рис. 1.

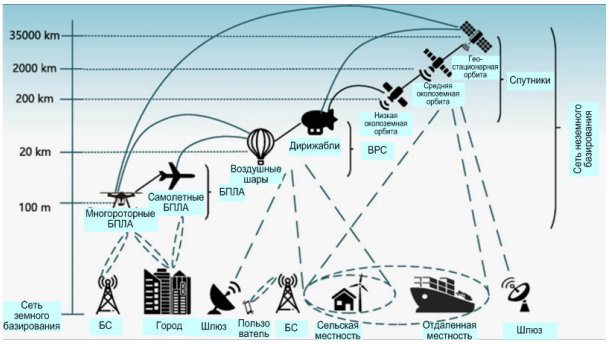


Рис. 1

Сравнение характеристик трёх типов летательных аппаратов сведено в таблицу 1.

Из таблицы можно предложить следующие варианты использования воздушных ретрансляторов: низковысотные дроны для экстренного развёртывания в областях ЧП; *HAPS* для обеспечения покрытием отдалённых регионов; аэростаты для долгосрочного покрытия отдельных областей.

Перспективы применения воздушных ретрансляторов связаны с их интеграцией в гибридные сети «земля — воздух — космос» в рамках 6*G*. Подобная архитектура позволяет расширять покрытие и обеспечивать устойчивость связи в условиях высокой плотности абонентов и удалённых территорий.

Таблица 1

Тип аппарата	Высота	Время работы	Площадь покрытия
Низковысотные дроны	<5 км	Десятки мин — часы	0,2 — 30 км^2
Атмосферные спутники	~ 20 км	Дни — месяцы	Сотни — тысячи км^2
Аэростаты	1 — 20 км	Дни — год	Десятки — сотни км^2

Вместе с тем развитие технологии ограничивается высокой стоимостью эксплуатации, требованиями к энергоэффективности и надёжности, а также зависимостью от погодных условий. Существенными факторами остаются распределение радиочастотного спектра [3], авиационная сертификация и вопросы информационной безопасности. Воздушные станции займут нишу временного и регионального расширения покрытия, дополняя возможности наземных и космических сегментов в гибридных инфокоммуникационных системах.

3. Заключение

Воздушные ретрансляционные станции представляют собой перспективный элемент интегрированных сетей 6*G*, обеспечивающий повышение покрытия и надёжности связи в условиях роста числа подключённых устройств.

4. Список литературы

[1] Al-Hourani, A. Optimal LAP Altitude for Maximum Coverage [Электронный ресурс] / A. Al-Hourani, S. Kandeepan, S. Lardner // IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS LETTERS. — 3 (6). — Режим доступа: scispace.com/pdf/optimal-lap-altitude-for-maximum-coverage-cxwkq883q5.pdf.

[2] GSMA-HAPS-Towers-in-the-skies [Электронный ресурс] / Whitepaper. — Режим доступа: gsma.com/ solutions-and-impact/ technologies/ networks/ wp-content/ uploads/2021/06/ GSMA-HAPS- Towers-in-the-skies- White-paper- 2021.pdf

[3] Electromagnetic compatibility studies between haps and imt terrestrial networks of legacy mobile standards (gsm, umts, lte) in the frequency bands below 2.7 ghz / A. S. Pastukh [et al.] // T-Comm. — 2024. — Vol. 18, No. 5. — P. 49—60. — DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-5-49-60.

POSSIBILITIES OF USING AIRBORNE RELAY STATIONS FOR 6G NETWORK

Gorobet D., Lukyanchikov A. V.
Scientific adviser: Lukyanchikov A.V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a comparative analysis of three classes of aircraft in terms of the possibility of their use as repeaters 6G infrastructure is considered. Main point that air stations are effective as elements of a 6G hybrid architecture.

СИНТЕЗ МЕТОДА ОБМЕНА ДАННЫМИ БОЛЬШОГО ОБЪЁМА В УСЛОВИЯХ ПОДВОДНОЙ СРЕДЫ ПО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ

Параев К. А., Димин М. Э., Крамарь О. А., Крамарь В. А.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Крамарь В. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: paraev57@gmail.com

Аннотация — Целью данной работы является разработка и реализация протокола канального уровня для передачи больших объемов (фрагментированных) данных посредством использования гидроакустического канала связи. В ходе данной работы был разработан программный каркас, реализующий интерфейсы для протоколов канального, сетевого уровней и интерфейсов сопряжения между различными форматами сетевых пакетов. Реализованы протоколы разрешения коллизий и маршрутизации способом заполнения. Проведено моделирование работы протоколов в составе каркаса.

1. Введение

Построение сетей морского интернета вещей (*Marine Internet of Things — MIoT*) с использованием гидроакустического канала связи в настоящий момент сопряжено с рядом вызовов, таких как: низкая скорость распространения звуковых волн, малая полоса пропускания и высокие задержки передачи данных. Кроме того, важным фактором является возникновение в таких сетях коллизий - конфликтов передачи данных, при которых два и более устройства пытаются передать данные одновременно. В связи с этим возникла потребность реализации пользовательских программных надстроек, предоставляющих выбор протоколов контроля доступа, а также сетевых протоколов связи в зависимости от условий передачи.

2. Основная часть

Учитывая растущий объем данных, аккумулируемых подводными устройствами, возникает необходимость в разработке метода обработки сетью данных, чувствительных к неполной передаче. В ходе проведения исследования была принята архитектура в виде каркаса, что позволяет легко масштабировать кодовую базу и реализовывать поддержку новых протоколов [1].

На данный момент реализованы протоколы предотвращения коллизий и маршрутизации способом заполнения. Было проведено моделирование использования полученных реализаций. Топология смоделированной сети представлена на рисунке 1.

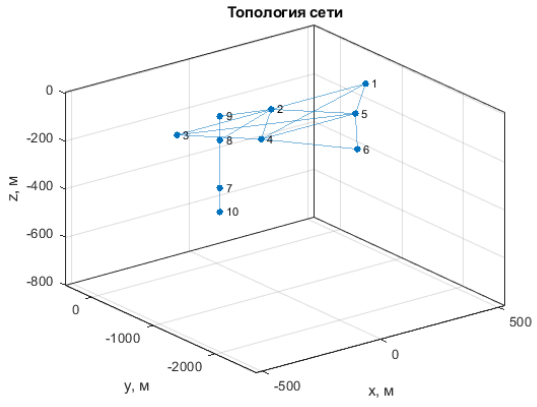


Рис. 1

При проведении тестирования по сети передаются 90 информационных пакетов размером 20 байт каждый. Результаты передачи разными протоколами представлены в таблице 1.

Таблица 1

Комбинация протоколов	Время передачи между узлами	Суммарное время передачи	Коэф. передачи
DACAP+ FLOODING	0,95 *с*	808 *с*	75%
TLOHI+ FLOODING	30 *с*	5625 *с*	100%
DACAP+ ICRP	8 *с*	1668 *с*	84%
TLOHI+ ICRP	12 *с*	2552 *с*	100%

3. Заключение

Полученные методы могут быть интегрированы и использованы на борту необитаемых подводных аппаратов в качестве программной надстройки, расширяющей функциональные возможности установленных на борту гидроакустических средств коммуникации.

Разработанный программный каркас, совмещающий в своём составе стек протоколов канального уровня *DACAP* и *T-Lohi*, служащих для обработки коллизий и основывающихся на использовании физических задержек при передаче и стек протоколов сетевого уровня *DPFlooding* и *ICRP*, обеспечивающие возможность сетевого доступа для группы гидроакустических модемов для достижения устойчивой передачи пакетов полезных данных внутри сети.

4. Список литературы

[1] Practical steps towards establishing an underwater acoustic network in the context of the marine internet of things / K. Kebkal. — Appl. Sci. — 2024 — 14. — 3527. — https://doi.org/10.3390/app14083527

CONSTRUCTION OF DATA LINK LEVEL PROTOCOL FOR TRANSMITTING LARGE DATA OVER HYDROACOUSTICS UNDERWATER CHANNEL

Paraev K. A., Dimin M. E., Kramar O. A., Kramar V. A.
Scientific adviser: Kramar V. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The purpose of this work is to develop and implement data link level protocol for transmitting large portions of data using hydroacoustics. In this work, a software framework was developed, implementing interfaces for data link and network layer protocols, as well as interfaces for interconnecting different network packet formats. Collision resolution and flooding-based routing protocols were implemented. The operation of the protocols within the framework was modeled.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ DNS

Барсуков А. А., Редькина Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: an.bars2012@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены принципы работы системы доменных имён (DNS), её значение в функционировании интернета, механизмы кэширования и безопасности. Представлено описание процесса развертывания DNS-сервера с использованием BIND9 на виртуальной машине Ubuntu, а также структурная схема лабораторного стенда

1. Введение

Система доменных имён (DNS) является ключевым компонентом интернета, обеспечивая преобразование доменных имён в IP-адреса. Без DNS взаимодействие пользователей с интернетом было бы крайне затруднено. С развитием технологий возрастает потребность в повышении надёжности и безопасности DNS, в частности, с использованием DNSSEC [1—3]. В докладе представлены результаты анализа технологии DNS для разработки лабораторного стенда.

2. Основная часть

Как известно [1], система доменных имён выполняет ряд ключевых функций, без которых невозможно функционирование интернета. Она преобразует доменные имена в IP-адреса, что позволяет пользователям обращаться к ресурсам по удобным текстовым адресам вместо сложных числовых комбинаций. Важной особенностью является кэширование запросов, за счёт которого снижается нагрузка на сеть и повышается скорость доступа к веб-страницам. Современные требования к безопасности обуславливают необходимость применения технологий защиты, среди которых наиболее распространённой является DNSSEC [2].

В рамках работы разработана структурная схема и выбраны основные элементы лабораторный стенда (рис. 1) для учебных и исследовательских целей.

Для практического изучения принципов работы DNS целесообразно развернуть сервер на базе Ubuntu с использованием BIND9. Установка выполняется стандартными средствами:

sudo apt update && sudo apt upgrade –y
sudo apt install bind9 -y

После установки настраиваются параметры в файле /etc/bind/named.conf.options. В нём задаётся каталог для кэша, разрешается рекурсивная обработка запросов и определяются адреса серверов-форвардеров. Минимальный пример конфигурации может выглядеть следующим образом:

```
options {
    directory "/var/cache/bind";
    recursion yes;
    allow-query { any; };
    forwarders {8.8.8.8; 8.8.4.4};
};
```

Далее необходимо настроить зону домена в файле /etc/bind/named.conf.local. Для домена example.com конфигурация может быть описана так:

```
zone "example.com" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.example.com";
};
```

После внесения изменений сервер перезапускается, а корректность конфигурации проверяется командами:

sudo systemctl restart bind9
sudo named-checkconf
sudo named-checkzone example.com /etc/bind/db.example.com

Работоспособность DNS подтверждается утилитой *dig*.

3. Заключение

Разработанный лабораторный стенд на основе BIND9 может использоваться как в учебных целях и для практической подготовки специалистов в области администрирования сетей, так и в задачах анализа защищенности сети от перегрузок и сбоев

4. Список литературы

[1] Liu, Cricket DNS and BIND / Cricket Liu, Paul Albitz. — O'Reilly, 2008. — 712 p.
[2] Cloudflare: как работает DNS [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.cloudflare.com/learning/dns/what-is-dns/
[3] Ubuntu DNS Server Guide [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://documentation.ubuntu.com/server/how-to/networking/install-dns/index.html.

THE DESIGN OF LABORATORY STAND TO STUDY THE PRINCIPLES OF DNS SERVER OPERATION

Barsukov A. A., Redkina E. A.
Scientific adviser: Redkina E. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the principles of the Domain Name System (DNS), its role in the Internet, caching mechanisms and security issues are considered. The design of a DNS server using BIND9 on Ubuntu virtual machine is described. A laboratory stand structure for modeling DNS operation is presented.

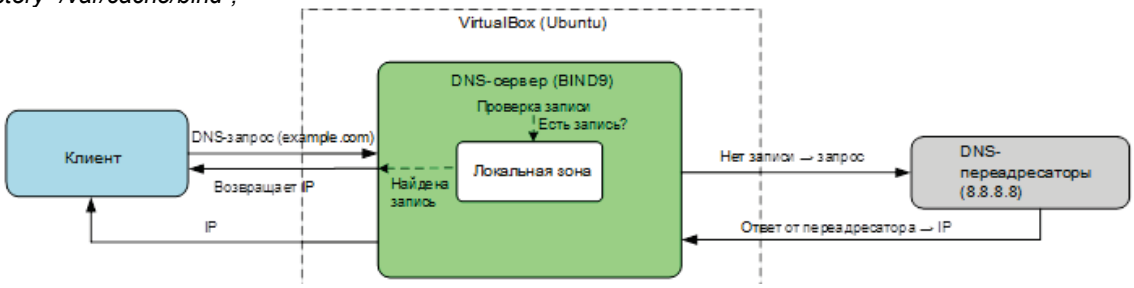


Рис. 1

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ИНТЕРЕСА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Стрелков А. В., Мурзин Д. Г.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: coolstrelkov2003@mail.ru

Аннотация — Проведён анализ различных алгоритмов обнаружения и позиционирования объектов интереса для системы технического зрения (СТЗ) подводного аппарата. На основе этого анализа разработан алгоритм для точного определения 3D-координат объектов. Работа программы была проверена на различных исходных данных.

1. Введение

Современные подводные аппараты стали незаменимыми инструментами для изучения морских глубин, экологического мониторинга и решения инженерных задач под водой. Разработка эффективных алгоритмов обнаружения объектов включает использование различных методов обработки изображений, машинного обучения и алгоритмов компьютерного зрения. В этом контексте YOLO представляет особый интерес благодаря своей способности одновременно предсказывать координаты ограничивающих рамок и классы объектов за один проход через нейронную сеть. Целью данной работы является разработка алгоритмов обнаружения и позиционирования объекта интереса. В рамках исследования будут рассмотрены основные алгоритмы обнаружения объектов, а также в проведено моделирование и анализ эффективности предложенной системы.

2. Основная часть

Для реализации алгоритмов обнаружения объекта интереса выбрала нейронная сеть YOLO11s-seg разработанная компанией Ultralytics. Нейронная сеть YOLO представляет собой современный алгоритм детекции объектов, который кардинально отличается от традиционных подходов. Основная идея заключается в одновременном предсказании ограничивающих рамок и классов объектов за один проход через нейронную сеть.

Триангуляция представляет собой метод вычисления трехмерных координат точки на основе её проекций на изображения, полученные с разных ракурсов, путем анализа углов и расстояний. Этот подход применяется для точного определения местоположения объектов на снимках. Метод опирается на геометрические законы и требует высокой точности измерений угловых и линейных параметров. С помощью триангуляции можно создавать детализированные 3D-модели объектов или окружающей среды.

Расчёт глубины изображения Z_w

$$Z_w = \frac{fb}{x_l - x_r},$$

где b — расстояние между камерами; f — фокусное расстояние камеры; x_l — x_r — разность координат в пикселах проекций точки M на левую и правую камеры (диспаратность).

На рис. 1 показан результат работы программы с наложенными цветными масками, демонстрирующими точное соответствие границ объектов.

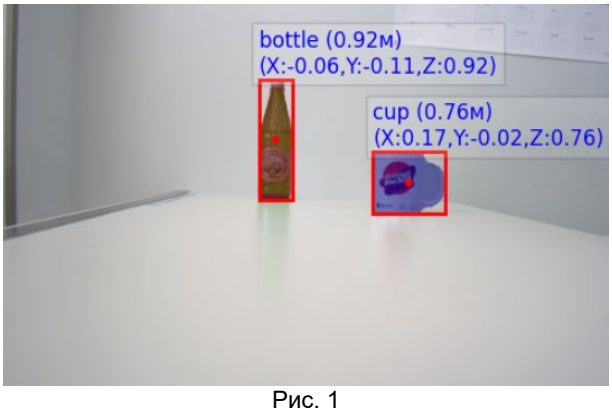


Рис. 1

Для оценки точности стереовычислений проводились контрольные замеры 3D-координат объектов в трех экспериментах.

Таблица 1

	Изменение положения камеры	Полученные координаты	
		чашка	бутылка
Эксперимент1	Камера неподвижна	X: 0,17, Y: – 0,02, Z: 0,76	X: – 0,06, Y: – 0,11, Z: 0,92
Эксперимент2	+0,1 м по X	X: 0,28, Y: – 0,02, Z: 0,80	X: 0,04, Y: – 0,11, Z: 0,93
Эксперимент3	+0,1 м по Z	X: 0,28, Y: – 0,01, Z: 0,69	X: 0,04, Y: – 0,10, Z: 0,83

Эксперимент подтвердил высокую эффективность предложенной методики.

3. Заключение

Таким образом, разработан алгоритм обнаружения и детекции объектов при помощи стереокамеры.

Проведено моделирование с использованием различных наборов данных, оценка точности алгоритма, его скорость, стабильность.

4. Список литературы

[1] Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — М. : Техносфера, 2012. — 1104 с.
[2] Форсайт, Д. Компьютерное зрение: современный подход / Ж. Понс. — М. : Вильямс, 2004. — 928 с.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR DETECTING AND POSITIONING THE OBJECT OF INTEREST IN A TECHNICAL VISION SYSTEM

Strelkov A. V., Murzin D. G.
Scientific adviser Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An analysis of various algorithms for detecting and positioning objects of interest for the technical vision system of an underwater vehicle has been conducted. Based on this analysis, an algorithm has been developed for accurately determining the 3D coordinates of objects. The program has been tested on various input data.

РОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ СЕГМЕНТОВ КАК КЛЮЧЕВОГО МЕХАНИЗМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНФРАСТРУКТУРАХ 5G-ADVANCED И 6G

Малишевская Е. А., Сметанин В. П.
Научный руководитель: Сметанин В. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: elena17122005@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены актуальные вопросы обеспечения информационной безопасности в перспективных телекоммуникационных системах пятого и шестого поколений, использующих принцип сетевой сегментации (Network Slicing).

1. Введение

Сетевая сегментация — это важная часть современных и будущих сетевых инфраструктур.

Она позволяет создавать виртуальные сети в единой физической среде, которые в свою очередь логически разделены. Быстрое управление сетевыми сегментами создает возможности для распределенных атак типа «отказ в обслуживании».

Воздействуя на общие ресурсы, такие атаки могут нарушить работу многих сегментов. Несмотря на актуальность данной области, теоретические аспекты развиты недостаточно.

2. Основная часть

Network slicing — это технология, которая позволяет на основе физической инфраструктуры сети создавать виртуальные экземпляры мобильной сети, они же «срезы» или «слайсы» (slices). Каждый слайс является отдельной логической сетью, которая может быть специально настроена и оптимизирована под требования конкретных приложений и услуг. По сути, слайсинг можно сравнить с созданием нескольких виртуальных машин на одном физическом сервере, где каждая виртуальная машина является отдельным экземпляром операционной системы и приложений, настроенным на определенные требования. То есть можно создать несколько виртуальных сетей на одной физической инфраструктуре, настроить их на определенные условия использования, динамически управлять этими слайсами.

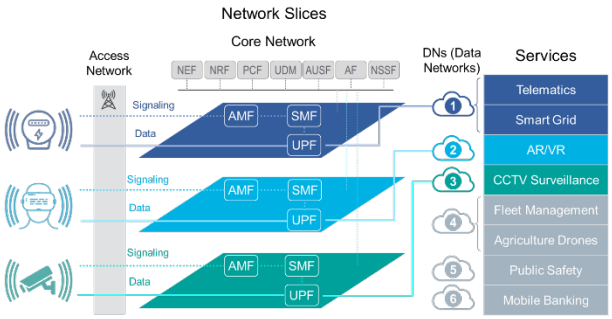


Рис. 1

Внедрение виртуализированных сетевых функций и технологий программно-конфигурируемых сетей увеличивает уязвимость системы [1].

Причиной является появление новых элементов управления, таких как оркестраторы, гипервизоры и виртуальные сетевые компоненты, и атаки на них.

Регулярное обновление сетевых сегментов нуждается в разработке адаптивных механизмов защиты. Одним из важнейших аспектов безопасности Network Slicing является осуществление изоляции слайсов.

Под изоляцией понимается создание логических барьеров между различными сетевыми сегментами, что предотвращает возможность несанкционированного взаимодействия между ними и распространения атак.

Наиболее опасными атаками, направленными на отдельные сегменты или компоненты управления, являются DDoS-атаки. В отличие от классических сетевых конфигураций, атака на общие ресурсы в сегментированной среде способна вызвать нарушение работы разнородных сервисов, значительно увеличивая масштаб потенциального ущерба.

Грамотно реализованная изоляция позволяет предотвратить распространение атаки на другие сегменты сети и ограничивает воздействие исключительно на один слайс. Это сохраняет работоспособность важных сервисов даже при нарушении безопасности одного из слайсов. Таким образом, изоляция сетевых сегментов представляет собой базовый принцип безопасности, который формирует основу устойчивости и бесперебойного функционирования инфраструктуры сетей нового поколения 5G-Advanced и 6G.

3. Заключение

В данной работе была подтверждена важность обеспечения эффективной изоляции сетевых слайсов в инфраструктуре 5G-Advanced/6G сетей.

Анализ путей распространения уязвимостей показал, что динамическая природа сетевой сегментации создает новые векторы для реализации DDoS-атак, способных нарушить работу множества разнородных сервисов через воздействие на общие ресурсы управления программно-конфигурируемых сетей (SDN).

4. Список литературы

[1] Ордонес-Люсена, Х. Сетевое сегментирование для 5G с использованием SDN/NFV концепции, архитектуры и проблемы / Х. Ордонес-Люсена, Д. Г. Амайо, П. Числанд // T-Comm. — 2018. — Т. 12, № 5. — С. 84—91

THE ROLE OF SEGMENT ISOLATION AS A KEY SECURITY MECHANISM IN 5G-ADVANCED AND 6G INFRASTRUCTURES

Malishevskaya E. A., Smetanin V. P.
Scientific Adviser: Smetanin V. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The current issues of ensuring information security in promising telecommunications systems of the fifth and sixth generations using the principle of network segmentation (Network Slicing) are considered.

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Агуреева А. С.[1], Бас Л. С.[2], Тыщук Ю. Н.[1]
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*ОА «Уранис-Радиосистемы», Россия*
E-mail: sypalova.anastasia@yandex.ru

Аннотация — В работе предлагается модель построения системы «умный дом», детально рассматривается часть системы, осуществляющая обработку информации и принятия решений. Описан подход к администрированию системы, приводится интерфейс панели администратора.

1. Введение

Современный человек предъявляет очень высокие требования к комфортности среды обитания. В результате инженерное оснащение квартир и коттеджей неуклонно усложняется, и растет количество устройств, участвующих в формировании этой среды. Возлагать на хозяина жилья управление всеми системами становится неудобно, невыгодно и небезопасно. Комплексная система управления жилищем «умный дом» берет на себя всю рутинную работу по решению этой запутанной задачи, оставляя человеку только принятие главных, «базовых» решений. «Умный дом (квартира, здание, квартал)» — это система приборов и датчиков, соединенных между собой с помощью платформенных решений. Конечный пользователь взаимодействует с системой через специально разработанный интерфейс [1].

2. Основная часть

Структурная схема системы «умный дом» (рис. 1). Схема имеет две независимые части — модуль сбора, передачи информации и управление исполнительными устройствами; модуль обработки информации и принятия решений.

В данной работе приводятся результаты разработки модуль обработки информации и принятия решений.

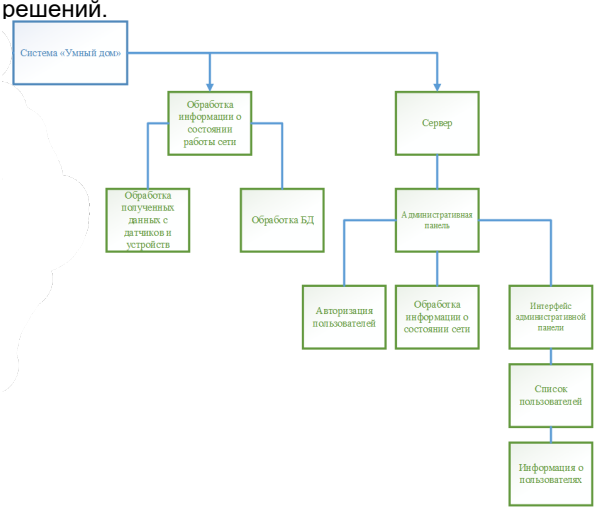


Рис. 1

На структурной схеме входят следующие блоки: обработка информации о состоянии работы сети, обработка БД, сервер, административная панель, авторизация пользователей, интерфейс административной панели, список пользователей, информация о пользователях. Для построения сети система «Умный дом» было выбрано устройство концентратор (хаб), коммутаторы 2-го и 3го уровня, сервер и оконечные устройства.

Была создана сеть, состоящая из четырех виртуальных локальных сетей (VLAN). В состав локальных сетей VLAN 10-30 входят коммутатор 2-го уровня, концентратор и оконечные устройства. Локальная сеть VLAN 40 состоит из коммутатора 3-го уровня, сервера и оконечного устройства.

Проведено моделирования работы сети. По результату моделирования, созданная сеть работает по заданным параметрам.

Разработана административная и пользовательская панель управления. Для создания панели управления и обработки информации была выбрана система MajorDoMo (рис. 2) [2].



Рис. 2

На панели имеется вся нужна информация для контроля состояния пользователей, обработки информации с датчиков и устройств. Имеется контроль доступа панель управления администратора и пользователя.

3. Заключение

Была разработана структурная схема работы системы «Умный дом». Создана панель администратора для обработки информации с датчиков и устройств.

Так же была создана сеть, состоящая из четырех виртуальных локальных сетей (VLAN). Проведено моделирования работы сети. По результату моделирования, созданная сеть работает по заданным параметрам

4. Список литературы

[1] Система Умный дом. Технологии постройки и управления [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://tech-house.su/sistema-umnyj-dom-chto-eto-tehnologiya-postrojki-i-upravleniya/
[2] База знаний MajorDoMo [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://kb.mjdm.ru/first_steps_iface/botaet.

INFORMATION PROCESSING AND DECISION-MAKING DEVICE OF THE SMART HOME SYSTEM

Agureeva A. S.[1], Bas L. S.[2], Tyschuk Y. N.[1]
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*OA «Uranis-RadioSystems», Russia*

Abstract — In the paper, a model for building a Smart Home system is proposed. The part of the system that processes information and makes decisions is examined in detail. The approach to system administration is described, and the interface of the admin panel is provided.

СБОР ДАННЫХ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Агуреева А. С.[1], Бас Л. С.[2], Тыщук Ю. Н.[1]
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*ОА «Уранис-Радиосистемы», Россия*
E-mail: sypalova.anastasia@yandex.ru

Аннотация — В работе предлагается модель построения системы «Умный дом», детально рассматривается часть системы, осуществляющую сбор данных и взаимодействие с исполнительными устройствами. Описан подход к управлению пользователем системой, приводится интерфейс панели управления пользователя.

1. Введение

Применение системы «умный дом» подразумевает автоматизацию домашнего системы для объединения всех электроприборов, в одну единую систему. На рынке все чаще появляются чайники, розетки, светильники, которыми можно управлять через мобильное приложение или панель управления, что является очень комфортным для пользователя системы. Умные устройства могут подключаться как через проводную сеть, так и через беспроводную.

Отдельным элементом системы «Умный дом», требующим детальной проработки является сбор данных и управление исполнительными устройствами [1, 2].

2. Основная часть

Структурная схема системы «умный дом» приведена на рис. 1. Схема имеет две независимые части — модуль сбора, передачи информации и управление исполнительными устройствами; модуль обработки информации и принятия решений.

В данной работе приводятся результаты разработки модуль сбора данных и управления исполнительными устройствами.



Рис. 1

На структурной схеме входят следующие блоки: модуль Zigbee; сбор показаний с датчиков и устройств; обработка данных; отправка данных на устройства и датчики; интерфейс пользователя; элементы управления (Датчики и устройства); состояния работы датчиков и устройств; карта комнат. Для управления связи в системе «Умный дом» был выбран протокол Zigbee и модуль Telegesis ETRX 3.

Для разработки панели управления пользователя была выбрана платформа системы домашней автоматизации MajorDoMo. Платформа для комплексного управления домашней автоматикой с использованием протоколов, таких как ZigBee.

На панели управления имеется доступ к комнатам и устройствам (рис. 2). Так же возможно добавления и настройка устройств и датчиков.



Рис. 2

С помощью панели мы отслеживаем состояние дома, управляя всеми датчиками и исполнительными устройствами (рис. 3).

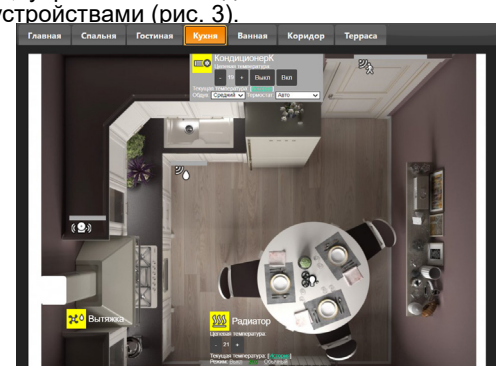


Рис. 3

Так же была произведена работа отладочных модулей и приемопередатчика ZigBee. Детально просканирована сеть и работоспособность модулей.

3. Заключение

Была разработана структурная схема работы системы «Умный дом». Создана панель управления пользователя с сбором информации устройств и датчиков с помощью платформы MajorDoMo. Так же с выбранным протоколом Zigbee и модулем Telegesis были собраны макеты и проведено моделирование.

4. Список литературы

[1] Умный дом — что это такое: типы и виды систем оборудования [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://tech-house.su/umnyj-doms-chego-nachat/

[2] 16.ZigBee [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ZigBee.

DATA COLLECTION AND ACTUATORS OF THE SMART HOME SYSTEM

Agureeva A. S.[1], Bas L. S.[2], Tyschuk Y. N.[1]
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*OA «Uranis-RadioSystems», Russia*

Abstract — In the paper, a model for building a Smart Home system is proposed, part of the system that collects data and interacts with execution devices was examined in detail. An approach to user management of the system is described, and the user's control panel interface is provided.

ПЛЯЖНЫЙ БУЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Сучок Д. Г., Ложкин Д. С., Макаренков А. В., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: max.durmanov@gmail.com

Аннотация — Рассматривается вопрос создания измерительного буя, оснащенного современными датчиками, которые устанавливают информацию о состоянии водоема в режиме реального времени, после чего эта информация передается на сервер. Это обеспечивает пользователей удобным доступом к актуальным данным через интернет-платформы и мобильные приложения.

1. Введение

На сегодняшний день существует проблема прогнозирования состояния морской воды в прибрежной зоне и отсутствует информация о её текущем состоянии для населения.

Основные преимущества предлагаемого буя заключаются в увеличенном наборе измеряемых параметров, в его устойчивости к вандализму, благодаря прочному корпусу, возможности автономной работы без использования солнечных батарей за счет повышенной энергоэффективности электронных компонентов и в доступности комплектующих на отечественном рынке. Таким образом, данная разработка станет важным инструментом для повышения безопасности и комфорта жителей прибрежных районов, а также их гостей и для защиты морской среды.

2. Основная часть

Пляжные метеорологические буи — это специализированные устройства, предназначенные для сбора и передачи данных о морских условиях в прибрежной зоне. Структурная схема пляжного буя показана на рис. 1.

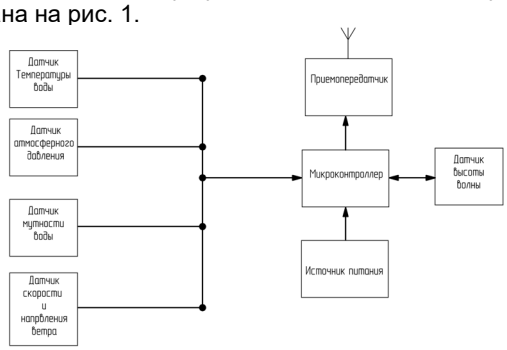


Рис. 1

В схему буя включены специальные датчики для измерения температуры, атмосферного давления, высоты волны и мутности, а также скорости и направления ветра. Используемые датчики: *BMP*-180 измеряет атмосферное давление, *HD*51.3*D*4*R* — скорость ветра, *DS*18*B*20 — температуру воды, *TSW*-30 — мутность воды, *ADXL*375 — высоту волн и анализирует движение буя с помощью акселерометра.

Высота и направление волн определяются на основе данных о наклоне буя. Интервал измерения составляет минимум 30 минут.

Питание буя обеспечивается литий-ионным аккумулятором ёмкостью 8000 мАч, что гарантирует длительную работу устройства. Энергоэффективность обеспечивается потреблением всего 0,08 Вт в режиме ожидания, что увеличивает срок службы системы.

Передача данных на берег осуществляется с помощью *GSM*-модуля, например, *GSM*800, который обладает широким покрытием, низкой стоимостью, хорошим качеством связи и режимами низкого энергопотребления, что важно для автономных устройств [1].

Корпус буя выполнен из полипропилена — материала, устойчивого к воздействию солёной воды, ультрафиолету, химическим веществам, а также обладающего лёгкостью, ударопрочностью и долговечностью. Конструкция корпуса включает прочный каркас и защитную обшивку, защищающую внутренние компоненты от коррозии и износа.

Стабильность буя на воде обеспечивается элементами плавучести и якорным тросом, которые удерживают устройство в вертикальном положении и препятствуют его смещению под воздействием волн, ветров и течений. Это обеспечивает точность метеорологических измерений и защищает устройство от повреждений.

В качестве вычислительной платформы используется микроконтроллер *STM*32 на архитектуре *ARM Cortex-M*, обеспечивающий высокую производительность при низком энергопотреблении. Он поддерживает различные интерфейсы связи (*SPI*, *I2C*, *UART*), что облегчает интеграцию различных датчиков и модулей для сбора и обработки данных [2]. Обмен данными с буем можно осуществлять в зоне обслуживания соответствующих базовых станций [3].

3. Заключение

Обеспечение жителей актуальными данными о качестве воды, высоте волн, скорости ветра и других метеорологических и гидрологических параметрах позволит улучшить информированность населения и повысить уровень безопасности при проведении водных мероприятиях.

4. Список литературы

[1] SIM800C (S2-108K9-Z3054, B01 BT_EAT_TLS12 32Mb ESD), GSM/GPRS + Bluetooth модуль для M2M приложений [Электронный ресурс] / SIMCom. — Режим доступа: https://www.chipdip.ru/product/sim800c-s2-108k9-z3054-b01-bt-eat-tls12-32mb-esd-simcom-9000692368.

[2] Мартин, М. Инсайдерское руководство по STM32 [Электронный ресурс] / М. Мартин. — Режим доступа: https://istarik.ru/file/STM32.pdf

[3] Афонин, И. Л. Радиопокрытие прибрежной морской зоны с применением беспроводного широкополосного оптического канала для организации интенсивного судоходства / И. Л. Афонин, В. В. Головин, М. О. Ткаченко, Ю. Н. Тыщук и др. // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 297—306.

BEACH BUOY FOR METEOROLOGICAL PARAMETERS MEASURING

Suchok D. G., Lozhkin D. S., Makarenkov A. V., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The design of a measuring buoy equipped with modern sensors that collect water conditions in real time and then transmit this information to a server is considered. This provides users with convenient access to up-to-date data via online platforms and mobile apps.

ЭМУЛЯТОР ТЕХНОЛОГИИ *VOICE OVER LTE* НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM*

Свиридов Р. А., Савочкин А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Савочкин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sviridov.ruslan@yandex.ru

Аннотация — В работе рассматривается разработка эмулятора технологии *Voice over LTE* (*VoLTE*) с использованием подсистемы *IP Multimedia Subsystem* (*IMS*). Показано, что использование подобного эмулятора актуально, и он может применятся для тестирования, отладки и моделирования голосовых сервисов в сетях поколения 4G.

1. Введение

Сети *LTE* активно внедряются в мобильной связи и обеспечивают практическую скорость передачи данных до 250 Мбит/с при агрегации нескольких частотных каналов 20 МГц [1]. Однако стандарт *LTE* ориентирован на передачу данных, и голосовые вызовы в нём не поддерживаются напрямую. Для обеспечения голосовых сервисов применяется технология *VoLTE*, основанная на *IMS*, которая позволяет передавать голос в формате *VoIP поверх LTE*.

Не все операторы мобильной связи обеспечивают поддержку *VoLTE*. Это приводит к ситуации, когда оборудование абонентов при голосовом вызове вынуждено производить переключение в сети 2*G*/3*G* (*Circuit-Switched Fallback, CSFB*). В результате ухудшаются показатели качества связи: среднее время установления вызова увеличивается с 1,2 с (*VoLTE*) до 6—7 с (3*G*), средняя скорость передачи голоса ограничивается кодеком *AMR-NB* на уровне 12,2 кбит/с, в то время как *VoLTE* поддерживает кодек *AMR-WB* со скоростью до 23,85 кбит/с**,** при переключении из *LTE* в 3*G* происходит разрыв передачи данных. Таким образом, разработка эмулятора *VoLTE* для тестовой среды является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

2. Основная часть

Программно-аппаратная платформа. В работе предполагается использование программного пакета *srsRAN* 22.04 (поддержка *LTE Release* 10) [2]. Основные модули программного пакета: *srsENB* — программная базовая станция, поддерживающая до 20 МГц полосы и 100 Мбит/с скорости в *downlink*; *srsUE* — эмулятор пользовательского устройства с поддержкой всех основных *LTE*-режимов (*FDD*, *TDD*); *srsEPC* — ядро сети *LTE*, включающее *MME*, *HSS*, *SGW* и *PGW*, интеграция с *OpenIMSCore* или *Kamailio* для реализации *SIP* / *IMS*. В качестве операционной системы используется *Linux Ubuntu* 22.04 *LTS*, так как она официально поддерживается разработчиками *srsRAN*. Минимальные требования к серверу: *CPU*: 4 ядра *AMD Ryzen* 6000 *series*, *RAM* от 8 ГБ *SDR*-приёмопередатчик (*USRP B*210 или *LimeSDR*) для физического радиоинтерфейса.

Параметры *VoLTE*. При тестировании эмулятора планируется обеспечить следующие показатели качества: задержка передачи голоса *E2E delay* ≤ 50 мс для *VoLTE* против 120—200 мс в 3*G*; джиттер ≤ 10 мс; уровень потерь пакетов — не более 1%; оценка качества речи *MOS***:** 4,2—4,4 для *VoLTE* против 3,1—3,3 для традиционных вызовов.

Методика эксперимента. Запуск *srsEPC* и *srsENB* на сервере *Ubuntu*. -> Подключение эмулятора *srsUE* с *IMS*-модулем. -> Регистрация двух виртуальных абонентов в *IMS*. -> Установление *SIP*-вызова и передача *RTP*-трафика. -> Сбор статистики с помощью *Wireshark* и встроенных утилит *srsRAN* [3, 4].

Архитектура *VoLTE* представлена на рис. 1.

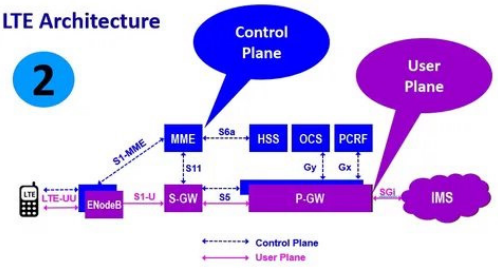


Рис. 1

Качественные преимущества *VoLTE*. Ожидается сокращение времени соединения, до 5 раз. Поддержка *HD Voice*. Возможность одновременной передачи голоса и данные. Экономия частотного спектра: для одного голосового вызова требуется всего ~12—24 кбит/с, что в 2—3 раза меньше, чем в 3G.

3. Заключение

Разработка эмулятора *VoLTE* с использованием *IMS* и инструментов *srsRAN* позволяет воспроизвести работу голосовой связи нового поколения даже в условиях отсутствия её поддержки операторами связи. Полученная тестовая платформа позволит: оценить реальные параметры качества связи (*MOS*, задержку, потери пакетов); исследовать поведение *IMS* в условиях нагрузочного тестирования; создать учебно-исследовательскую базу для подготовки специалистов по мобильным сетям.

Таким образом, работа носит прикладной характер и может быть использована как для научных исследований, так и для практической отработки сценариев внедрения *VoLTE*.

4. Список литературы

[1] GSMA. VoLTE Service Description and Implementation Guidelines [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma_resources/volte-service-description-and-implementation-guide/
[2] srsRAN Project Documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.srsran.com
[3] Poikselka, M. The IMS: IP Multimedia Concepts and Services / M. Poikselka, G. Mayer. — Wiley, 2021.
[4] ITU-T Rec. P.800. Methods for subjective determination of transmission quality. — ITU, 2020.

EMULATOR OF VOICE OVER LTE TECHNOLOGY BASED ON IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

Sviridov R. A., Savochkin A. A.
Scientific adviser: Savochkin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the development of a Voice over LTE (VoLTE) emulator using the IP Multimedia Subsystem (IMS) is discussed. It is shown that the use of such an emulator is relevant, as it can be applied for testing, debugging, and modeling voice services in 4G networks.

СОЗДАНИЕ ДОМАШНЕЙ МЕТЕОСТАНЦИИ

Ганощенко Ю. Е., Табакаев Д. И.
Научный руководитель: Табакаев Д. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dovgaaulia9@gmail.com

Аннотация — Рассмотрен процесс создания портативной метеостанции, которая позволяет мониторить климатические условия в реальном времени. Описаны основные компоненты устройства. Приведены схемы подключения и алгоритмы обработки данных, а также результаты тестирования точности измерений.

1. Введение

Современные условия жизни требуют постоянного мониторинга климатических параметров, что делает разработку портативных метеостанций актуальной задачей. Эти устройства позволяют пользователям получать информацию о температуре, влажности и атмосферном давлении в реальном времени. Преимуществом портативных метеостанций является их компактность и возможность использования в различных условиях, что обеспечивает удобство в эксплуатации. В данной работе представлены методики разработки и реализации таких устройств.

2. Основная часть

Для создания метеостанции был использован микроконтроллер *Arduino*. *Arduino* — это электронный конструктор, инструмент для создания электронных устройств, аппаратная вычислительная платформа. В отличие от стандартных метеорологических станций, метеостанция, основанная на платформе *Arduino*, должна обеспечивать простоту подключения и настройки датчиков. Рассматриваемые в проекте методики интеграции датчиков разработаны на основе открытых библиотек *Arduino*, что позволяет легко адаптировать устройство под конкретные требования пользователя [1—7].

В основе конструктора используется микроконтроллер *Arduino Uno*. Программируется на языке *C/C++*.

В качестве источников для метеорологических данных были использованы следующие датчики:

— датчик измерения давления и температуры *BMP*180, который представляет собой датчик для измерения абсолютного давления и температуры;

— датчик измерения влажности и температуры *DHT*22, который является модулем для измерения температуры и влажности, который состоит из двух частей — емкостного датчика температуры и гигрометра, содержит в себе АЦП (аналогово-цифровой преобразователь) для преобразования аналоговых значений влажности и температуры.

Для прошивки *Arduino* использовалась среда разработки *Arduino IDE*. На *Arduino IDE* разрабатывается код, который обрабатывает данные от датчиков, управляет дисплеем и организует связь. Используются библиотеки для работы с датчиками и модулями связи.

Рассмотрим функционал метеостанции:

— показания снимаются с датчиков и обновляются на экране только те показатели, которые были изменены по сравнению с прошлым измерением;

— реализована передача данных по *COM* порту.

3. Заключение

Домашние метеостанции появились на рынке сравнительно недавно. Родоначальниками бытовых метеостанций являются обыкновенные барометры. Функциональность портативной метеостанции схожа с метеорологической станцией, только обрабатываются гораздо меньше данных, которые поступают с одного или нескольких датчиков, установленных за окном и в других помещениях. Платформа *Arduino* является универсальным средством для создания систем автоматики и робототехники. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. В качестве основного элемента была выбрана плата *Arduino Uno*. Таким образом, была разработана портативная домашняя метеостанция, обладающая широким функционалом для мониторинга климатических условий. Выявлена возможность повышения точности измерений и удобства использования устройства за счет интеграции нескольких датчиков и реализации беспроводной передачи данных. Показано, что добавление новых функций, таких как хранение данных и уведомления о критических изменениях, значительно увеличивает полезность метеостанции для пользователей.

С помощью автономной портативной метеостанции измерены относительная влажность воздуха, температура и атмосферное давление в помещении.

4. Список литературы

[1] Проект: погодная станция (метеостанция) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/826536/ (дата обращения 16.09.2025).
[2] Проект метеостанции с монохромным дисплеем [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://pikabu.ru/story/moy_otkryityiy_proekt_meteostantsii_s_monokhromnyim_displeem_11762811 (дата обращения 16.09.2025).
[3] *Weather station Volna 2BW42 firmware* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://github.com/NC22/Volna42BW (дата обращения 16.09.2025).
[4] Схемы на Ардуино [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://microkontroller.ru/arduino-projects/ (дата обращения 16.09.2025).
[5] Домашняя метеостанция на базе *Arduino* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://habr.com/ru/post/357896/ (дата обращения 16.09.2025).
[6] Принцип работы и логическая схема портативной метеостанции [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/printsip-raboty-i logicheskaya-shema-portativnoy-meteostantsii (дата обращения 16.09.2025).
[7] Проект 1. Метеостанция (температура, давление, влажность) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://lesson.iarduino.ru/page/Set_project_Weather_station/ (дата об-ращения 16.09.2025).

DESIGN OF HOME WEATHER STATION

Ganoshhenko Yu. E., Tabakaev D. I.
Scientific adviser: Tabakaev D. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The process of creating a portable weather station that allows monitoring climatic conditions in real time is considered. The main components of the device are described. Connection schemes and algorithms for data processing, as well as the results of measurement accuracy testing, are presented.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ *VOICE OVER WI-FI*

Свиридов Р. А., Савочкин А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Савочкин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sviridov.ruslan@yandex.ru

Аннотация — В статье рассматриваются возможности и особенности применения технологии *Voice over Wi-Fi* (*VoWiFi*) операторами мобильной связи. Приводится анализ преимуществ и недостатков *VoWiFi* по сравнению с традиционными голосовыми технологиями 2*G*/3*G*. Показана актуальность использования данной технологии для повышения качества голосовой связи и обеспечения доступности сервисов.

1. Введение

Сотовая связь практически любого оператора мобильной связи характеризуется рядом ограничений: фрагментированным радиочастотным спектром, высокой нагрузкой на 2*G*/3*G* и ограниченной поддержкой *VoLTE*. Согласно данным МТС (2025), в России около 46% голосового трафика уже проходит через *VoLTE* и *VoWiFi*, при этом доля *Wi-Fi*-звонков растёт ежегодно на 10—12%. В условиях ограничения покрытия мобильной сети, *VoWiFi* становится эффективным инструментом обеспечения голосовых сервисов.

2. Основная часть

Технология *VoWiFi* базируется на базе *IP Multimedia Subsystem* (*IMS*), по аналогии с технологий *VoLTE*. Отличие заключается в том, что вместо *LTE*-радиоинтерфейса используется *Wi-Fi* сеть. Вызовы обрабатываются по протоколу *SIP*, а передача голоса происходит с использованием *RTP*-пакетов. Для абонента *VoWiFi* все выглядит как обычный звонок: используются стандартные контакты и интерфейс телефона, но соединение устанавливается через *Wi-Fi*.

Известно, что около 18—22% территорий (по оценкам региональных операторов) остаётся вне устойчивого *LTE*-покрытия. Внутри зданий уровень сигнала *LTE* в среднем ниже уровня –100 дБм, что приводит к деградации качества речи и частым обрывам вызовов. При этом проникновение *Wi-Fi* сетей высоко: так, например, в городах Крыма около 70% домохозяйств имеют широкополосный доступ в интернет и используют *Wi-Fi*-роутеры. Таким образом, *VoWiFi* может существенно расширить зону доступности связи [1, 2].

Сравнительные показатели (средние значения для России при тестах в 2024-2025 гг.) приведены в табл. 1. Из таблицы видно, что *VoWiFi* по ключевым метрикам близка к *VoLTE* и превосходит характеристики традиционные 2*G*/3*G*, особенно в условиях слабого сигнала [3].

Перспективы внедрения и использование *VoWiFi* могут стать важным элементом стратегии развития связи: подключение к городской *Wi-Fi* инфраструктуре; интеграция с корпоративными сетями (в крупных гостиницах и университетах до 90% помещений покрыто *Wi-Fi*). Снижение нагрузки на радиосеть обеспечивается перераспределением трафика, если хотя бы 10% голосового трафика перевести на *VoWiFi,* это позволит уменьшить загруженность 2G/3*G*-сетей в часы пиковой нагрузки на 15—20%.

Таблица 1

Параметр	2*G* (*GSM*)	3*G* (*UMTS*)	*VoLTE*	*VoWiFi*
Время установления вызова	6—7 с	4—5 с	1,2—1,5 с	1,3—1,6 с
Задержка передачи (*E2E*)	150—200 мс	120—180 мс	≤ 50 мс	50—80 мс
Качество речи (*MOS*)	3,0—3,2	3,1—3,3	4,2—4,4 (*HD Voice*)	4,1—4,3 (*HD Voice*)
Пропускная способность	12,2 кбит/с AMR-NB	12—24 кбит/с	23,85 кбит/с AMR-WB	23,85 кбит/с AMR-WB
Обрыв вызова (в помещениях)	до 20%	10—12 %	3—5 %	2—4 %

3. Заключение

Технология *VoWiFi* является перспективной технологией для повышения доступности и качества голосовой связи. Она позволяет компенсировать недостатки существующей сотовой инфраструктуры и обеспечить устойчивую связь там, где радиодоступ ограничен. Количественные показатели показывают, что: средняя задержка *VoWiFi* сопоставима с *VoLTE*; доля обрывов снижается в 3—4 раза по сравнению с 2*G*/3*G*; потенциал разгрузки радиосети может достигать до 20% голосового трафика**.** Таким образом, *VoWiFi* является важным дополнением к традиционным голосовым сервисам и обеспечит значительный рост качества связи.

4. Список литературы

[1] GSMA. VoLTE Service Description and Implementation Guidelines [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma_resources/volte-service-description-and-implementation-guide/

[2] *ITU-T Rec. P*.800. *Methods for subjective determination of transmission quality*. — *ITU*, 2020.

[3] МТС — Аналитика данных. [Электронный ресурс] / MTS-Media — 2025 — Режим доступа: https://moskva.mts.ru/about/ media-centr/soobshheniya-kompanii/novosti-mts-v-rossii-i-mire/2025-01-28/analitika-mts-na-tehnologii-zvonkov-v-internete-prihoditsya-pochti-polovina-golosovogo-trafika

FEATURES OF THE USE AND PROSPECTS OF VOICE OVER WIFI TECHNOLOGY

Sviridov R. A., Savochkin A. A.
Scientific adviser: Savochkin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the possibilities and features of using Voice over Wi-Fi (VoWiFi) technology by mobile operators are discussed. The advantages and disadvantages of VoWiFi compared to traditional 2G/3G voice technologies are analyzed. The relevance of using this technology to improve the quality of voice communication and ensure the availability of services is shown.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ

Мордвинова А. Ю., Афонин И. Л.
Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф. Афонин И. Л.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: aumordvinova@mail.sevsu.ru

Аннотация — В работе показано, как на практике увеличивают скорость передачи данных в современных системах связи. Описаны основные подходы: выбор модуляции и кодов, использование многоантенных систем *MIMO*, расширение полосы частот и настройка протоколов передачи данных. Показано, как эти решения позволяют приблизиться к теоретическому пределу пропускной способности канала связи с сохранением требуемой надёжности.

1. Введение

Экспертами отмечается ежегодный прирост по объёму передаваемой информации. Каждый из нас сталкивается ежедневно в повседневной жизни: с потоковым видео, облачными сервисами, онлайн-играми. Все эти технологии требовательны к скорости передачи данных. Фундаментально верхнюю границу пропускной способности определяет формула Шеннона. Так для канала связи с шумом

$$C = B \cdot log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right),$$

где *C* — максимальная скорость передачи, *B* — полоса частот, *S* и *N* — мощности сигнала и шума соответственно. На практике к этому пределу не стремятся вплотную, а используют его как ориентир при выборе технологий.

2. Основная часть

Сегодня основное предпочтение отдано высокоэффективным методам модуляции. Например, вместо схем *QPSK* (*quadrature phase-shift keying*, 4-*PSK*) используются многоуровневые виды модуляции 64-*QAM* и 256-*QAM*, передающие больше бит на один символ. Проще говоря, каждый сигнал передатчика несёт не 2, а 6—8 бит. Спектральная эффективность при этом описывается соотношением

$$\eta = \frac{C}{B}.$$

Значение η показывает, сколько бит в секунду удаётся передать в одном Герце полосы. Адаптивная модуляция автоматически выбирает порядок *QAM* (*quadrature amplitude modulation*): в канале связи с минимальным шумом применяется схема уплотнения сигнала, а в сложных условиях актуальна надёжность по передаче и приёму сигнала [1—4].

В беспроводных сетях стандартом де-факто стала *OFDM* (*Orthogonal frequency-division multiplexing*), разбивающая широкий канал на десятки и сотни узких поднесущих частот, что позволяет минимизировать многолучевость и эффективно занимать один из доступных спектров. В оптоволоконных линиях применяется спектральное уплотнение *DWDM* (*dense wavelength division multiplexing*), когда по одному волокну параллельно передаются десятки независимых каналов.

Применение многоантенных систем *MIMO*. При наличии нескольких передающих и приёмных антенн канал можно условно «размножить» на несколько п пространственных потоков. В простейшей оценке при *M* независимых потоках ёмкость канала растёт примерно пропорционально их числу

$$CMIMO \approx M \cdot B \cdot log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right).$$

На практике это означает, что базовая станция 4×4 или 8×8 *MIMO* обслуживает больше пользователей на высокой скорости передачи данных при той же полосе частот. Адаптивное кодирование и методы коррекции ошибок. Любой код добавляет избыточность: часть битов несёт полезную информацию, а часть служит для исправления ошибок. Отношение числа информационных бит *k* к общему числу бит в кодовом слове *n* описывается коэффициентом

$$R = \frac{k}{\eta}.$$

Современные системы связи используют коды Галлагера и полярные коды, которые при плохом отношении сигнал/шум позволяют сохранить связь, а при хорошем *S*/*N* повышают *R* и тем самым итоговую скорость передачи данных. Оптимизация протоколов и физических сред. На скорости сказываются служебные заголовки, повторные передачи и механизмы контроля перегрузок. Поэтому используются сжатые заголовки *ROHC*, современные варианты *TCP* (*BBR*, *CUBIC*), а также агрегация кадров в *Wi-Fi*. Параллельно идёт переход на оптические линии и использование миллиметрового диапазона частот 28—60 ГГц, где доступны очень широкие полосы.

3. Заключение

Увеличение скорости передачи данных — это не один «волшебный» приём, а совокупность инженерных решений на разных уровнях: от выбора модуляции и кода до настройки протоколов и обновления среды передачи. Практика показывает, что именно комплексный подход, основанный на теоретических ограничениях, позволяет строить современные системы связи — от оптических магистралей до стандартов *Wi-Fi* 6/7 и мобильных сетей 4*G*/5*G*.

4. Список литературы

[1] Прокис, Д. Цифровая связь / Д. Прокис. — М. : Радио и связь, 2000. — 800 с.
[2] Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. — СПб. : Питер, 2021. — 960 с.
[3] Goldsmith, A. Wireless Communications / A. Goldsmith. — Cambridge University Press, 2005. — 571 p.
[4] Дегтярёв, А.Н. Оптимальный приёмник, обеспечивающий максимальное отношение сигнал-помеха в условиях действия небелого негауссова шума / А.Н. Дегтярёв., И.Л. Афонин, В.Г. Слезкин, Г.В. Слезкин // Журнал радиоэлектроники. 2024. — № 7. — 17 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.7.1

METHODS OF INCREASING DATA TRANSMISSION RATE IN COMMUNICATION CHANNELS

Mordvinova A. Yu., Afonin I. L.
Scientific adviser: Afonin I. L.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The paper briefly explains how practical engineering methods — advanced modulation, coding, MIMO and protocol tuning — help to approach the theoretical channel capacity limit and increase user data rates in modern communication systems.

УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЕЁ ПЕРЕДАЧЕ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ

Мордвинова А. Ю., Егорова А. О.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: aumordvinova@sevsu.ru

Аннотация — Рассматривается проблема защиты информации при её передаче по каналам связи. Подчёркивается необходимость применения технологий защиты канала связи для обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информации.

1. Введение

Организация распределённых автоматизированных систем для задач защиты информации включает в себя применение технических мер защиты информации в ходе обработки, хранения и передачи [1]. Также остро стоит вопрос обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности информации в ходе её передачи по каналам связи. Изучение угроз безопасности информации, актуальных для каналов связи, позволит определить направление исследований по оптимизации и повышению эффективности систем защиты информации для различных задач.

2. Основная часть

Согласно Банка данных угроз безопасности информации ФСТЭК России [2], для информации, передаваемой по каналам связи, среди потенциальных угроз безопасности информации является угроза неправомерных действий в каналах связи (УБИ.069), заключающаяся в том, что нарушитель изменяет работу сетевых протоколов, добавляя или удаляя данные из информационного потока. Это влияет на дискредитируемую систему или позволяет получить доступ к конфиденциальной информации. Причина — недостатки протоколов, не проверяющие целостность и подлинность данных. Угроза реализуется при несанкционированном доступе к сетевому трафику (рис. 1).

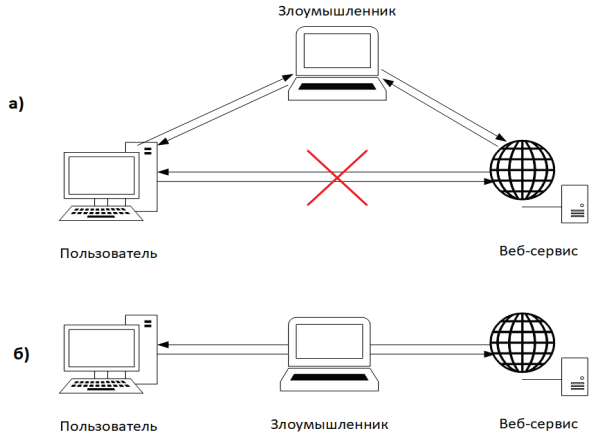


Рис. 1

Особенности данной угрозы обуславливают необходимость применения технологий защиты канала связи, которые, в зависимости от способа организации, могут определять способ передачи информации (квантовые каналы связи, выделенные оптоволоконные линии, аппаратное шифрование) или способ защиты (VPN, криптографические протоколы). Рассмотрим основные виды атак:

— «человек посередине» (рис. 1, а): осуществляется перехват и подмена пакетов, идущих от пользователя к серверу и от сервера к пользователю;

— перехват данных (рис. 1, б): механизм имеет некоторые отличительные черты, в сравнении с предыдущей атакой, а именно то, что злоумышленник выполняет пассивную роль, не внося изменений в информационный обмен, т. е. не несёт угрозы целостности и доступности информации.

Актуальность рассматриваемых угроз безопасности информации в канале связи определяется наличием уязвимостей, через которые могла бы быть произведена успешная атака, а значит реализована данная угроза,

Разработка способов и средств защиты информации от неправомерных воздействий в каналах связи позволит обеспечить безопасность не только компонентов автоматизированных систем, но и в области интересов персональных устройств в частных и общедоступных сетях: персональных компьютеров, мобильный устройств, устройств интернета вещей и т. д.

3. Заключение

Таким образом, неправомерных действий в каналах связи, связанная с изменением работы сетевых протоколов, требует применения специальных технологий защиты. Для противодействия таким угрозам необходимо использовать различные методы шифрования и защиты каналов связи, включая VPN и криптографические протоколы. Актуальность угроз определяется наличием уязвимостей в системах, которые могут быть использованы злоумышленниками.

4. Список литературы

[1] Азьмуко, В. С. Инновации в алгоритмах классификации для автоматизированных и информационных систем / В. С. Азьмуко, М. А. Маслова // Проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем в условиях цифровой экономики : Матер. XXIII Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 25–26 нояб. 2024 года. — Ростов-на-Дону : Ростовский гос. экономич. Ун-т (РИНХ), 2024. — С. 238—242.

[2] Официальный сайт Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России [Электронный ресурс] / Банк данных угроз безопасности информации. — Режим доступа: https://bdu.fstec.ru/ (дата обращения: 12.11.2025).

THREATS TO THE SECURITY OF INFORMATION WHEN IT IS TRANSMITTED THROUGH COMMUNICATION CHANNELS

Mordvinova A.Yu., Egorova A.O.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The problem of information protection during its transmission through communication channels is considered. The necessity of using communication channel protection technologies to ensure confidentiality, integrity and accessibility of information is emphasized.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ

Мордвинова А. Ю., Егорова А. О.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: aumordvinova@sevsu.ru

Аннотация — В данной статье проведём анализ способов повышения скорости передачи данных по каналам связи приведённых в патентах *RU* 2 781 815 *C*1 и *RU* 2 677 854 *C*2. В результате анализа выделены основные механизмы достижения необходимого результата. Определены основные преимущества рассмотренных способов.

1. Введение

Для решения современных задач информационного взаимодействия между компонентами систем и между системами необходимо обеспечение передачи данных по каналам связи с наибольшей эффективностью. Эффективность передачи информации по каналу связи определяется минимизацией потерь в канале и скоростью осуществления информационного обмена. В связи с этим возникает необходимость в развитии методов повышения скорости передачи данных, сохраняя целостность передаваемых данных. Рассмотрим существующие способы повышения скорости передачи данных на их соответствие современным тенденциям развития информационных технологий.

2. Основная часть

Рассмотрим способ, предложенный авторами патента *RU* 2 781 815 *C*1 [1]. Авторы данного способа предлагают осуществлять увеличение пропускной способности за счёт одновременной передачи и приема данных по нескольким лучам разных направлений. Основные применяемые в данном способе механизмы:

— группировка потоков данных (разделение множества потоков на минимум две группы, привязка каждого потока к определенному направлению луча, оптимизация использования радиоресурсов);

— многолучевая передача (использование нескольких точек передачи/приема (*TRP — transmission and reception point*), поддержка нескольких антенных панелей, одновременная передача данных по разным направлениям);

— сигнализация управления (использование *DCI* (*downlink control information*) для передачи управляющих сигналов, применение *RRC* (*radio resource control*) для конфигурации, управление через *MAC* (*medium access control*));

— битовая индикация (однобитовая сигнализация для базовых указаний и двухбитовая для расширенных возможностей, использование зарезервированных значений битов);

— комбинационный подход (поддержка различных комбинаций потоков данных, возможность работы с несколькими потоками данных, гибкая конфигурация групп потоков).

Следующим рассмотрим патент *RU* 2 677 854 *C*2 и предложенный в нём способ [2]. Рассматриваемый способ использует следующие этапы:

— формирование пакетов сообщений (разделение информации на пакеты фиксированной длительности, преобразование сообщений в последовательности двоичных символов, формирование информационных символов);

— матричное преобразование (вычисление матрицы взаимного распределения информационных символов, определение суммы весовых коэффициентов элементов матрицы, преобразование квадратичной матрицы в треугольную форму);

— кодирование и модуляция (формирование кодовых таблиц на передающей стороне, использование относительной многофазовой модуляции, применение весовых коэффициентов для элементов матрицы);

— декодирование (формирование обратных кодовых таблиц, декодирование номеров пакетов, восстановление исходных сообщений).

Оба рассмотренных способа обладают способностью улучшения помехозащищенности канала за счёт механизмов адаптации и эффективного использование полосы пропускания.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены два примера актуальных способов повышения скорости передачи данных на примере патентов *RU* 2 781 815 *C*1 и *RU* 2 677 854 *C*2, выделены основные принципы их функционирования.

4. Список литературы

[1] Пат. № 2781815 C1 Российская Федерация, МПК H04W 72/04. Способ и устройство передачи данных, система и носитель информации / Ли М. ; заявитель Бейдзин Сяоми Мобайл Софтвэр Ко., Лтд. — № 2022100580 ; заявл. 25.06.2019 ; опубл. 18.10.2022.

[2] Пат. № 2677854 C2 Российская Федерация, МПК H04L 27/18. Способ уплотнения каналов передачи данных и комплекс средств для его реализации / Иванников А. П. ; заявитель Акционерное общество "Научно-производственное предприятие «Полет». — № 2017114247 ; заявл. 24.04.2017 ; опубл. 22.01.2019.

[3] Дегтярёв, А.Н. Оптимальный приёмник, обеспечивающий максимальное отношение сигнал-помеха в условиях действия небелого негауссова шума / А.Н. Дегтярёв., И.Л. Афонин, В.Г. Слезкин, Г.В. Слезкин // Журнал радиоэлектроники. 2024. — № 7. — 17 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.7.1

[4] Bezgin, A.A. Distributed intelligent measuring and information system for monitoring coastal environmental parameters / A.A. Bezgin, S.V. Motyzhev, E.G. Lunev, A.P. and others // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2021. — P. 32028.

ANALYSIS OF EXISTING WAYS TO INCREASE THE SPEED OF DATA TRANSMISSION OVER COMMUNICATION CHANNELS

Mordvinova A. Yu., Egorova A. O.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In this article, we will analyze ways to increase the speed of data transmission over communication channels listed in patents RU 2,781,815 C1 and RU 2,677,854 C2. As a result of the analysis, the main mechanisms for achieving the required result are highlighted. The main advantages of the considered methods are determined.

МИП «Инжиниринговый центр СевГУ»

299038, г. Севастополь,
проспект Октябрьской революции, д. 38, помещ. 2.
engineering@sevsu.ru



Основные направления деятельности: разработка цифровых, аналоговых и смешанных монолитных интегральных схем; разработка систем-на-кристалле (СнК), систем-в-корпусе (СвК), гибридных интегральных схем СВЧ диапазона; разработка радиоэлектронной аппаратуры на основе микроконтроллеров, цифровых сигнальных процессоров и программируемых логических интегральных схем; тестирование опытных партий кристаллов интегральных схем в диапазоне частот до 50 ГГц; практическая подготовка специалистов по заказам предприятий радиоэлектронной промышленности Крыма и г. Севастополя.

Центр создан при поддержке Минобрнауки и Минпромторга Российской Федерации.

Секция 3

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ УСТРОЙСТВА МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

РАЗРАБОТКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ РАДИОСВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА LORA

Дидус В. Т., Шундрин М. И.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: diduslera@mail.ru

Аннотация — В статье рассматривается метод повышения помехоустойчивости радиосвязи на базе технологии LoRa с использованием алгоритмов псевдослучайной перестройки рабочей частоты. Анализируются преимущества комбинации широкополосной модуляции и динамического частотного скачкообразного переключения для обеспечения надежной передачи данных в условиях электромагнитных помех.

1. Введение

В условиях роста числа беспроводных устройств и увеличения уровня электромагнитных помех ключевой задачей становится обеспечение надежной радиосвязи. Одним из эффективных методов борьбы с помехами является псевдослучайная перестройка рабочей частоты в сочетании с технологией Long Range (LoRa), обладающей высокой помехоустойчивостью благодаря широкополосной модуляции. Этот подход позволяет создавать энергоэффективные и отказоустойчивые системы связи.

2. Основная часть

Технология LoRa использует метод Chirp Spread Spectrum (CSS) — метод модуляции, при котором сигнал «растягивается» по широкой полосе частот. Это обеспечивает высокую устойчивость к узкополосным помехам, низкую вероятность перехвата и хорошую проникающую способность.

Несмотря на устойчивость CSS, в перегруженном радиоэфире (например, в городе) возможны коллизии сигналов или использование узкополосных глушилок. Для борьбы с этим внедряется псевдослучайная перестройка частоты (ППРЧ) для динамического изменения каналов передачи.

ППРЧ — это метод, при котором передатчик и приемник синхронно переключаются между частотами по раннее заданному псевдослучайному алгоритму. К преимуществам ППРЧ в LoRa относят повышенную помехоустойчивость, защиту от перехвата и снижение интерференции.

В LoRaWAN уже предусмотрена минимальная форма ППРЧ, то есть устройства могут переключаться между 3—8 каналами в зависимости от региона. Однако, этот механизм недостаточно гибок для сложных помеховых условий.

Можно реализовать более сложные алгоритмы, например, адаптивная ППРЧ. При адаптивной ППРЧ устройство анализирует уровень помех и выбирает наименее зашумленные каналы. Либо же используется синхронизированная ППРЧ, когда все узлы сети переключаются по единому алгоритму, заданному сервером.

Для реализации ППРЧ в LoRa-устройствах необходимы микроконтроллер с поддержкой LoRa, библиотеки для работы с LoRa, и алгоритм генерации псевдослучайных последовательностей.

Для проверки эффективности ППРЧ можно создать искусственные помехи на одной из частот, замерить процент успешных передач при включенной и выключенной ППРЧ и сравнить результаты.

Данный метод может применяться в различных областях, например, на заводах с высоким уровнем электромагнитных помех, в городах для надежной связи в условиях плотной застройки, и в других случаях для обеспечения устойчивой связи.

Важным аспектом внедрения ППРЧ в системы с использованием технологии LoRa является обеспечение надёжной синхронизации между передатчиком и приемником. Для этого могут использоваться различные подходы — от простой синхронизации, при которой приемник, ожидающий сигнала на определенном канале, при получении пакета от передатчика будет тут же переключаться на следующий, заранее подготовленный канал, до более сложных методов, основанных на описанном способе, к которому прибавляется предварительный обмен служебными пакетами, извлечением метаинформации из них, а также подсчетом контрольных сумм в этих пакетах.

3. Заключение

Комбинация технологии LoRa с методами псевдослучайной перестройки рабочей частоты представляет собой уникальный инструмент для создания надежных систем беспроводной связи в условиях сложной электромагнитной обстановки. Устойчивость LoRa к помехам, обеспечиваемая широкополосной модуляцией CSS, в сочетании с динамическим переключением каналов с помощью ППРЧ позволяет эффективно противодействовать как узкополосным помехам, так и целенаправленному глушению. Несмотря на определенные технические особенности, связанные с синхронизацией эфира, данный подход открывает перспективы для развертывания энергоэффективных и отказоустойчивых сетей в промышленности, умных городах и специальных применениях, где надежность связи является критическим параметром.

DESIGN OF NOISE-RESISTANT RADIO COMMUNICATION USING PSEUDO-RANDOM FREQUENCY HOPPING ALGORITHMS BASED ON LORA

Didus V. T., Shundrin M. I.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.

Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a method for improving the noise immunity of LoRa-based radio communication using pseudo-random frequency hopping algorithms is discussed. The advantages of combining wideband modulation and dynamic frequency hopping for reliable data transmission in the presence of electromagnetic interference are analyzed.

РАЗРАБОТКА «УМНОГО» ДВЕРНОГО ЗАМКА С ФУНКЦИЕЙ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Иванченко Ю. А., Мурзин Д. Г.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: yulianaivanchenko10@gmail.com

Аннотация — Описан принцип работы и состав аппаратной части прототипа «умного» дверного замка, представлена структурная схема устройства.

1. Введение

Рост числа систем «умного дома» и потребность в повышении безопасности жилых и служебных помещений стимулируют разработку многофункциональных электронных замков [1—3].

В данной работе предложен прототип интеллектуального дверного замка, сочетающий управление доступом с функцией видеонаблюдения.

Система разработана с использованием доступных микроконтроллеров и коммуникационных модулей.

2. Основная часть

Основу системы составляет микроконтроллер ATmega328P, связанный с модулем ESP-32 CAM (обеспечивает видеосъёмку и передачу изображения по Wi-Fi) и GSM-модулем, позволяющим взаимодействовать через обычные телефонные звонки. В схеме предусмотрен электромагнитный (соленоидный) замок, SPST-кнопка для управления изнутри помещения, светодиоды и зуммер.

Питание обеспечивается от сети или резервного аккумулятора на случай перебоев.

Система позволяет реализовать четыре способа открытия двери:

— веб-интерфейс — отображает потоковое видео и позволяет удалённо разблокировать замок после авторизации;

— GSM-звонок — если звонок поступает с «белого списка» номеров, замок открывается автоматически.

— мобильное Android-приложение — предоставляет возможность управления замком при наличии соединения с Wi-Fi модулем;

— физическая кнопка внутри дома — аварийный способ для открытия изнутри без подключения к сети.

После запуска система автоматически инициирует звонок на зарегистрированный номер и сообщает, что замок готов к работе.

К микроконтроллеру подключены модуль ESP-32 CAM и GSM-модуль, каждый из которых обеспечивает свой канал взаимодействия с пользователем. Микроконтроллер также управляет исполнительным механизмом — электромагнитным замком, который фактически запирает и отпирает дверь.

Для аварийного доступа изнутри в схему включена SPST-кнопка, замыкающая цепь управления и обеспечивающая механический способ разблокировки.

Состояние системы отображается через светодиоды и зуммер, сигнализирующие пользователю об активации или ошибках.

Энергоснабжение реализовано от внешнего источника постоянного тока 12 В, при этом схема предусматривает возможность подключения резервного аккумулятора, который обеспечит поддержку работоспособности замка в случае перебоев питания.

Структурная схема «умного» дверного замка представлена на рис. 1.



Рис. 1

3. Заключение

Таким образом, был описан принцип работы и аппаратная структура «умного» дверного замка.

Разработанный прототип сочетает в себе функции контроля доступа и видеонаблюдения, предоставляя пользователю несколько способов управления.

Предложенное решение демонстрирует возможности использования доступных микроконтроллеров и коммуникационных модулей для построения многофункциональных устройств безопасности в рамках концепции «умного дома».

4. Список литературы

[1] Ворона, В. А. Системы контроля и управления доступом / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2018. — 368 с.
[2] Ли, П. Архитектура интернета вещей / П. Ли. — М. : ДМК Пресс, 2020. — 400 с.
[3] Kumar, A. GSM Based Home Safety and Security System / A. Kumar, R. Singh, D. Patel // European Journal of Engineering Research and Science. — 2021. — Vol. 6, No 3. — P. 45—49.

DESIGN OF A “SMART” DOOR LOCK WITH VIDEO SURVEILLANCE

Ivanchenko Yu. A., Murzin D. G.
Scientific adviser: Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The principle of operation and the hardware configuration of a prototype “smart” door lock is described, and the structural diagram of the device is presented.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ PROTEUS

Шульгин В. В., Слезкин Г. В.
Научный руководитель: Слезкин Г. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: gvslezkin@sevsu.ru

Аннотация — Смоделирована вторая часть микроконтроллерной системы в программе *Proteus*, реализующая вывод данных на семисегментные индикаторы. Разработано программное обеспечение реализованной микроконтроллерной системы на языке *Assembler*.

1. Введение

Для изучения микроконтроллерных систем на старших курсах университета направлений 11.03.01 и 11.05.01 студенты выполняют шесть лабораторных работ на базе отладочных стендов *EV8031V34*, построенных на 8-разрядных микроконтроллерах *Atmega8515* компании *Atmel*. Для организации выполнения лабораторных работ в дистанционном режиме является актуальным использование компьютерных моделей. В связи с этим актуальной является замена стареющих отладочных стендов на их компьютерные модели.

Современным и мощным средством для моделирования микроконтроллерных систем является программная среда *Proteus*, которая использована в настоящей работе.

На данном этапе планируется реализация второй лабораторной работы «Программирование семисегментных индикаторов» [1].

2. Основная часть

В соответствии с заданием на лабораторную работу студенты должны написать программу на языке ассемблер, по которой семисегментные индикаторы должны выводить информацию в соответствии с определенным алгоритмом, указанным в индивидуальном задании. Для примера, выберем вариант 1, согласно которому число 3412 на статических семисегментных индикаторах должно светиться в течение 1 с, потом гаснуть на 1 с. Затем процесс должен повторяться.

Таким образом, для реализации второй лабораторной работы нам потребуется модель микроконтроллера *Atmega8515* компании *Atmel*, а также два статических семисегментных индикатора, каждый из которых содержит по две цифры [2].

Четырехразрядный семисегментный светодиодный индикатор подключен к системному контроллеру, который автоматически выполняет динамическую регенерацию и декодирование двоичного кода в код семисегментного индикатора. Индикатор работает сразу после подачи питания. Контроллер индикатора содержит два восьмиразрядных регистра, содержимое которых отображается на индикаторе. Содержимое регистра с адресом 0xA000 отображается на двух левых разрядах, содержимое регистра с адресом 0xA001(0xB000) — на двух правых разрядах в шестнадцатеричной форме. Управление десятичными точками и гашением осуществляется через регистр DC_REG (0xA004). Биты DP3—DP0 управляют десятичными точками. Запись 1 в соответствующий разряд включает десятичную точку. Биты BL3—BL0 управляют гашением разрядов индикатора. Запись 1 в эти биты вызывает гашение соответствующего разряда индикатора.

На рис. 1 представлена модель виртуального стенда, реализующая лабораторную работу №2 — управление статическими семисегментными индикаторами в соответствии с заданной программой.

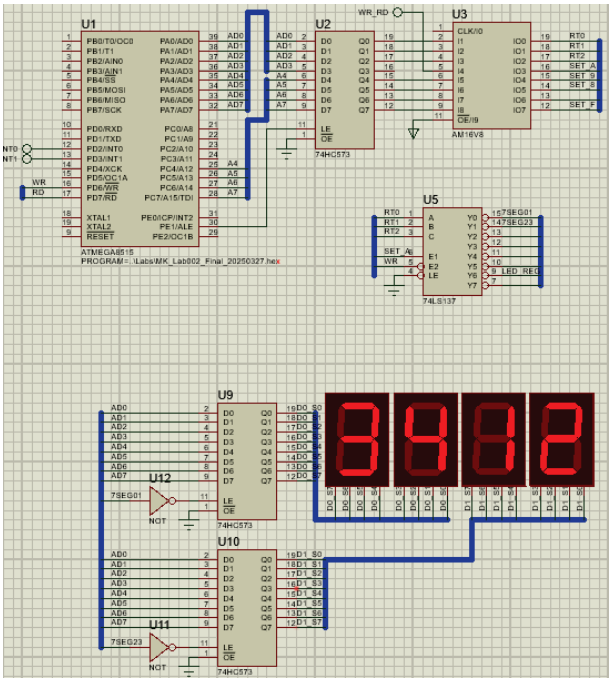


Рис. 1

3. Заключение

Разработана вторая часть модели виртуального стенда, реализующая выполнение лабораторной работы № 2 курса «Микроконтроллеры».

Для реализации адресации периферийных устройств использовалась микросхема ПЛИС.

4. Список литературы

[1] Учебно-методическое пособие «Лабораторный практикум по дисциплине «Микроконтроллерные устройства» / СевГУ; сост. А.А. Щекатурин, Г.В. Слезкин. — Севастополь : Изд-во СевГУ, 2022. — 62 с.

[2] Моделирование в PROTEUS VSM : учебно-методическое пособие / В.И. Марсов, Р.А. Гематудинов, В.С. Селезнёв, Х.А. Джабраилов. — М. : МАДИ, 2019. — 44 с.

PROGRAMMING OF LED INDICATORS IN PROTEUS SOFTWARE ENVIRONMENT

Shulgin V. V., Slyozkin G. V.
Scientific adviser: Slyozkin G. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The second part of the microcontroller-based system has been modeled to implement data output on seven-segment indicators. The software has been developed in Assembly language.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Шведчиков А. Д., Редькина Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: al.sh03@mail.ru

Аннотация — Разработана система управления микроклиматом с использованием дистанционного устройства для автоматизированного контроля микроклимата. Выбраны главные элементы системы и устройства, представлены результаты расчета схемы питания.

1. Введение

Дистанционное управление различными системами дает много преимуществ, таких как улучшение эффективности, безопасности и удобства в использовании. Эта тема актуальна, потому что современные условия в промышленности, коммунальном хозяйстве и быту требуют новых подходов к управлению оборудованием [1, 2].

В работе представлены результаты разработки дистанционно управляемого контроллера систем автоматизированного управления микроклиматом.

2. Основная часть

На основании проведенного анализа современных устройств дистанционного контроля и управления бытовыми приборами в рамках систем «умный дом», и их функционала, была разработана структурная схема системы «умный дом», представленная на рис. 1. Разрабатываемое устройство для управления микроклиматом, входящее в систему, анализирует параметры окружающей среды [1], сверяет с заданными границами и в случае превышения допустимых пределов вырабатывает сигналы по беспроводному каналу связи, передаваемые на сервер управления устройствами умного дома [2] (в предложенной системе умного дома это кондиционер).

Сервер системы вырабатывает соответствующие, типу кондиционера, сигналы управления, после чего кондиционер меняет режим работы для компенсации разницы.

Поскольку в системе имеет место инерционность, связанная с временем на изменение параметров окружающей среды (например, на подъем температуры воздуха в заданном объеме помещения), то повторная отправка сигналов на сервер для усиления интенсивности при слабом изменении значении, при многократном изменении параметров от устройства сбора данных осуществляется через заданный интервал времени (например, 2—3 минуты).

Передача данных от устройства сбора данных, а также его настройка обеспечивается через беспроводную сеть, поэтому первоначально устройство подключается к точке доступа в локальную сеть с сервера умного дома. Также для подключения устройства к серверу, реализуется работа по протоколу *MQTT*.

Устройство подключается к адаптеру с выходным напряжением 5 Вольт, обеспечивая стабилизированное питание.

Также был произведён расчёт общего тока потребления с учетом обвязки, для этого суммируем все токи потребления элементов:

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{мк}} + I_{wi\text{-}fi} + I_{dc-dc} + I_{tr} + I_{sensor} + I_{IRtr} + I_{LED} + I_{LEDdr} + I_{flash} =$$

$$= 20 + 100 + 10 + 40 + 1 + 10 + 1 + 1 + 10 + 1 = 194 \text{ мА}.$$

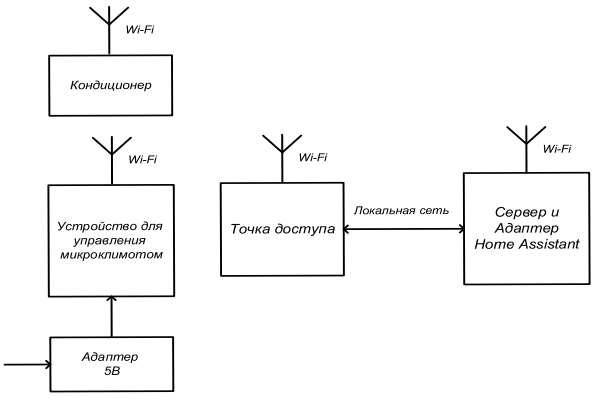


Рис. 1

Исхода из расчета тока потребления был сделан вывод, что питание может осуществляться по USB не только через адаптер, но и при подключении к персональному компьютеру: с запасом 20—30%, максимальная мощность потребления составит 5—10 Вт, что не превышает возможностей стандартных USB портов ПК.

3. Заключение

Таким образом была разработана техническая документация на систему «умный дом» и в частности на устройство управления для изменения микроклимата, проведены соответствующие расчеты и экспериментальное моделирование устройства, которое показано его применимость в системе.

4. Список литературы

[1] Дистанционный мониторинг окружающей среды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/distantsionnyy-monitoring-parametrov-okruzhayuschey-sredy-nekotorye-voprosy-polucheniya-peredachi-i-ispolzovaniya-dannyh

[2] Умный дом [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/535838/.

DEVICE FOR REMOTE CLIMATE CONTROL IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Shvedchikov A. D., Redkina E. A.
Scientific adviser: Redkina E. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A microclimate control system with remote device for automated microclimate control is designed. The main elements of the system and device are selected, and the results of calculating the power supply scheme have been presented.

ОТЛАДОЧНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ CAN ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ И ПАССАЖИРОВ В АВТОМОБИЛЕ

Рукосуев Е. Р., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: firstdrz@gmail.com

Аннотация — Разработано устройство, осуществляющее запись, анализ и классификацию данных, снятых с системы мониторинга жизненных показателей.

1. Введение

Современные автомобильные системы безопасности активно развиваются, при этом особое внимание уделяется мониторингу состояния водителя для предотвращения аварий, вызванных усталостью или ухудшением здоровья. Традиционные системы на основе камер и контактных датчиков имеют недостатки: первые зависят от освещения и нарушают конфиденциальность, а вторые требуют физического контакта.

2. Основная часть

Целью работы стала разработка отладочного модуля для записи и анализа данных в системе мониторинга состояния водителя и пассажиров автомобиля на основе радаров AWR6843 и CAN-сети.

Модуль реализован на базе Raspberry Pi 4 Model B с подключением USB камеры для видеозаписи салона, PCAN-USB FD адаптера для подключения к CAN-шине, DC-DC преобразователя для электропитания в бортовой сети [1, 2]. Схема подключения отладочного модуля к сети радаров приведена на рис. 1

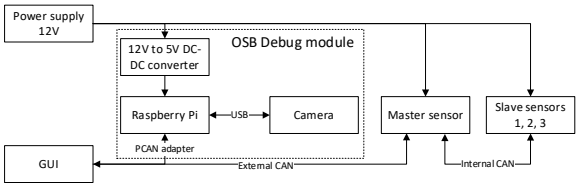


Рис. 1

Программная часть модуля реализована под управлением операционной системой Raspberry Pi OS. Для работы с CAN-шиной задействованы драйверы PCAN для Linux и PCAN Basic API. Обработка видеопотока осуществляется с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

На данный момент основной задачей модуля является синхронная запись двух потоков данных: потока данных от радаров с шины CAN, содержащего в себе обнаруженные точки, данные о классификации в настроенных зонах обнаружения, а также, при наличии, поток данных о сердцебиении и дыхании обнаруженных в зонах существ; а также потока видеоданных от USB камеры, необходимых для обеспечения наглядности измерений, контекста для дальнейшего анализа данных и сопоставления их с изображением, а также для возможности обучения нейросети на этих данных, для более точной классификации данных с радаров.

Управление модулем осуществляется дистанционно через графический интерфейс (GUI), запущенный на персональном компьютере и подключенный к модулю по SSH по беспроводной сети.

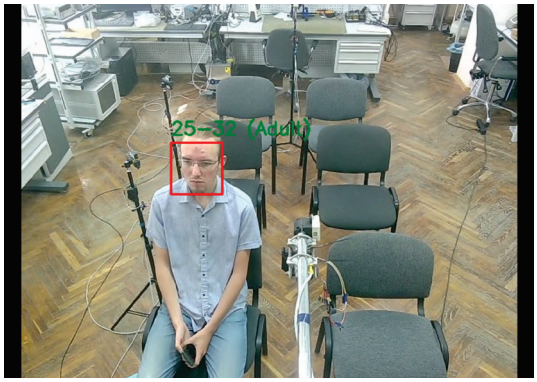


Рис. 2

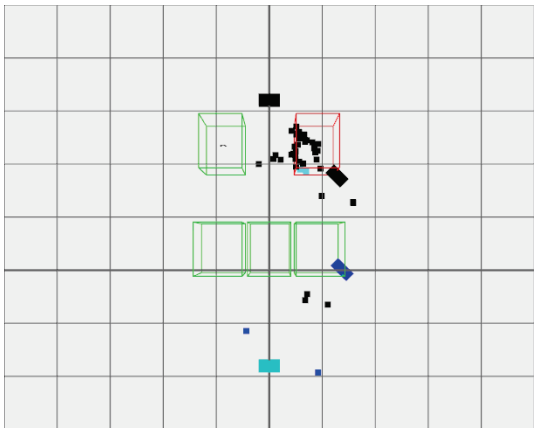


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, разработан отладочный модуль, который может быть применен для анализа и классификации данных с системы мониторинга жизненных показателей, а также для дальнейшего обучения нейросети по этим данным.

4. Список литературы

[1] OpenCV documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.opencv.org/4.x/index.html (дата обращения: 08.09.2025).
[2] PCAN-Basic API documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://documentation.help/PCAN-Basic/documentation.pdf (дата обращения: 08.09.2025).

DEBUGGING MODULE FOR CAN DATA NETWORK FOR IN-CAR DRIVER AND PASSENGER CONDITION MONITORING SYSTEM

Rukosuyev E. R., Vertegel V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A device has been developed that records, analyzes and classifies data taken from a vital signs monitoring system.

РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ДЕТОНАЦИИ

Разумный А. С., Тормасин А. С.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: andrrey2002@mail.ru

Аннотация — Рассмотрена методика диагностики различных механических неисправностей при помощи пьезоэлектрического датчика. Приведены таблица различных неисправностей, сигналы с датчика детонации при различных режимах работы, а также блок-схема диагностического устройства

1. Введение

Датчик детонации — это важный прибор контроля качества работы двигателей автотранспортных средств, который предупреждает возможное сильное повреждение мотора из-за детонации [1]. Детонация — явление, при котором происходит самопроизвольное, неконтролируемое и преждевременное воспламенение топливовоздушной смеси в одном или нескольких цилиндрах двигателя, сопровождающееся возникновением ударных волн, вызывающих резкие колебания давления и температуры в камере сгорания. Это явление может привести к серьезным повреждениям двигателя, таким как прогорание поршней, разрушение перегородок между цилиндрами и даже полному выходу двигателя из строя.

2. Основная часть

Датчики детонации бывают двух типов — резонансный и широкополосный. Резонансный датчик настраивают на одну частоту, которая рассчитывается по формуле

$$f = \frac{900}{\pi r},$$

где r — радиус поршня.

Широкополосный датчик работает в частотном диапазоне 5—15 кГц.

Чувствительным элементом ДД является кварцевый пьезоэлемент, который при работе двигателя воспринимают возникающую вибрацию через инерционную массу датчика. В результате на его обкладках появляется электрический сигнал колебаний напряжения. Этот сигнал передается в ЭБУ, который анализирует полученную диаграмму и делает выводы.

Основываясь на принципе действия ДД, если расширить рабочую полосу частот, то можно фиксировать различные механические неисправности, которые непродвинутый пользователь определить на слух не сможет. Механические неисправности и их частоты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Причина	Частота, Гц
Дисбаланс коленчатого вала	13,3
Дисбаланс шатунов	26,6
Стук подшипников турбины	500—2000
ГРМ	50
Стук гидрокомпенсаторов	500—1500
Пропуск в цилиндре	16,6
Общий дисбаланс	33,3

На рис.1 представлены графики работы пьезоэлектрического датчика: а) при нормальной работе, б) при детонации в цилиндре.

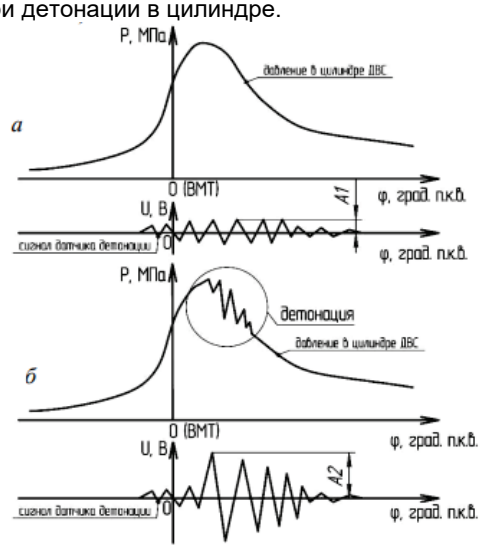


Рис. 1

Для диагностики необходимо установить пьезоэлектрический датчик в штатное место для датчика детонации, и получить сигнал с датчика. Аналоговый сигнал, преобразуется в спектр при помощи быстрого преобразования Фурье. Информация выводится на индикатор. На рис. 2 представлена блок-схема устройства.

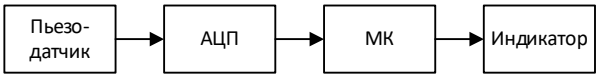


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработана система диагностики механических неисправностей для различных двигателей, основанная на широкополосном датчике детонации

4. Список литературы

[1] Рокош, У. Бортовая диагностика. Vogel / У. Рокош — М. : За рулем, 2013. — 224 с.

DESIGN OF A DIAGNOSTIC DEVICE FOR AN ENGINE BASED ON A DETONATION SENSOR

Razumniy A. S., Tormasin A. S.
Scientific adviser: Tyshchuk Yu N
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the article, the diagnostic technique for various mechanical faults using a piezoelectric sensor are considered. A table of various faults, signals from the detonation sensor in various operating modes, and a block diagram of the diagnostic device are provided.

РАЗРАБОТКА ПРОВЕРОЧНОГО ПРИБОРА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ТОНОМЕТРОВ

Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А., Малова М. Г.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: marikempbell@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены функции проверочного прибора для медицинских тонометров. Приведены ключевые системные параметры.

1. Введение

Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения, болезни сердечно-сосудистой системы являются основной причиной смерти во всём мире. Первый признак проблем с сердцем — повышенное или пониженное артериальное давление. Для контроля за работой главного жизненного органа применяется тонометр. Из-за различных факторов измерения могут быть выполнены с погрешностью, что ставит под угрозу валидность научных данных и делает невозможным корректный мониторинг динамики состояния пациента. Для избежание подобных ситуаций были используются поверочные тестовые приборы. Был выполнен анализ и сделан вывод, что все тестовые приборы имеют свои недостатки, которых не имеет разрабатываемое устройство.

2. Основная часть

При разработке проверочного прибора для медицинских тонометров подлежат определению и интеграции, следующие ключевые системные параметры: структура управления; алгоритмы измерения; состав аппаратных компонентов и их электрическое взаимодействие [1]. Задача упрощается, если разбить прибор на функциональные блоки: блок нагнетания/сброса давления; блок управления; блок индикации и блок имитатора руки (рис.1).



Рис. 1

Ключевые особенности и отличия подхода.

Двойная функция компонентов. Многие ключевые компоненты выполняют двойную роль, работая как на реальную манжету, так и на имитатор руки. Например, микроконтроллер (выбран S1C31W74) управляет двумя независимыми системами: одним компрессором и клапаном для накачки манжеты, и другим комплектом — для накачки имитатора руки. Предусмотрена возможность переключения между режимами работы.

Имитация и измерение. Основная сложность заключается не в измерении, а в точном генерировании эталонных сигналов. Для этого используется комбинация аппаратных и программных средств: компрессор (370-3 Small Air pump) создаёт давление, электромагнитные клапаны (Mini Air Valve) регулируют его сброс, а динамик воспроизводит тоны Короткова, которые регистрирует поверяемый тонометр.

Критерий измерений. Главным критерием является точность и повторяемость создаваемых прибором эталонных давлений и пульсаций, а также способность автоматически сравнивать их с показаниями поверяемого тонометра и определять погрешность.

Алгоритмическое ядро. В основе работы прибора лежат два алгоритмических метода, анализ которых определил выбор элементной базы.

Осциллометрический метод. Требует точного регистрации пульсаций давления в манжете, для чего выбран высокоточный датчик давления MPXV5050.

Метод Короткова. Требует генерации акустических сигналов, для чего в схему включён динамик, управляемый микроконтроллером.

Отличительной особенностью разработанной схемы является её универсальность и защищенность. Прибор поддерживает работу как напрямую с манжетой, так и с имитатором руки («манекеном»). Для защиты дорогостоящего оборудования пользователя от повреждения в схему включён предохранительный клапан, аварийно уменьшающий давление при превышении порога в 300 мм рт. ст.

3. Заключение

Таким образом, разработан прибор для проверки медицинских тонометров с возможностью имитации физиологических параметров по заданным метрологическим характеристикам.

Выявлена возможность повышения точности поверки путём оптимизации алгоритмов управления давлением и пульсацией. Показана эффективность применения двухрежимной схемы работы с манжетой и имитатором руки для обеспечения требуемой точности измерений в различных условиях эксплуатации.

4. Список литературы

[1] Телемедицинские технологии : учеб. пособие / М. С. Благодарева, А. А. Косова, Н. С. Брынза, Ю. С. Решетникова; под общ. ред. А. А. Косовой. — Екатеринбург : Уральский ГМУ, 2023. — 123 с.

DESIGN OF A VERIFICATION DEVICE FOR MEDICAL TONOMETERS

Siritsa A. A., Siritsa I. A.
Shchekaturina D. A., Malova M. G.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The functions of a verification device for medical tonometers are considered. The key system parameters are presented.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А., Малова М. Г.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: marikempbell@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены системы мониторинга «Гонец», «Global Tracer» и «Mobitel». Разработана принципиальная схема системы контроля автотранспорта.

1. Введение

В последние годы системы мониторинга автотранспорта стали неотъемлемой частью логистических процессов во многих компаниях. Актуальность использования таких систем обусловлена несколькими факторами.

Во-первых, системы мониторинга автотранспорта позволяют повысить эффективность логистических операций. Во-вторых, системы мониторинга повышают безопасность перевозок. В-третьих, системы мониторинга автотранспорта помогают предотвращать угоны и несанкционированный доступ к автомобилям. В связи с этим были рассмотрены такие модели как «Global Tracer» и «Mobitel», их достоинства и недостатки. Были рассмотрены проблемы создания низкоорбитальных спутниковых систем, а также их преимуществ перед высокоорбитальными системами. Для дальнейших исследований была выбрана спутниковая система «Гонец».

2. Основная часть

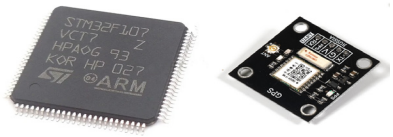
Определены функции системы (отслеживание местоположения, скорости, параметров двигателя, мониторинг ошибок и т.д.) и на их основе разработана структурная схема (рис. 1).



Рис. 1

Схема описывает взаимодействие ключевых блоков системы: Микроконтроллер (ядро системы, обрабатывает данные); Блок датчиков и ЭБУ (источники данных через CAN-шину); Модули связи (GPS для навигации, Ethernet и спутниковый терминал «Гонец» для передачи данных); Интерфейсы пользователя (дисплей, клавиатура); Система питания (стабилизатор напряжения). Подробно описаны протоколы обмена данными: CAN для получения данных с датчиков автомобиля, NMEA 0183 для работы с GPS-модулем и Ethernet для организации локальной сети и связи со спутниковым терминалом. Производится выбор конкретной элементной базы с технико-экономическим обоснованием:

Выбор микросхемы (STM32F107VC) (рис. 2 (а)) — обоснован наличием встроенных периферийных интерфейсов (CAN, Ethernet), высокой производительностью и низким энергопотреблением.



а) б)

Рис. 2

Выбор компонентов — подобраны конкретные модели для каждого модуля: Ethernet-контроллер (ENC28J60), дисплей (MT-12864K), клавиатура (пленочная), GPS-модуль (GPS/GLONASS) (рис 2 б), CAN-трансивер (MCP2551), спутниковый терминал («Гонец») (рис 3) и стабилизатор напряжения (A307).



Рис. 3

На рисунке 3 показан отечественный терминал спутниковой системы «Гонец», использованный в ходе разработки.

3. Заключение

Таким образом, была выбрана элементная база для системы, обеспечивающей мониторинг ключевых параметров транспортного средства (местоположение, скорость, состояние двигателя и систем) и их передачу через спутниковый терминал «Гонец», что гарантирует её работу в условиях отсутствия покрытия сотовых сетей.

4. Список литературы

[1] Алексеев, А. И. Спутниковые системы контроля автотранспорта / М. : Транспорт, 2015. — 146 с.
[2] Виноградов, И. А. Системы мониторинга и управления автотранспортом / И. А. Виноградов. — М. : Транспорт, 2019. — 290 с.

DESIGN OF MONITORING SYSTEM FOR VEHICLES

Siritsa A. A., Siritsa I. A., Shchekaturina D. A.,
Malova M. G.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The "Global Tracer" and "Mobitel" monitoring systems are considered. The "Gonets" satellite system is selected. A schematic diagram of the vehicle monitoring system is assembled.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТАБЛО ДЛЯ ПОДСЧЁТА ПОВТОРЕНИЙ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ

Трушкина А. В., Малова М. Г., Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: marikempbell@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены основные структуры построения систем табло для отслеживания результатов спортсменов в гиревом спорте в дисциплинах рывок и толчок.

1. Введение

Современный спорт все чаще интегрирует в себя цифровые технологии направленные на повышение объективности судейства различных соревнований. Гиревой спорт является развивающейся дисциплиной, где точный подсчёт количества выполненных упражнений важен как для спортсмена, так и для судьи. Метод подсчёта, основанный на визуальном наблюдении судьи может быть неточным в связи с человеческим фактором. Поэтому разработка устройства для автоматического подсчёта выполненных упражнений становится важной задачей для повышения точности результатов и снижения нагрузки на судейскую бригаду.

2. Основная часть

В основе гиревого спорта лежит цикличность, то есть выполнение максимального количества подъемов гири за определенный промежуток времени. При этом важно учесть, что одновременно могут соревноваться несколько спортсменов и поэтому устройство счетчика должно обеспечивать независимый подсчёт для каждого из них.

В основе предлагаемой системы используется структура с главным и ведомыми табло (рис. 1).

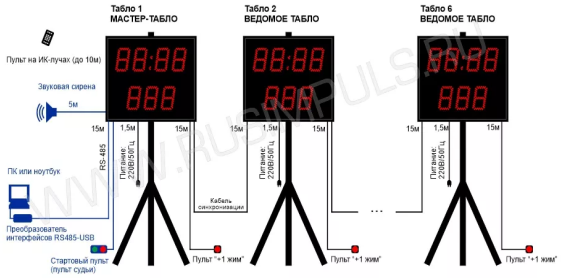


Рис. 1

Каждое табло используется для подсчета результатов отдельного спортсмена. Все табло синхронизируются между собой с возможностью одновременного запуска посредством кабеля тактирования, источником которого является ПК. Управление запуском времени осуществляется главным судьей с мастер-пульта на ИК лучах, а судьи на отдельных помостах производят подсчёт выполненных подъемом путем нажатия на кнопку «+/- 1 жим» на отдельных пультах.

Модернизация системы предполагает использования датчика для отслеживания и фиксации подъемов в каждом ведомом табло. В качестве основных датчиков были выбраны акселерометр и оптический датчик (рис. 2). Ввиду специфики регламента проведения соревнований по гиревому спорту использование акселерометра невозможно ввиду повышения общего веса гири [п.13.8, 1].

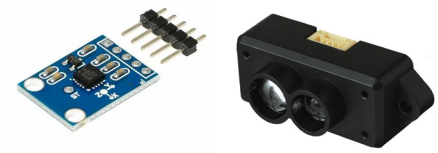


Рис. 2

В связи с этим оптический датчик является наилучшим, так как он фиксирует каждый подъем гири и отправляет на ПК команду «+1 жим». При этом остается проблема достоверности фиксации, поэтому работа судьи на помосте сводится к визуальному контролю выполнения упражнений и в случае нарушения нажатию кнопки на пульте «-1 жим».

К недостаткам использования оптического датчика относится необходимость постоянной подстройки высоты треноги табло под рост участника соревнований. Эту проблему можно решить путем установки конструкции на треноге с диапазоном роста от 140 до 210 см для быстрой перестройки в ходе соревнований.

3. Заключение

Таким образом, была разработана структура табло для гиревого спорта с использованием оптического датчика и синхронным запуском всех используемых табло. Следует заметить, что ввиду специфики соревнований полный отказ от человеческого участия в судействе невозможен, но с применением современных технологий процесс судейства можно упростить до отслеживания техники выполнения упражнений. В перспективе это позволит повысит объективность фиксации результатов спортсменов за счёт концентрации внимания судьи на деталях выполнения упражнения.

4. Список литературы

[1] Табло для гиревого спорта Импульс-710-D10x7 [Электронный ресурс] / ИМПУЛЬС. — Режим доступа: https://www.rusimpuls.ru/production/girevoy_sport/impuls_710_d10x7_ms3.

[2] Правила вида спорта «Гиревой спорт» [Электронный ресурс] / Министерство спорта РФ. — Режим доступа: https://rcsp-kk.ru/docs/sport/sports_rules/non-olympic_sports/weight-lifting_rules.pdf.

AUTOMATED SCOREBOARDS SYSTEM USED FOR REPETITIONS COUNTING IN KETTLEBELL LIFTING

Trushkina A. V., Malova M. G., Siritsa A. A.,
Siritsa I. A., Shchekaturina D. A.
Scientific advisor: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the basic structures of scoreboard systems for tracking the results of athletes in kettlebell lifting in the snatch and clean and jerk disciplines are discussed.

РОБОТ-ПЫЛЕСОС НА ОСНОВЕ ПЛАТЫ ARDUINO ДЛЯ УБОРКИ ДОМА И ДВОРА

Бывалов С. Д., Москалец А. К., Матвиенко Д. А., Мурзин Д. Г.
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: leha.msokalets@mail.ru

Аннотация — В данной статье рассматривается разработка многоуровневого робота-пылесоса, использующего плату Arduino для автоматизации уборки как в помещении, так и на открытых пространствах. Описаны структурная схема устройства, а также алгоритм работы.

1. Введение

С увеличением числа домашних устройств, работающих на основе автоматизации, робот-пылесос становится всё более актуальным решением для поддержания чистоты в доме и во дворе. В данной модели предусмотрен большой робот-пылесос, который осуществляет уборку во дворе, а внутри него размещён маленький робот, предназначенный для уборки в помещениях. Это решение позволяет эффективно организовать процесс уборки.

2. Основная часть

Робот-пылесос состоит из нескольких ключевых компонентов:

Робот-пылесос для уборки двора:

— устройство управления — центральный контроллер, обрабатывающий данные;

— модуль двигателя — обеспечивают движение устройства по поверхности;

— сенсоры — применяются для определения препятствий и навигации (ультразвуковые датчики, инфракрасные сенсоры);

— аккумулятор — обеспечивает автономное питание устройства (например, литий-ионный аккумулятор ёмкостью 5000 мАч);

— модуль связи — для передачи данных о состоянии устройства или его местоположении;

— блок зарядки аккумулятора — предназначен для заряда аккумулятора;

— клавиатура — обеспечивает управление роботом-пылесосом;

— датчик заполнения контейнера — для оповещения о полном контейнере;

— насос для втягивания мусора — предназначен для всасывания мусора.

Робот-пылесос для уборки дома:

— гнездо зарядки аккумулятора — место в большом роботе-пылесосе для зарядки аккумулятора малого робота-пылесоса.

В остальном компоненты роботов-пылесосов аналогичны друг другу.

Алгоритм работы большого робота-пылесоса включает следующие шаги:

— инициализация всех компонентов при включении;

— считывание данных от сенсоров для определения расстояния до препятствий;

— принятие решения о движении (вперед, поворот, остановка) на основе полученной информации;

— управление модулем двигателя для выполнения заданного движения;

— при необходимости активация малого робота для уборки внутри дома;

— повторение цикла до разрядки аккумулятора, до заполнения контейнера, до отключения.

На рис. 1 показана структурная схема робота-пылесоса.

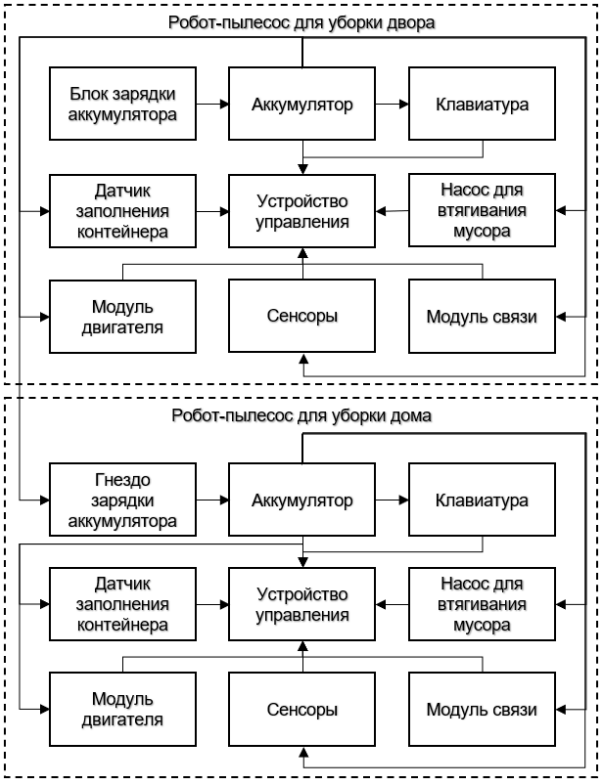


Рис. 1

3. Заключение

В результате работы был разработан многоуровневый робот-пылесос на основе платы Arduino, способный эффективно выполнять уборку как в помещениях, так и на открытых пространствах.

ROBOT VACUUM CLEANER BASED ON ARDUINO BOARD FOR CLEANING HOUSES AND YARDS

Byvalov S. D., Moskalets A. K., Matvienko D. A., Murzin D. G.
Scientific adviser: Murzin D. G.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of a multi-level robot vacuum cleaner using an Arduino board to automate cleaning both indoors and outdoors is discussed. The structural scheme of the device, as well as the operating algorithm, are described.

ПОРТАТИВНЫЙ МЕХАНИЧЕСКИЙ МАНИПУЛЯТОР

Дьячин П. В., Козка В. А., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dyachin.pavel@bk.ru

Аннотация — Рассмотрена разработка беспилотного портативного манипулятора. Разработана структурная схема устройства и выбраны технологии для ее реализации.

1. Введение

В настоящее время выполнение мелких технических операций в опасных или труднодоступных зонах является важной задачей. Актуальность данной задачи обусловлена тем, что в подобных условиях прямое участие человека может быть небезопасным или вовсе невозможным, что приводит к необходимости использования специализированных робототехнических систем. Так же подобные системы могут взять на себя рутинные операции.

На основе анализа существующих мобильных манипуляторов можно выделить ряд ключевых функций, необходимых для эффективной работы: дистанционное управление, модульность конструкции, наличие встроенной камеры для наблюдения и универсального захвата для взаимодействия с объектами.

Использование таких систем позволяет выполнять широкий спектр задач — от мониторинга состояния объектов и проведения технических работ до участия в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

В рамках нашего проекта предлагается разработка компактного мобильного манипулятора, оснащённого поворотной башней, встроенной камерой и сменным захватным модулем, способного выполнять операции в условиях ограниченного доступа.

2. Основная часть

Манипулятор — это роботизированное устройство для захвата и перемещения объектов.

Структурная схема портативного механического манипулятора представлена на рис. 1.

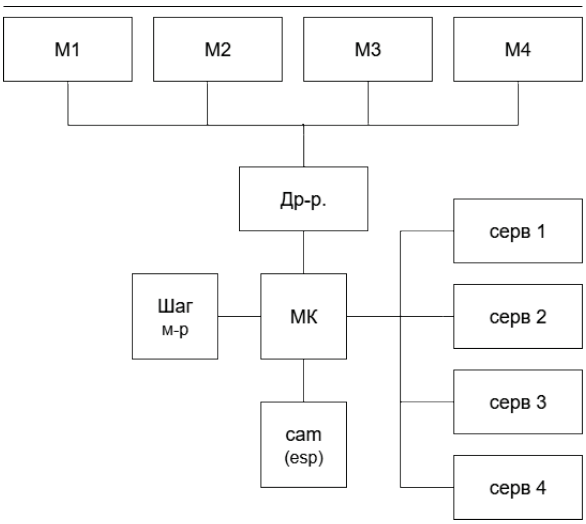


Рис. 1

Схема включает в себя следующие блоки: микроконтроллер, для управления электромоторами и сервомоторами; модуль камеры с подключением к сети, для передачи изображения на управляющий пульт; шаговый мотор, для вращения манипулятора относительно шасси; сервомоторы для приведения в движение манипулятора; драйвер, для управления электромоторами.

Манипулятор будет выполнен в корпусе, напечатанном на 3-д принтере.

В качестве главного контроллера манипулятора предлагается взять микросхему «ESP32-CAM» [1]. Она поддерживает карту microSD, имеет 10 доступных GPIO и разъемов питания и поставляется со встроенной антенной.

Для передачи изображения с камеры манипулятора будет использована камера «OV2640» входящая в комплект «ESP32-CAM».

В качестве моторов предлагается использовать «n 20 gear motor». Рабочее напряжение мотора: 3V,6V,12V (номинальное). Максимальное количество оборотов в минуту — 600.

Для точного поворота башни манипулятора будет использован шаговый двигатель «Nema23 2,8A 12кгс×см».

Для качественной работы шагового двигателя предлагается установить драйвер для шаговых двигателей «TMC2209 v.3.0» допустимый ток — до 1,7 А, напряжение двигателя — 5,5—28 В.

Движение манипулятора будет осуществляться за счёт нескольких сервомоторов «mg996r» [2], крутящий момент до 11 кг/см, рабочее напряжение: 4,8—7,2 В, угол поворота — 180˚.

3. Заключение

В результате работы была разработана структурная схема мобильного манипулятора, включающая основные модули управления, приводы и систему видеонаблюдения. Создана база мобильной платформы на гусеницах, обеспечивающая передвижение по сложным поверхностям и доступ к труднодоступным или опасным зонам.

4. Список литературы

[1] Детальный обзор ESP32-CAM [Электронный ресурс] / Суперайс. — Режим доступа: https://dzen.ru/a/ZBRSpOhPwj_I-BXB

[2] Управление движением: всё что нужно знать о сервоприводах [Электронный ресурс] / Суперайс. — Режим доступа: https://supereyes.ru/articles/other/chto_takoe_servoprivod_servomotor_i_kak_im_upravlyat/?srsltid=AfmBOooVuQsKApDrA1SDi3eh-2iKDhyJee2c_P5yg9BCcfuvcjl_nA0z.

PORTABLE MECHANICAL MANIPULATOR

Dyachin P. V., Kozka V. A., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The design of an unmanned portable manipulator is considered. A structural diagram of the device is developed and technologies for its implementation are selected.

РАЗРАБОТКА СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ НА БАЗЕ ESP32

Любарец А. И., Щекатурина Д. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Щекатурин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: svordar@yandex.ru

Аннотация — В статье представлена разработка системы для мониторинга и определения координат источников звука определённой частоты. Сенсорные модули выполняют спектральный анализ сигнала методом быстрого преобразования Фурье (БПФ) и передают данные об уровне звука на управляющий модуль по протоколу ESP-NOW. На управляющем модуле координаты источника вычисляются методом триангуляции.

1. Введение

Задачи точного определения местоположения источника звука актуальны для систем безопасности, мониторинга шума и робототехники. Существующие решения часто обладают высокой стоимостью или сложностью развёртывания [1]. Развитие доступных микроконтроллеров с поддержкой беспроводной связи, таких как ESP32, позволяет создавать компактные и недорогие распределённые системы акустического мониторинга.

2. Основная часть

Разработана сетевая система акустической локации на базе ESP32.

Каждый сенсорный модуль построен на основе микроконтроллера ESP32 WROOM и включает электретный микрофон с усилителем MAX4466. Структурная схема системы акустической локации изображена на рис. 1.

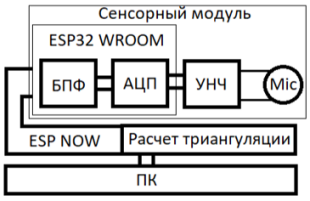


Рис. 1

АЦП оцифровывает аналоговый сигнал с частотой дискретизации 8 кГц.

Полученный временной сигнал обрабатывается алгоритмом быстрого преобразования Фурье (БПФ) для перехода в частотную область. Амплитуда сигнала на целевой частоте 1 кГц вычисляется по формуле:

$$A(k) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-i \cdot 2\pi k \frac{n}{N}} \right|,$$

где x(n) — отсчёты сигнала; N — число отсчётов (256); k — индекс частоты, соответствующий 1 кГц.

Рассчитанное значение амплитуды передается по беспроводному каналу на управляющий модуль с использованием протокола ESP-NOW [2], обеспечивающего низкую задержку и стабильность связи. Для определения координат источника звука применяется метод амплитудной триангуляции. В отличие от классических подходов, основанных на измерении временных задержек или углов прихода, в данной системе используется зависимость уровня сигнала от расстояния до источника. Предполагается, что интенсивность звука убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Зная координаты сенсорных модулей и измеренные амплитуды, управляющий модуль решает систему уравнений и оценивает положение источника на плоскости. Геометрическая интерпретация процесса триангуляции представлена на рис. 2. Три сенсорных модуля (S_1, S_2, S_3) измеряют уровень звука от источника.

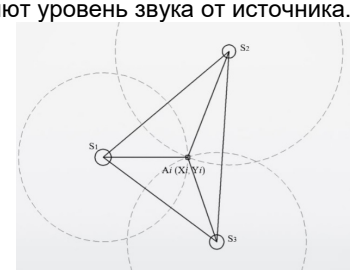


Рис. 2

Алгоритм предполагает, что уровень сигнала обратно пропорционален квадрату расстояния до источника. Координаты (X, Y) находятся путем решения системы уравнений методом наименьших квадратов [3]:

$$A_i = \frac{k}{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2},$$

где A_i— амплитуда, полученная от i-го датчика; X_i и Y_i— его координаты; k — постоянный коэффициент.

3. Заключение

Разработан прототип сетевой системы акустической локации. Использование микроконтроллеров ESP32 и протокола ESP-NOW делает систему недорогой, простой в развёртывании и масштабируемой. Перспективы работы связаны с увеличением количества сенсорных модулей для повышения точности и адаптацией алгоритма для локации широкополосных сигналов.

.4. Список литературы

[1] Афонин, И. Л. Метод определения параметров движения космических аппаратов на основе радиоинтерферометрических измерений со сверхдлинной базой / И. Л. Афонин, В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук, А. Л. Поляков, Слезкин // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2023. — Т. 15. — № 4. — С. 367—376.
[2] Smith, J.O. Mathematics of the Discrete Fourier Transform (DFT) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ccrma.stanford.edu/~jos/mdft/
[3] Espressif Systems. ESP32 Technical Reference Manual [Электронный ресурс]. —Режим доступа: https://www.espressif.com/

DESIGN OF AN ESP32-BASED ACOUSTIC LOCATION NETWORK SYSTEM

Lyubarets A. I., Shchekaturina D. A.
Scientific adviser: Schekaturin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of a system for monitoring and determining the coordinates of sound sources of a certain frequency is developed. The sensor modules perform spectral analysis of the signal using the fast Fourier transform (FFT) method and transmit sound level data to the control module using the ESP-NOW protocol. On the control module, the coordinates of the source are calculated by triangulation.

Крымский научно-технологический центр им. профессора А. С. Попова

г. Севастополь, пр. Октябрьской революции, д. 23
Тел. +7(978)7452751

Организация международных научно-технических конференций, выставок, презентаций.
Полиграфическая деятельность.

Секция 4

АНТЕННЫ, УСТРОЙСТВА МИКРОВОЛНОВОЙ ТЕХНИКИ И РАДИОФОТОНИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЗЕМНЫХ (ПОДЗЕМНЫХ) АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛИННОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Клименко Ю. А.[1], Преображенский А. П.[1], Бельчев А. В.[2], Кораблев Я. Б.[2]
[1]*Воронежский институт высоких технологий, Россия*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия*
E-mail: *klm71165@mail.ru*

Аннотация — В данной статье приведены результаты исследований возможности замены высотных антенно-мачтовых устройств на стелющиеся многосекционные антенно-фидерные устройства приземного (подземного) размещения длинноволнового диапазона для минимизации агрессивного воздействия внешних природно-климатических воздействий, улучшения параметров, передающих и приёмных антенно-фидерных устройств, а также упрощения их эксплуатации, особенно в осенне-зимне-весенние периоды.

1. Введение

В условиях Арктики радиосвязь порой является единственной связующей нитью отдельных объектов жизнеобеспечения существования человека, разбросанных на просторах ледового пространства. С помощью радиосвязи осуществляется координация действий людей и различных организаций в суровых условиях арктической пустыни, таких как метеорологические, исследовательские станции, базы морской и авиационной навигации, пункты санитарно-медицинского обеспечения и МЧС.

2. Основная часть

Арктика является особым регионом, где к размещению радиотехнических средств (РТС) и сооружению их антенно-мачтовых устройств (АМУ) применяются повышенные требования в связи с особенными, даже порой экстремальными, природно-климатическими и метеорологическими условиями. При проектировании АМУ очень важно учитывать многофакторность неблагоприятных факторов при технической эксплуатации РТС и АМУ, которые будут подвергаться агрессивному воздействию внешней среды. К особым нагрузкам на АМУ следует отнести следующие воздействия климатического характера: ветровая нагрузка, парусность АМУ, температура воздуха, снеговые и гололедные явления. Поэтому при размещении АМУ необходимо минимизировать негативные воздействия окружающей природной среды [1]. Приходится считаться и учитывать экстремальные ветровые нагрузки на АМУ. В РФ выделены 7 основных ветровых районов. С увеличением номера ветрового района резко возрастают материальные и финансовые затраты на проектирование, размещение, монтаж и эксплуатацию АМУ. Для этой цели приходится проводить оптимизацию формы АМУ, производить расчет усиления их конструктивных элементов, применять дополнительно системы снеговой защиты и защиты от образования льда. А это тоже влечет за собой большие капиталовложения.

Для работы систем дальней навигации используются АМУ высотой от 50 до 400 метров. При размещении радиотехнических средств в арктическом регионе мы предлагаем отказаться от высотных АМУ и заменить их на приземные (подземные) антенно-фидерные устройства (ПАФУ). Данные устройства могут быть многосекционными, что обеспечит хороший коэффициент усиления радиосигнала данных АУ и позволит сохранить качество и дальность радиосвязи. Применением АУ данного типа мы обеспечим защиту от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды.

Лучшим из вариантов является использование многосекционных стелющихся АФУ. Кратно уменьшается площадь размещения АФУ на поверхности земли. Применение необходимого количества синфазных горизонтально расположенных вибраторов эффективно увеличивает коэффициент усиления АФУ, что соответствует параметрам АМУ. Все заключается в том, что разветвление токовой нагрузки по множеству горизонтальных вибраторов уменьшает напряженность электрического поля у их поверхности и ведёт к минимизации потерь в зоне проводимости проводников из-за уменьшения взаимного влияния проводников друг на друга. Единственная проблема состоит в том, что электрическое сопротивление у всех проводников оказывается не одинаковым. Необходимо производить регулирование в распределении электрических токов между вибраторами или секциями вибраторов. Электропитание АФУ следует осуществлять синфазными токами и напряжениями с одинаковыми амплитудами [2].

3. Заключение

Применение приземных (подземных) стелющихся многосекционных АФУ в арктическом регионе позволит решить многозадачную проблему борьбы с агрессивными природно-климатическими условиями, удешевить проектирование, монтаж и эксплуатацию радиотехнических средств дальней навигации

4. Список литературы

[1] Сосунов, Б. В. Основы расчета подземных антенн / Б. В. Сосунов, В. В. Филиппов — Л. : ВАС, 1990. — С.114—130.
[2] Лавров, Г. А. Приземные и ПА. Теория и практика антенн, размещенных вблизи поверхности земли / Г. А. Лавров, А. С. Князев. — М: Сов. радио, 1965. — С.275—284.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING LONG-WAVE RANGE GROUND (UNDERGROUND) ANTENNA DEVICES IN THE ARCTIC REGION

Klimenko Yu. A.[1], Preobrazhensky A. P.[1], Belchev A. V.[2], Korablyov Ya. B.[2]
[1]*Voronezh Institute of High Technologies, Russia*
[2]*VUNTS VVS "VVA named after N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russia*

Abstract — In the paper, the possibility of replacing high-rise antenna-mast devices with creeping multi-section antenna-feeder devices of ground (underground) placement of the long-wave range is examined to minimize the aggressive impact of external natural and climatic influences of the external environment.

A CRESCENT-SHAPED BROADBAND CIRCULARLY POLARIZED SLOT PATCH ANTENNA

Maodong Cai, Kudzin V. P.
Scientific adviser: Kudzin Viktar
Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus
E-mail: maodongcai710@gmail.com

Abstract — A wide band with a broadband crescent-shaped patch was designed, and the antenna floor was provided with a circular slot.

1. Introduction

In recent years, circularly polarized (CP) antennas have gained increasing attention in various wireless communication systems, such as global interaction for microwave access (WiMAX), S-band, and C-band applications, as these antennas are highly effective against multipath interference or fading [1—3]. Wideband CP antennas are widely studied because they can reduce the cost and complexity of multiple systems that typically require more than two antennas. Impedance bandwidth is an important parameter of a CP antenna and can be achieved in a variety of ways. Using a long probe feed patch through a thick air substrate is one way to increase bandwidth, but this approach can introduce large inductances that worsen the impedance matching of the antenna. There are ways to solve these problems, such as L-probe feed [5], sinuous strip feed [6], using a deformed ground plane, or L-shaped patch [7]. Some antennas use slots or radiation patches of various shapes and are excited by microstrip or coplanar waveguide feeders. In this paper, a wideband circularly polarized slot patch antenna is proposed. It is etched with square and round grooves on the ground plane and an incomplete circular patch on the other side. The final antenna has a –10dB impedance bandwidth of 87.8% (2.62 GHz to 6.71 GHz) and a 3 dB axial ratio bandwidth of 61.4% (2.7GHz to 5.09 GHz).

2. Main part

The antenna structure with circularly polarized (CP) radiation is shown in Figure 1a. It consists of a single-layer substrate topped by a Taconic RF-35 substrate with a dielectric constant of 3.5 and a loss tangent of 0.0018, with a thickness of 1.48 mm and a length and width of 38 mm, respectively. Crescent-shaped patches and feeders are located on top of the Taconic RF-35 substrate and a floor with circular gaps below. The patch is excited by a microstrip line and excites right-handed circular polarization (RHCP).

a) b)

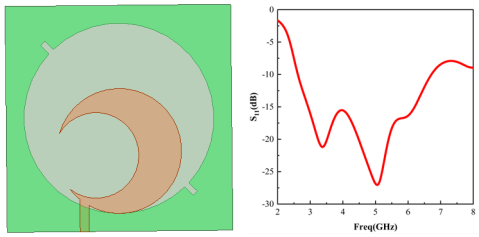


Fig. 1

The S11 curve of the designed antenna is shown in Figure 1a, and it can be seen that the frequency range covered by S11 is 2.62 GHz to 6.71 GHz when the S11 is less than –10 dB, and it has a relative impedance bandwidth of 87.8%, which is significantly higher than the relative bandwidth of ordinary microstrip antennas.

The axial ratio curve of the antenna is shown in Figure 2a. It can be seen from Figure 2a, that the frequency ranges from 2.7 GHz up to 5.09 GHz covered with an axial ratio of less than 3 dB has a relative axial ratio bandwidth of 61.4%, which is also much higher than the axial ratio bandwidth of traditional circularly polarized microstrip antennas. It can be seen, that the antenna has good broadband characteristics.

b) b)

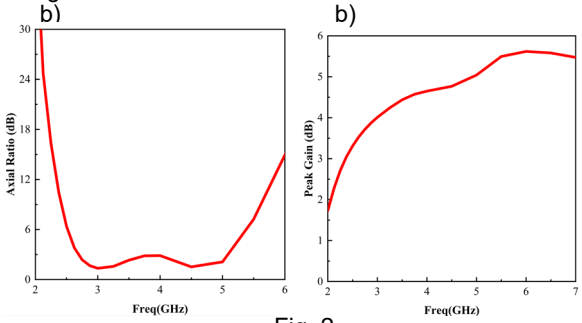


Fig. 2

The gain curve in Figure 2b shows that the gain of the antenna is stable and greater than 3.5 dB in the bandwidth range, and the high frequency part is higher than 5 dB.

3. Conclusion

A wideband circularly polarized slot patch antenna was proposed. It is etched with square and round grooves on the ground plane and an incomplete circular patch on the other side. The final antenna has bandwidth about 87.8% (from 2.62 GHz up to 6.71 GHz) with –10 dB impedance and bandwidth about 61.4% (from 2.7 GHz up to 5.09 GHz) with 3 dB axial ratio.

4. References

[1] Braasch, M. S. Multipath effects in Global Positioning System: Theory and Applications, Edited by Parkinson B.W. [et al.] // American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 1. — 1996. — P. 547—568.

[2] Rudramuni, K. Dual-band dual-polarized leaky-wave structure with forward and backward beam scanning for circular polarization-flexible antenna application / K. Rudramuni, B. Majumder, K. Kandasamy // *Microw Opt Technol Lett*. — 2020. — 62: 2075– 2084.

[3] Wideband, low radar cross section circularly polarized array antenna based on metasurface and sequential phase feed / Z-H. Mu [et al.] // *Int J RF Microw Comput Aided Eng*. 2021; 31:e22639.

[4] Huang, J. A technique for an array to generate circular polarization with linearly polarized elements / J. Huang // IEEE Trans Antennas Propag.1986;34(9):1113-1124.

[5] Chung, K. L. A wideband circularly polarized H-shaped patch antenna / K. L. Chung // IEEE Trans. Antennas Propagat.,58(10):3379–3383, 2010.

[6] Broadband circularly-polarised patch antenna with 3D meandering strip feed / X. H. Tang, Y. L. Long, H. Wong and K. L. Lau. — Electron. Lett., 47(19):1060–1062, 2011.

[7] Tzeng, Y. B. Study of broadband CP patch antenna with its ground plane having an elevated portion / Y. B. Tzeng, C. W. Su and C. H. Lee // Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, 4:1–4, 2005.

ШИРОКОПОЛОСНАЯ КРУГОВАЯ ПОЛЯРИЗОВАННАЯ ЩЕЛЕВАЯ АНТЕННА В ФОРМЕ ПОЛУМЕСЯЦА

Маодун Цай, Кудзин В. П.
Научный руководитель: Кудзин В. П.
ГГТУ имени П. О. Сухого, Беларусь

Аннотация — Была разработана широкая полоса с широкополосным серповидным патчем, а пол антенны был снабжен круглой щелью.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО КВАЗИРАДИОСИГНАЛА С НЕИЗВЕСТНОЙ ФОРМОЙ МОДУЛИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ

Корчагин Ю. Э., Титов К. Д., Титова О. Н., Ященко Е. Ю.
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, доц. Корчагин Ю. Э.
Воронежский государственный университет, Россия
E-mail: onzavalishina@mail.ru

Аннотация — Рассмотрен нейросетевой алгоритм обнаружения сверхширокополосного квазирадиосигнала с неизвестной формой модулирующей функции. Приведены результаты расчета средней вероятности ошибки нейросетевого обнаружителя при различных условиях обучения и моделирования сети.

1. Введение

Для построения оптимальных обнаружителей требуется знать форму сигнала, однако в задачах радиомониторинга далеко не всегда удаётся записать его аналитическое выражение. Поэтому приходится либо учитывать возможные искажения, либо синтезировать приёмные устройства для некоторых ожидаемых сигналов без учёта реальных условий распространения, т.е. алгоритм обработки на практике будет являться квазиоптимальным. В связи с этим в работе исследован нейросетевой алгоритм обнаружения сверхширокополосного (СШП) квазирадиосигнала (КРС) неизвестной формы, представляющий собой обученную на множестве данных нейросеть.

2. Основная часть

Для построения обнаружителя использована нейросеть, состоящая из двух свёрточных и двух полносвязных слоёв [1, 2]. Для обучения нейросети выбрана функция потерь binary_crossentropy [1], а также метод оптимизации весов сети adam [1]. Обучение проводилось на наборе искусственно синтезированных размеченных данных, в котором с вероятностью 0,5 встречались реализации только шума или аддитивной смеси СШП КРС и шума со случайно выбранным отношением сигнал/шум (ОСШ). Общий объём обучающей выборки включал в себя 2×10^5 реализаций. После обучения было выполнено статистическое моделирование нейросетевого обнаружителя.

На рис. 1 изображены зависимости средних вероятностей ошибки обнаружения нейросетевого алгоритма от ОСШ, при разных условиях обучения и моделирования сети: круглые маркеры соответствуют идеальным условиям, когда модулирующая функция априори известна, при этом обучение и моделирование выполнено для сигнала $f_1(t)=A_1$ (Нейро 0); для остальных маркеров — модулирующая функция априори неизвестна, при этом для треугольных и квадратных маркеров обучение сети выполнялось для набора $f_0(t)=0$, $f_1(t)$, $f_2(t)=A_2\exp(-5t/T)$, $f_3(t)=A_3\exp(5t/T)$, $f_4(t)=A_4\left[1-\exp(10t/T)\right]$, равновероятно присутствующих в обучающих данных, и моделирование для сигнала $f_3(t)$ (Нейро КП1) и случайного выбора сигнала из обучающего набора (Нейро КП2), а для маркеров в виде ромбиков при обучении и моделировании использовались непересекающиеся наборы модулирующих функций (Нейро КП3). В выбранном примере обучение проводилось для $f_0(t)$, $f_2(t)$, $f_4(t)$, а моделирование — для $f_1(t)$ и $f_3(t)$. Для сравнения сплошной линией показана средняя вероятность ошибки максимально правдоподобного (МП) алгоритма обнаружения.

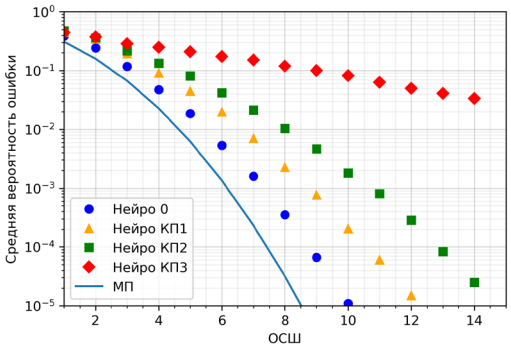


Рис. 1

3. Заключение

Обнаружители, обладающие априорными сведениями о форме сигнала (МП и Нейро0), показывают наилучшее качество обнаружения, вместе с тем нейросетевой алгоритм в выбранной конфигурации слоёв проигрывает МП алгоритму. Следовательно, для практических приложений можно рекомендовать использовать как можно большее обучающее множество, включающее в себя большое разнообразие принимаемых сигналов с различными ОСШ.

3. Благодарности

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-19-00891, https://rscf.ru/project/24-19-00891/.

4. Список литературы

[1] Гудфеллоу, А. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвилль; пер. с англ. под ред. И. Бернштейна. — М. : ДМК Пресс, 2017. — 652 с.
[2] Николенко, С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. А. Кадурин, Е. О. Архангельская. — СПб. : Питер, 2018. — 480 с.

NEURAL NETWORK DETECTOR OF AN ULTRA-WIDEBAND QUASI-RADIO SIGNAL WITH UNKNOWN MODULATING FUNCTION

Korchagin Yu. E., Titov K. D., Titova O. N., Yashchenko E. Yu.
Scientific adviser: Korchagin Yu. E.
Voronezh State University, Russia

Abstract — A neural network algorithm for detecting an ultra-wideband quasi-radio signal with an unknown form of the modulating function is considered. The results of calculating the average probability of error of the neural network detector under various conditions of training and modeling of the network are presented.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В САПР GAMMA

Ситник-Зинакова Э. А., Лащенко И. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лащенко И. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: pokemooncik@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены результаты разработки новой лабораторной работы по дисциплине «Электродинамика» с использованием САПР GAMMA, включающие моделирование распределения поля волны типа H_{10} в прямоугольном волноводе.

1. Введение

Для модернизации лабораторных работ по дисциплине «Электродинамика» на втором курсе бакалавриата и специалитета выбран программный комплекс автоматизированного проектирования и моделирования GAMMA, позволяющий ознакомить студентов с современными принципами разработки микроволновых устройств, овладеть навыками работы с инструментами 3D-моделирования и настройки режимов моделирования.

2. Основная часть

Целью лабораторных работ является исследование распределения поля волны типа H_{10} в прямоугольном волноводе и устройствах на его основе, дисперсионных характеристик волновода, режимов работы нагруженной линии. Работы выполняются как на макетах, где к измерительным линиям различных диапазонов подключаем различные нагрузки, так с помощью моделирования. Подключение согласованных нагрузок, емкостных диафрагм и короткозамыкателя позволяет визуализировать распределение поля вдоль волновода для режимов бегущих, стоячих и смешанных волн [1—3].

Сначала рассчитываем коэффициенты отражения, полное сопротивление для разных условий и проводим натурные эксперименты, а затем моделируем их и проводим исследование амплитудного распределения составляющих векторов электромагнитных волн, распространяющихся в прямоугольном металлическом волноводе.

Для этого необходимо научится:

— создавать модель волновода и различных нагрузок;

— задавать материалы элементам конструкции и заключать ее в воздушный объем;

— создавать порты и возбуждать колебания нужной частоты;

— задать характеристики решателя.

На рис.1 и рис. 2 представлены результаты моделирования распределения электрического и магнитного поля в волноводе в поперечном сечении, в виде объемного поля (а) и в векторном представлении (б).

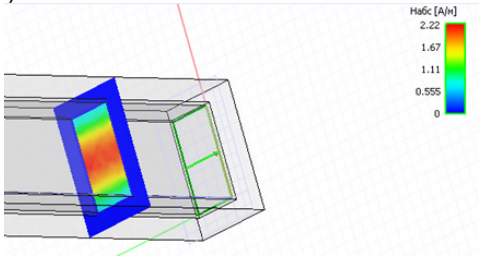
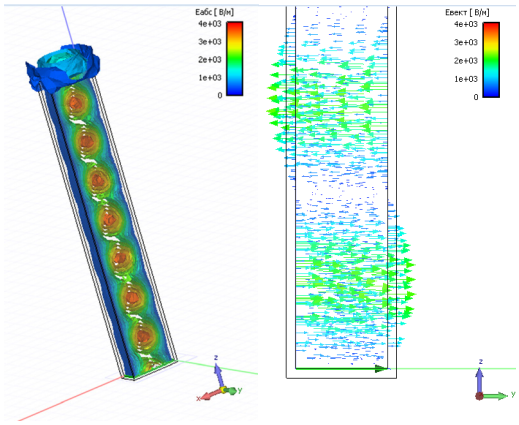


Рис. 1



а) б)

Рис. 2

Интерес также представляет возможность получения результатов в численном виде для удобного сравнения с результатами собственных предварительных расчетов и экспериментов, в виде анимированных моделей распределения поля в разных сечениях и проекциях.

3. Заключение

Таким образом, разработанные лабораторные работы позволяют наглядно изучить электромагнитное поле в прямоугольном волноводе при разных условиях, сделать выводы о влиянии параметров элементов и волноводов на исследуемые характеристики.

4. Список литературы

[1] Программа имитационного моделирования GAMMA. Руководство пользователя GAMMA [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.sevsu.ru/upload/iblock/74c/t3u4p7gu0bhon6v8h856obmiv6azfbsa/Руководство%20по%20эксплуатации%20GAMMA.pdf

[2] Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. пособие / Л.А. Боков, В. А., Замотринский, А. Е. Мандель. —Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. — 410 с.

[3] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

MODELING OF ELECTROMAGNETIC FIELD STRUCTURE IN GAMMA CAD

Sitnik-Zinakova E. A., Lashchenko I. V.
Scientific adviser: Lashchenko I. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In this paper, the results of developing a new laboratory work on the discipline "Electrodynamics" using the GAMMA CAD system are discussed, which includes modeling the distribution of an H_{10} wave field in a rectangular waveguide

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕЖЕННЫХ МАССИВОВ НА ОСНОВЕ УЛУЧШЕННОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ФРУКТОВЫХ МУХ

Ли Чонг, Кудин В. П.
Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь
E-mail: 19863695659@163.com

Аннотация — В данной статье улучшенный алгоритм оптимизации фруктовых мух MDFOA применяется к синтезу разреженных антенн. Описывается, как с помощью функции приспособленности одновременно ограничить ширину луча и максимальный уровень бокового лепестка. Используя MDFOA, проводился синтез разреженных антенн для двух типов антенн, что позволило получить хорошие характеристики диаграммы направленности и подтвердить эффективность оптимизации синтеза массивов с использованием MDFOA при различных условиях ограничения.

1. Введение

Цель оптимизации разреженного синтеза совпадает с целью разреженного массива, а именно минимизация максимального уровня бокового лепестка. Функцию приспособленности для разреженного синтеза можно описать следующим образом

$$fitness = M \times max\{F(\theta,\varphi)_{dB}\} + N \times (max\{0, |BW_c - BW_d|\} - \mu).$$

Величины M и N представляют собой коэффициенты веса, $\mathrm{F}(\theta,\varphi)$ это функция диаграммы направленности, $\max\{\mathrm{F}(\theta,\varphi)_{\mathrm{dB}}\}$ представляет собой максимальное значение бокового лепестка в пределах бокового лепестка, $\mathrm{BW_c}$, $\mathrm{BW_d}$, μ представляют собой фактическую ширину луча, ожидаемую ширину луча и допустимую ошибку соответственно.

2. Основная часть

Рассматриваются примеры разреженной синтезирующей имитации центра симметричной прямоугольной решетчатой плоской антенны, предложенные в литературе [1] и [2]. Прямоугольная решетчатая плоская антенна, состоящая из идеальных равномерных всенаправленных антенн, имеет диаметр антенны $2\mathrm{L} \times 2\mathrm{H} = 9{,}5\lambda \times 4{,}5\lambda$ то есть диаметр антенны в вертикальной плоскости составляет $9{,}5\lambda$ диаметр антенны в горизонтальной плоскости составляет $4{,}5\lambda$ минимальное расстояние между элементами антенны составляет $\mathrm{D} = \lambda/2$ в итоге было оставлено 4N=108 элементов, степень разрежённости составила 54 %, в каждой области квадранта будет содержаться по N=27 элементов, в вершинах диаметра антенны будут находиться элементы в координатах (L, H), (–L, H), (L, –H), (–L, –H), ожидаемая ширина главного лепестка составляет от 5° до 25°. Также рассмотрим пример синтеза разреженной антенны с центрально-симметричной прямоугольной решетчатой плоской антенны, предложенный в литературе [3]. Прямоугольная решетчатая плоская антенна состоит из идеальных равномерных всенаправленных антенн, диаметр антенны составляет $2\mathrm{L} \times 2\mathrm{H} = 9{,}5\lambda \times 4{,}5\lambda$ то есть диаметр антенны в вертикальной плоскости составляет $9{,}5\lambda$ диаметр антенны в горизонтальной плоскости составляет $4{,}5\lambda$ минимальное расстояние между элементами антенны составляет $\mathrm{D} = 0{,}2\lambda$ и в конечном итоге сохраняется 4N=68 элементов, степень разрежённости составляет 34 %, в каждой области квадранта будет содержаться N=17 элементов, при этом в вершинах диаметра антенны будут находиться элементы в четырёх координатах: (L, H), (–L, H), (L, –H), (–L, –H). Ожидаемая ширина главного лепестка составляет от 5° до 25°. В ходе многократных экспериментов для диаграммы направленности $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi/2$ Лучший результат по сумме максимальных боковых лепестков плоскости составляет –88,627 dB, при этом $\varphi = 0$ боковой лепесток равен –45,358 dB, $\varphi = \pi/2$ боковой лепесток равен –43,269 dB, средний результат многократного оптимизационного поиска составляет –85,643 dB. При тех же условиях в литературе лучший результат составляет –74,760 dB, при этом $\varphi = 0$ боковой лепесток равен –31,120 dB, $\varphi = \pi/2$ боковой лепесток равен –43,640 dB. В сравнении с этим оптимальный результат MDFOA снизился на 0,289 dB (уровень бокового лепестка разреженной антенны с 34 % степенью разрежённости в двух направлениях).

3. Заключение

Результаты двух групп экспериментов, проведённых в данной работе, подтверждают, что применение улучшенного алгоритма оптимизации с помощью коллективного интеллекта MDFOA для синтеза разреженных антенн позволяет находить приближенные оптимальные решения модели при различных условиях ограничения, избегая сложных вычислений и отладки вручную, что позволяет в короткие сроки получать лучшие решения и, в отличие от других алгоритмов, не подвержено лёгкому попаданию в локальные оптимумы, что подтверждает эффективность и высокую производительность MDFOA в синтезе разреженных антенн.

4. Список литературы

[1] Метод асимметричного отображения для синтеза разреженных планарных решеток / Ц. Д. Дин [и др.] // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. — 2018. — Т. 17. — № 1. — С. 70—73.

[2] Синтез разреженных планарных решеток с использованием матричного отображения и дифференциальной эволюции / Л. Хэн [и др.] // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. — 2016. — Т. 15. — С. 1905—1908.

[3] Дарвиш, А. Улучшенный алгоритм оптимизации плодовой мушки и его применения в синтезе антенных решёток / А. Дарвиш, А. Эбрахимизаде // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. — 2018. — Т. 66, № 4. — С. 1756—1766.

STUDY OF SPARSE ARRAYS BASED ON AN IMPROVED FRUIT FLY OPTIMIZATION ALGORITHM

Li Chong, Kudin V. P.
Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus

Abstract — In the paper, the improved fruit fly optimization algorithm MDFOA to the synthesis of sparse antenna arrays is applied. It is described, how the fitness function is used to simultaneously constrain the beamwidth and the maximum sidelobe level. Using MDFOA, sparse antenna array synthesis was conducted for two types of antennas, resulting in excellent radiation pattern performance and confirming the effectiveness of MDFOA in optimizing array synthesis under various constraints.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОЛНОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Ли Дэцян, Кудин В. П.
Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Беларусь

Аннотация — В данной работе представлена инновационная сверхширокополосная микрополосковая антенна на основе прямоугольной монопольной структуры для решения проблемы ограниченной полосы пропускания в миллиметроволновых системах.

1. Введение

В миллиметроволновых системах микрополосковые антенны широко применяются благодаря низкому профилю и удобству интеграции, однако проблема ограниченной полосы пропускания остается актуальной. Для решения этой задачи в настоящем исследовании предложена инновационная сверхширокополосная микрополосковая антенна на основе прямоугольной монопольной структуры, предназначенная для 5G миллиметроволнового диапазона. Антенна обеспечивает значительное расширение рабочей полосы пропускания за счет уникального травления асимметричных прямоугольных вырезов на излучающей микрополосковой пластине, что эффективно удлиняет путь поверхностного тока.

2. Основная часть

Общий размер сверхширокополосного антенного элемента для 5G миллиметроволнового диапазона, рассматриваемого в данной работе, составляет чатель, диэлектрическую подложку и заземляющую плоскость. Излучатель представляет собой комбинацию 50-омной линии питания, многоступенчатой микрополосковой линии с четвертьволновым импедансным преобразованием и прямоугольной излучающей микрополосковой пластины, обеспечивающую эффективную передачу сигнала. В качестве диэлектрической подложки выбран материал Rogers 5880 толщиной 6,9 мм с относительной диэлектрической проницаемостью 2,2 и тангенсом угла потерь 0,0009.

Таблица 1

Параметр	Значение, мм	Параметр	Значение, мм	Параметр	Значение, мм
L	15	L_5	3,7	W_5	0,20
W	10	W_1	1,20	G_L	5,40
H	0,43	W_2	1,60	S_L	0,60
L_1	3,80	W_3	0,55	S_W	0,30
L_2	3,97	W_4	0,40	T_L	1,20
L_3	1,73	L_5	3,10	T_W	1,50

Для оптимизации коэффициента усиления антенны в данном проекте предложен антенный массив 1×2, в котором расстояние между двумя соседними антенными элементами установлено около 6,9 мм. В заземляющей плоскости изящно введена Т-образная структура, которая эффективно блокирует взаимную связь между двумя антенными элементами, возникающую вдоль края заземляющей плоскости. По результатам моделирования и анализа данный антенный массив демонстрирует превосходные показатели изоляции на всём рабочем частотном диапазоне: уровень изоляции между двумя антенными элементами постоянно поддерживается выше –20 дБ.

Все сверхширокополосные характеристики миллиметроволновой антенны обусловлены прямоугольной щелевой структурой на излучающей микрополосковой пластине. Геометрические размеры прямоугольной щели играют ключевую роль в частотных характеристиках миллиметроволновой антенны. При увеличении длины щели резонансная частота антенны, как правило, смещается в сторону более низких значений. Состояние согласования импеданса антенны также улучшается, однако на высоких частотах увеличение длины щели может привести к сужению полосы пропускания. Напротив, при увеличении ширины паза также наблюдается снижение резонансной частоты, однако при этом происходит значительное сжатие полосы пропускания, что ясно видно на рис. 1.

На рис. 1, а показано влияние длины прямоугольного паза на полосу пропускания.

а) б)

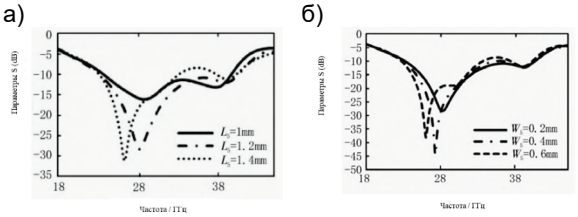


Рис. 1

На рис. 1, б показано влияние ширины прямоугольного паза на полосу пропускания.

3. Заключение

При построении антенного массива для повышения взаимной изоляции между отдельными антенными элементами предложено введение введена Т-образной структуры. Для этого между заземляющими плоскостями соседних антенных элементов введена Т-образная конструкция. Ширина и длина Т-образной структуры оказывают незначительное влияние на полосу пропускания антенны. При установке ширины TW равной 1,5 мм и длины TL равной 1,2 мм достигается оптимальное согласование антенного массива в полосе частот.

DESIGN OF MILLIMETER-WAVE ANTENNA ARRAYS

Li Deqiang, Kudin V. P.
Sukhoi State Technical University of Gomel, Belarus

Abstract — In the paper, an innovative ultra-wideband microstrip antenna based on a rectangular monopole structure is presented to address the issue of limited bandwidth in millimeter-wave systems. By etching asymmetric rectangular cuts on the radiating patch, the surface current path is effectively extended, significantly expanding the operating bandwidth. The antenna is fabricated on a Rogers 5880 dielectric substrate with overall dimensions of 15 mm × 10 mm × 0.43 mm. To enhance gain, a 1×2 array is designed, incorporating a T-shaped structure in the ground plane to achieve inter-element isolation below –20 dB. Simulation results demonstrate excellent ultra-wideband characteristics and radiation efficiency in the 5G millimeter-wave band.

АНТЕННА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДВОДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Петрушин С. А., Широкова Е. И., Овчаров П. П.
Научный руководитель: Овчаров П. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: PPOvcharov@mail.sevsu.ru

Аннотация — Рассматривается разработка магнитной антенны для проведения исследований подводной радиосвязи в условиях морской воды. Особое внимание уделено конструктивным решениям, обеспечивающим устойчивость антенны к воздействию агрессивной морской среды: коррозии, биообрастанию и высоким гидростатическим давлениям.

1. Введение

Задача обеспечения надежной связи в подводных условиях сохраняет актуальность для систем навигации, мониторинга и управления подводными объектами. Морская вода обладает высокой электропроводностью и агрессивными химическими свойствами, что приводит не только к быстрому затуханию электромагнитных волн, но и к значительному износу конструктивных элементов радиоаппаратуры. При этом традиционные акустические каналы связи ограничены по скорости передачи данных и подвержены влиянию внешних шумов, что стимулирует поиск альтернативных решений.

2. Основная часть

Принцип действия антенны основан на возбуждении переменного магнитного поля в воде при протекании тока через рамку. Магнитная составляющая электромагнитного поля распространяется в воде с меньшими потерями по сравнению с электрической, что обеспечивает более устойчивую передачу информации на низких и средних радиочастотах [1—3].

Схема антенны и согласующего устройства показана на рис. 1. Диапазон рабочих частот составляет 0,1—20 МГц, что делает устройство универсальным для различных каналов подводной связи.

Антенна выполнена в виде круглой рамки, представляющей собой замкнутую катушку индуктивности с экранированием, что позволяет снизить влияние внешних электромагнитных помех и повысить стабильность характеристик в условиях подводной эксплуатации. В качестве защитного покрытия используется полиуретановый компаунд, обеспечивающий надёжную герметизацию и устойчивость к воздействию воды, давления и агрессивной среды.

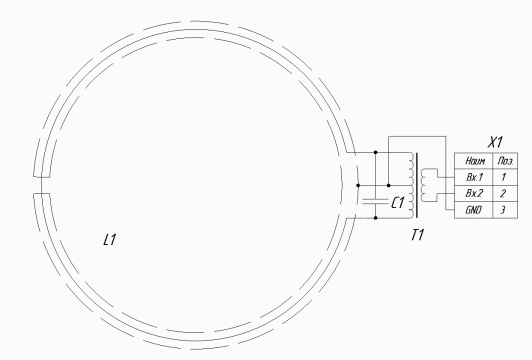


Рис. 1

Рамка антенны имеет разъёмное соединение с блоком согласования. Это позволяет оперативно менять рамки, в зависимости от рабочего диапазона частот.

Настройка антенны в резонанс осуществляется конденсатором С1.

На рис. 2 показан внешний вид разработанной антенны.

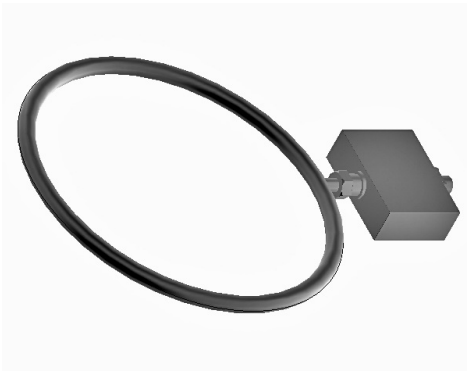


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, предложенная конструкция сочетает компактность, устойчивость к воздействию агрессивной среды и возможность широкополосной работы, что делает её перспективной для проведения экспериментов в системах подводной радиосвязи различного назначения.

4. Список литературы

[1] Широков, И.Б. Разработки в области подводной беспроводной оптической связи и с помощью малогабаритных магнитных антенн / И. Б. Широков, В. В. Головин, Е. А. Редькина, И. В. Сердюк, П. П. Овчаров // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии, 2024. — Т.7, №1. — С. 93—105.

[2] Редькина, Е. А. Математическая модель для исследования влияния морской воды на распространение магнитного поля / Е.А. Редькина [и др.] // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций, 2023. — № 6. — С. 84.

[3] Широков, И.Б. Структура и элементная база приёмопередающего модуля для организации подводной оптической беспроводной системы передачи данных / И.Б. Широков, В.В. Головин, Е.А. Редькина, И.В. Сердюк, П.П. Овчаров // Журнал радиоэлектроники. 2024. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.1.7

ANTENNA FOR EXPERIMENTAL STUDY OF UNDERWATER RADIO COMMUNICATION

Petrushin S. A., Shirokova E. I., Ovcharov P. P.
Scientific adviser: Ovcharov P. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of a magnetic antenna for underwater radio communications research in seawater conditions are discussed. Particular attention is made to design solutions that ensure the antenna's resistance to aggressive marine environments: corrosion, biofouling, and high hydrostatic pressures.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПОЛОТНА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ

Аникин Г. С.[1,2], Демшевский В. В.[2,] Гринёв А. Ю.[1]
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Гринёв А. Ю.
[1]*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия;*
[2]*АО «НПП «Исток» им. Шокина», Россия*
E-mail: r0ai@bk.ru, demshevskyv.v@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрен пример построения топологии кластеризованного полотна ФАР. Предложен модифицированный алгоритм кластеризации. Приведены результаты кластеризации полотна и показана возможность электронного сканирования лучом такой антенной решётки.

1. Введение

Фазированные антенные решётки (ФАР) в настоящий момент широко применяются в составе радиолокационных, связных, навигационных систем. Кроме того, возрос интерес к применению ФАР с электронным управлением положением главного луча диаграммы направленности (ДН). К настоящему моменту разработаны методики проектирования ФАР, излучатели которых располагаются в узлах регулярной сетки (периодически, эквидистантно).

Применение ФАР с электронным сканированием луча влечёт за собой рост количества элементов антенной решётки, а также использование большого числа линий задержки, аттенюаторов, фазовращателей. Всё это напрямую оказывает влияние на стоимость и трудоёмкость сборки антенной решётки. Другой нюанс использования многоэлементных ФАР, ставший проблемой — недостаток места для системы охлаждения фазированной антенной решётки. Поэтому разработчики подобных систем вынуждены искать новые теоретические и практические решения, позволяющие в какой-то мере решить вышеуказанные проблемы. В частности, одним из решений является разработка ФАР с нетрадиционной архитектурой [1]. Например, кластеризация полотна ФАР и разрежение. Данные методы отказываются наиболее востребованы в сфере разработки активных фазированных антенных решёток (АФАР).

2. Основная часть

Кластер представляет собой синфазную подгруппу элементов ФАР, которые располагаются в узлах регулярной сетки (возможны другие варианты). Каждая такая подгруппа соединена со своим активным модулем АФАР через систему деления мощности.

В процессе проектирования кластеризованной ФАР необходимо соблюдать компромисс между уменьшением числа активных приёмо-передающих модулей и сохранением основных радиотехнических характеристик. Основная проблема заключается в резком уменьшении сектора электронного сканирования ввиду быстрого появления дифракционных лепестков в структуре ДН. При кластеризации полотна появляются периодические участки расположения геометрических центров кластеров с большим шагом их следования, что и приводит к уменьшению сектора электронного сканирования. Таким образом, необходимо обращать внимание на взаимное расположение центров синфазных подгрупп. Так, например, попытка кластеризации полотна ФАР, элементы которой располагаются в узлах прямоугольной сетки с шагом 0,5x0,5λ двухэлементными кластерами, расположенными регулярно, привела к тому, что сектор сканирования составил менее ±20°.

Путём применения алгоритма, позволяющего полностью заполнить апертуру заданного размера кластерами заданного вида (в рассматриваемом случае — двухэлементными), а также после применения правил оптимизации взаимного расположения кластеров, была синтезирована следующая топология кластеризованной ФАР, представленная на рис. 1. Для наглядности представлены фазовые центры кластеров. Также представлены амплитудные ДН при отклонении главного луча на угол θ=50° в двух ортогональных плоскостях.

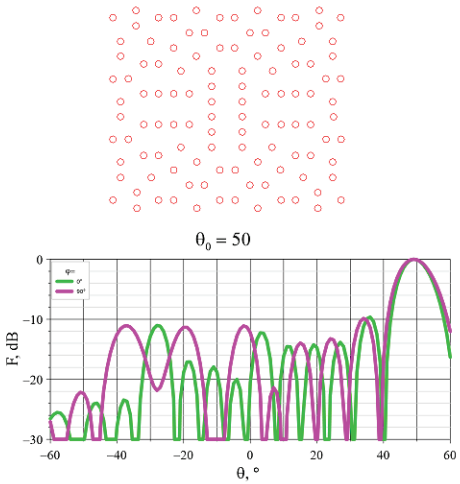


Рис. 1

3. Заключение

Разработана топология кластеризованной ФАР, позволяющей реализовать электронное сканирование луча в секторе ±50° в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Опробован и модифицирован алгоритм замощения апертуры кластерами заданной размерности.

4. Список литературы

[1] Unconventional Phased Array Architectures and Design Methodologies — A Review / J.F. Rocca [et al.] // Proc. of the IEEE. 2016. Vol. 104, No. 3.

CLUSTERIZATION OF A PHASED ARRAY ANTENNA APERTURE

Anikin G. S.[1,2], Demshevsky V. V.[2], Grinyov A. Yu.
Scientific adviser: Grinyov A. Yu.
[1]*Moscow Aviation Institute (national research university), Russia*
[2]*JSC "NPP "Istok" named after Shokin", Russia*

Abstract — An example of constructing the topology of a clustered phased array antenna aperture is considered. A modified clustering algorithm is proposed. The results of clustering the aperture are presented, demonstrating the possibility of electronic beam scanning with such an antenna array.

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНАРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ НА ОСНОВЕ ТОНКОПЛЁНОЧНОГО НИОБАТА ЛИТИЯ ПУТЁМ ТЕРМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ПОЛОСКОВ ТИТАНА

Скрылев А. А., Лемешевская Г. А., Бобров А. И., Нежданов А. В., Сидоренко К. В., Николичев Д. Е., Малехонова Н. В., Виноградова Л. М., Юртова Е. И.
Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доц. Нежданов А. В.
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Россия
E-mail: skrylev@unn.ru

Аннотация — Осуществлены разработка и изготовление планарных оптических волноводов путём термического окисления полосков титана на поверхности тонкоплёночного ниобата лития.

1. Введение

Тонкоплёночный ниобат лития (TFLN) в последнее десятилетие стал основой сверхбыстродействующих модуляторов лазерного излучения, выполненных по схеме планарного интерферометра Маха-Цендера. Преимуществами указанного материала являются низкая инерционность электрооптического эффекта, а также повышенная локализация электрической компоненты модулирующего радиосигнала в тонком слое ниобата лития за счёт контраста диэлектрической проницаемости. Благодаря приведённым свойствам приборные структуры на основе TFLN обеспечивают работу на частотах до 100 ГГц и выше, а также могут быть выполнены в компактном исполнении (размер интерферометра не превышает 1 см) [1].

Технологическая сложность изготовления планарных оптических волноводов на основе тонкоплёночного ниобата лития заключается в необходимости формирования протяжённых бездефектных полосковых структур с шириной топологического элемента порядка одного микрометра. При этом ключевое значение имеет низкая шероховатость стенок, получаемых в результате полосков. Именно она оказывает определяющее влияние на оптические потери в формируемых оптических волноводах. Указанная шероховатость возникает в процессе осуществления литографических процессов и варьируется в значительном диапазоне величин в зависимости от технологических режимов.

2. Основная часть

В докладе приводятся результаты моделирования и изготовления планарных оптических волноводов, формируемых путём окисления полосков титана на поверхности тонкоплёночного ниобата лития. В подобных структурах наблюдается эффект сглаживания шероховатости стенок волноводов за счёт диффузионных процессов, происходящих при термической обработке металла в кислородсодержащей атмосфере. Для формирования топологии структуры в работе использованы совмещённые методы контактной и электронной фотолитографии.

На рис. 1, а проиллюстрирована схема поперечного сечения планарного оптического волновода, сформированного путём окисления, полоска титана на поверхности тонкоплёночного ниобата лития [1]. Рис. 1, б демонстрирует снимок соответствующей структуры, изготовленной в рамках проведённого исследования, а на рис. 1, в приведена математическую модель распределения электрического поля оптической моды лазерного излучения в волноводе.

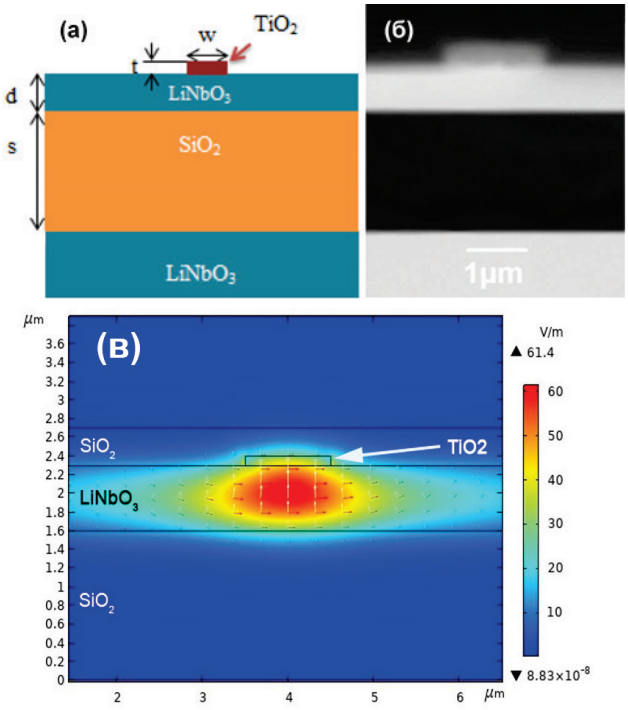


Рис. 1

3. Заключение

В рамках проведённого исследования изготовлены планарные оптические волноводы на основе тонкоплёночного ниобата лития, характеризующиеся сниженной шероховатостью стенок.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FSWR-2025-0008.

4. Список литературы

[1] Waveguides consisting of single-crystal lithium niobate thin film and oxidized titanium stripe / Shuang Li [et al.] // Optics Express. 2015. — Vol 23, No 19. — P. 24212.

FORMATION OF PLANAR OPTICAL WAVEGUIDES BASED ON THIN-FILM LITHIUM NIOBATE BY THERMAL OXIDATION OF TITANIUM STRIPS

Skrylev A. A., Lemeshevskaya G. A., Bobrov A. I., Nezhdanov A. V., Sidorenko K. V., Nikolichev D. E., Malekhonova N. V., Vinogradova L. M., Yurtova E. I.
Scientific adviser: Nezhdanov A. V.
National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russia

Abstract — The design and manufacture of planar optical waveguides has been carried out by thermal oxidation of titanium strips on the surface of thin-film lithium niobate.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИРЕКТОРНОЙ АНТЕННЫ

Борисенок А. В., Николаев А. К., Легашова А. А., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: artyom.nikolayev.05@mail.ru

Аннотация — В статье представлены результаты разработки лабораторного стенда для изучения директорной антенны с активным элементом в виде широкополосного петлевого печатного вибратора.

1. Введение

Целью работы ставилось создание лабораторного макета для изучения директорной антенны. За основу был взят широкополосный петлевой вибратор, установленный на диэлектрическую траверсу вместе с регулируемыми по размеру и положению двумя директорами и рефлектором.

2. Основная часть

Разработанная антенна представляет собой директорную антенну с активным элементом в виде петлевого широкополосного вибратора с дополнительными регулируемыми элементами

Конструкция петлевого вибратора представляет собой печатную плату с изготовленными методом химического травления двумя половинами петли с разных сторон платы. Верхние части полу-петель находится с противоположных сторон платы и замыкается через лицевую емкостную связь. Боковые грани полу-петель широкие и имеют вырезы, это техническое решение позволяет значительно расширить рабой диапазон антенны. На диэлектрическую траверсу, помимо петлевого вибратора, как активного излучателя директорной антенны, также установлены подвижные телескопические элементы с регулируемыми размерами. Элемент позади петлевого диполя выполняет функцию рефлектора, а два элемента спереди является директорами. Внешний вид директорной антенны в сборе представлен на рис. 1.



Рис. 1

За счет широкополосности петлевого вибратора и регулируемых пассивных элементов антенну можно настроить на любую частоту в пределах 400—800 МГц, что дает конструкции большой потенциал использования в образовательных и экспериментальных целях. Этот макет планируется использовать в рамках выполнения лабораторных работ по курсу «Антенные системы», согласно методическим рекомендациям [1, 2]. На стороне платы, противоположной стороне установки разъема, имеется микрополосковая линия, позволяющая компенсировать реактивную составляющую сопротевления петлевого диполя и улучшить согласование с 50-омным фидером. Входное сопротивление антенны, активная и реактивная части, показаны на рис. 2. Антенна удовлетворяет условию КСВ<2 на частотах 400—800 МГц.

Проведены измерения диаграммы направленности петлевого вибратора отдельно от элементов директорной антенны на частоте 600 МГц, результат показан на рис. 3.

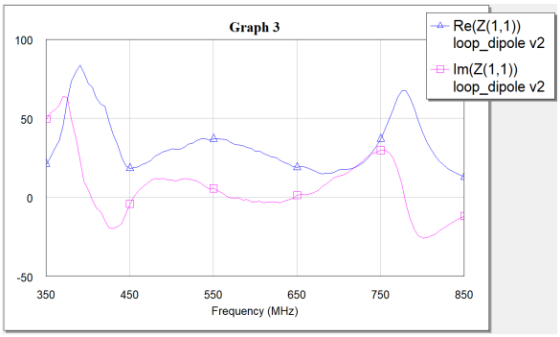


Рис. 2

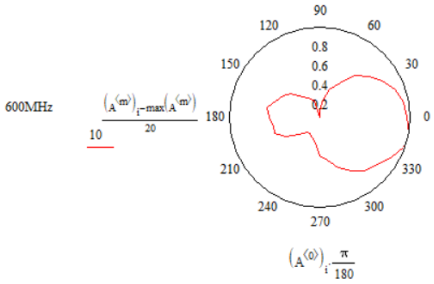


Рис. 3

3. Заключение

Разработанная антенна имеет большой потенциал для использования в образовательных и экспериментальных целях, в тои числе в [3]. Широкополосность активного элемента, регулируемые размеры и положение пассивных элементов дают широкую рабочую полосу антенны.

4. Список литературы

[1] Антенные системы: учеб.-метод. Пособ. По вып. Лабораторного практикума по дисциплине. В 3 частях. Ч. 2 / Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и информационной безопасности, кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ; составители: В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук, В. В. Громоздин. — Севастополь : Изд-во СевГУ, 2021. — 46 с.

[2] Головин, В. В. Исследование характеристик развертываемой космической зеркальной антенны с разреженной отражающей поверхностью / В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2023. — № 1. — 20 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.1.10

[3] Remote control system for the unmanned floating platform / S. Y. Dudnikov, V. V. Vertegel, V. V. Golovin, Y. N. Tyschuk // Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. — P. 12130.

LABORATORY STAND FOR STUDYING THE YAGI ANTENNA

Borisenok A. V., Nikolaev A. K., Legashova A. A., Golovin V. V.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of the design of a laboratory stand for studying a Yagi antenna with an active element in the form of a broadband looped printed vibrator are presented.

АНТЕННАЯ РЕШЁТКА RHCP 2X2 ИЗ ПАТЧ ЭЛЕМЕНТОВ

Борисенок А. В., Николаев А. К., Легашова А. А., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: artyom.nikolayev.05@mail.ru

Аннотация — В статье представлены результаты разработки антенной решетки правой круговой поляризации 2x2 из патч элементов для систем передачи аналогового видеосигнала в частотном диапазоне 5,5—6,0 ГГц.

1. Введение

Целью работы ставилось создание направленной панельной антенной решетки правой круговой поляризации 2x2 из патч элементов для систем передачи аналогового видеосигнала в частотном диапазоне 5,5—6,0 ГГц.

2. Основная часть

Разработанная антенна представляет собой массив 2x2 из патч элементов правой круговой поляризации с общим устройством питания.

Конструкция решетки представляет собой две пластины из диэлектрика с расстоянием между ними, на верхней пластине вытравлены излучающие элементы, нижняя часть совмещает рефлектор и фидерную сеть. Круговая поляризация реализована методом обрезания углов патчей [1]. Поскольку такой способ не позволяет получить хорошее осевое соотношение в широком диапазоне частот, элементы были разделены на две группы, каждая группа расположена по диагоналям решетки и повернута относительно соседней в пространстве на 90º. Для питания массива излучателей в программе AWR DE была спроектирована микрополосковая фидерная сеть, состоящая из трех делителей Уилкинсона и двух фазосдвигающих линий, имеющих электрическую длину 90º. Модель антенной решетки с устройством питания представлен на рис. 1.

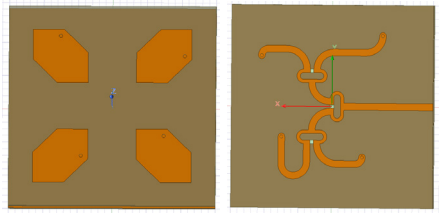


Рис. 1

Моделирование характеристик было произведено в программе HFSS. График КСВН представлен на рис. 2. По критерию КСВН<2 полоса пропускания составляет 5,27—6,66 ГГц.

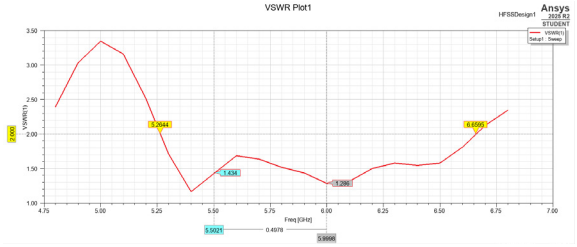


Рис. 2

Зависимость осевого соотношения по отношению к частоте показано на рис. 3. На частоте 5,8 ГГц осевое соотношение составило 0,3 дБ. По критерию AR<3 dB полоса пропускания составляет 5,58—6,2 ГГц.

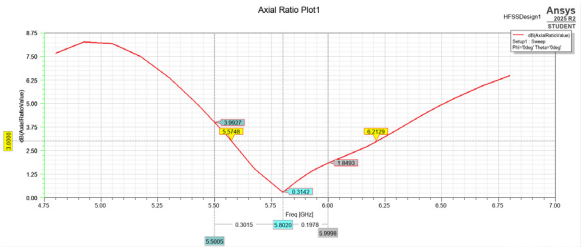


Рис. 3

На рис. 4 показаны диаграммы направленности и усиление антенны. На графике сверху использован материал FR4, снизу материал Rogers TMM 4. Усиление антенны составило 9,8 дБи с материалом FR4 и 11,4 дБи с материалом Rogers. Подобное различие характеризуется высокими потерями в материале FR4 на частоте 5,8 ГГц.

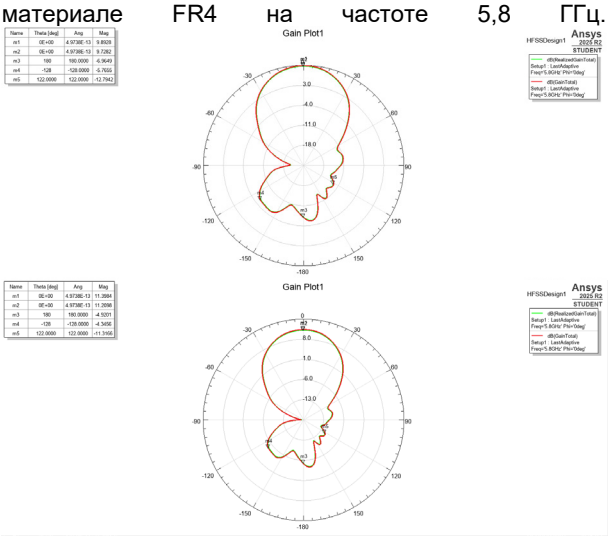


Рис. 4

3. Заключение

Разработанная антенна может быть использована в составе систем передачи аналогового видеосигнала в частотном диапазоне 5,5—6,0 ГГц.

4. Список литературы

[1] Патч антенна круговой поляризации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://3g-aerial.biz/patch-antenna-krugovoj-polyarizatsii.

[2] Калюжный, Л.И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л.И. Калюжный, А.А. Савочкин, В.В. Головин, Ю.Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

RHCP PATCH ARRAY 2X2

Borisenok A. V., Nikolaev A. K., Legashova A. A.,
Golovin V. V.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of the design of a 2x2 right circular polarization antenna array made of patch elements for analog video transmission systems in the 5.5—6.0 GHz frequency range are presented.

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОЙ ТРЕХДИАПАЗОННОЙ ПЕЧАТНОЙ АНТЕННЫ

Малова М. Г., Сирица А. А., Сирица И. А., Щекатурина Д. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: shchekaturina01@gmail.com

Аннотация — Разработана и смоделирована компактная многочастотная печатная антенна, работающая в трёх диапазонах: полосе мобильной связи 5G n78 (3300—3800 МГц) и двух стандартах Wi-Fi — 2,4 ГГц и 5,0 ГГц. Антенна обладает простой структурой, согласована с 50-омной линией во всех рабочих диапазонах (КСВ ≤ 1,9) и формирует слабонаправленную диаграмму направленности.

1. Введение

В условиях повсеместного внедрения сетей пятого поколения (5G) и расширения использования Wi-Fi в бытовых и промышленных приложениях возникает необходимость разрабатывать антенны, которые должны не только обеспечивать высокую эффективность излучения и приёма, но и быть компактными, технологичными в производстве, а также способных обеспечивать стабильную связь в нескольких стандартах одновременно. В докладе приводится модель многочастотной печатной антенны, работающей в диапазоне мобильной связи пятого поколения n78 (3300—3800 МГц) и двух диапазонах Wi-Fi — 2,4 ГГц и 5,0 ГГц [1, 2].

2. Основная часть

Разработана и смоделирована компактная печатная антенна, обладающая сложной топологией и способная эффективно функционировать в трёх различных частотных диапазонах. Антенна выполнена в виде двух прямоугольных колец и прямоугольной линии, выступающей вовнутрь внешнего кольца

Питание антенны осуществляется посредством стандартной прямоугольной микрополосковой линии передачи, подключённой к внешнему кольцу. Такое решение обеспечивает качественное согласование с 50-омной системой и минимизирует потери на переходе.

На рис. 1 показана модель печатного излучателя.

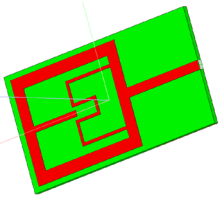
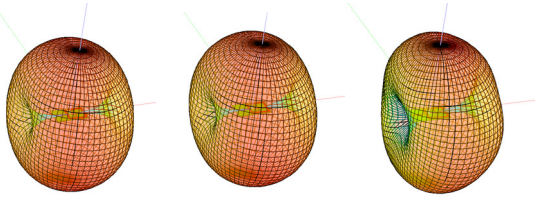


Рис. 1

Антенна обеспечивает работу в трёх диапазонах частот: 3300—3800 МГц; 2,4 ГГц; 5 ГГц. Резонансная частота для диапазона 3300—3800 МГц по большей части определяется параметрами внешнего кольца, 2,4 ГГц определятся параметрами внутреннего кольца, 5 ГГц определяется параметрами прямоугольного выступа. На рис. 2 показана диаграмма направленности на трёх частотах: а) 2,45 ГГц; б) 3,5 ГГц; в) 5,3 ГГц. Анализ характеристик излучения показывает, что антенна в рабочих диапазонах частот имеет диаграмму направленности схожую с волновым симметричным вибратором. Коэффициент усиления на частоте 2,45 ГГц — 2,35 дБи, 3,5 ГГц — 2,8 дБи, 5,3 ГГц — 4 дБи.



а) б) в)

Рис. 2

На рис. 3 показана частотная зависимость коэффициента стоячей волны на входе излучателя. видно, что во всех рабочих поддиапазонах антенна согласованна с питающей линией с КСВ не больше 2.

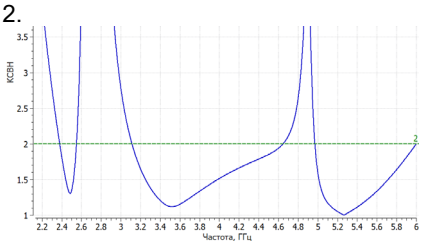


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, разработан излучатель антенной решетки, работающий в диапазоне мобильной связи пятого поколения n78 (3300—3800 МГц) и двух диапазонах Wi-Fi — 2,4 ГГц и 5,0 ГГц, формирующий слабонаправленную диаграмму направленности в азимутальной плоскости. Излучатель согласован с питающей линией во всех рабочих диапазонах: коэффициент стоячей волны (КСВ) не превышает 1,9. В каждом рабочем диапазоне излучатель формирует слабонаправленную диаграмму направленности с коэффициентом усиления от 2,35 до 4,0 дБи.

4. Список литературы

[1] Щекатурин, А.А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А.А. Щекатурин, В.М. Иськив, Е.Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 3. — 12 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.3.12

[2] Liu L., Cheung S.W., Yuk T.I. Compact Triband Printed Antenna for WLAN and WiMAX Applications / L. Liu, S. W. Cheung, T. I. Yuk // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. — 2013. — Vol. 12. — P. 1123—1126.

DESIGN OF A COMPACT TRIBAND PRINTED ANTENNA

Malova M. G., Siritsa A. A., Siritsa I. A,
Shchekaturina D. A.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A compact multiband printed antenna operating in three frequency bands has been designed and simulated: the 5G n78 mobile communication band (3300—3800 MHz) and two Wi-Fi standards — 2.4 GHz and 5.0 GHz. The antenna features a simple structure, is well-matched to a 50-ohm feed line across all operating bands (VSWR ≤ 1.9), and exhibits a quasi-omnidirectional radiation pattern.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АНТЕНН-АППЛИКАТОРОВ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Трушкина А. В., Тыщук Ю. Н.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: subridenssum@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены особенности построения антенн-аппликаторов для обнаружения температурных аномалий мозга.

1. Введение

В современном мире способность передавать информацию на огромные расстояния с помощью электромагнитных волн уже стало обыденностью. При этом ткани человека тоже способны излучать электромагнитные колебания в достаточно широком диапазоне частот и приняв это излучение можно получить информацию о состоянии внутренних тканей человека. Именно это и является основной целью микроволновой радиотермометрии.

2. Основная часть

Медицинская микроволновая радиотермометрия (ММВРТ) — это неинвазивный метод измерения внутренней температуры тела, который основан на измерении интенсивности собственного электромагнитного излучения внутренних тканей пациента в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ).

В результате измерения с помощью данного метода на экране формируется температурная карта головного мозга человека на которой можно явно увидеть температурные аномалии, которые представляют собой области, которые в сравнении с другими имеют более высокую или низкую температуру. Такие области могут свидетельствовать о полученных травмах или перенесенных заболеваниях, и позволяют прогнозировать возникновение патологий.

Радиотермометр — это медицинское устройство, с помощью которого производятся такие измерения, а его сенсор, контактирующий непосредственно с организмом человека, называется антенной-аппликатором.

Для антенны-аппликатора используемой для обнаружение температурных аномалий головного мозга крайне важно, чтобы было достигнуто оптимальное сочетание между размером антенны и глубиной проникновения излучения, чтобы антенна могла зафиксировать температуру внутренних тканей мозга на глубине 4—6 см от поверхности головы. Также необходимо, чтобы антенна могла работать вблизи поверхности головы человека без нанесения вреда. Согласно ранее проведенным исследованием, наиболее заметное электромагнитное излучение головного мозга было обнаружено в диапазоне 1,5—4,5 ГГц и как следствие основное количество исследований проводится в данном диапазоне частот [1]. Важно отметить, что антенна должна иметь минимальную восприимчивость к внешним помехам, поэтому как правило для обнаружения температурных аномалий используют спиральную антенну с эллиптической поляризацией. К основным достоинствам использования спиральной антенны относят небольшой габаритный размер около 8.7мм и хорошую направленность излучения с минимальными переотражениями.

В таблице 1 представлены электрофизические параметры слоев головы человека [2].

Таблица 1

Слой	ε	σ,(Ом·м)$^{-1}$	Толщина,мм
Кожа	36,59	2,34	2
Кость	16,95	1,4	2
Спинномозговое вещество	63,73	5,2	0,5
Серое вещество	46,58	3,09	5
Белое вещество	34,48	2,14	30

Важно отметить, что с учетом слоистой структуры человеческой головы, выбор диэлектрика будет определять размеры антенны, и как следствие, определять ее направленность и глубину излучения.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены особенности построения антенн-аппликаторов для обнаружения температурных аномалий головного мозга человека.

4. Список литературы

[1] Шабашов, Е. П. Моделирование и анализ свойств спиральной антенны для исследования излучения головного мозга в микроволновом диапазоне / Е. П. Шабашов, С. Н. Шабунин, Б. Мрдакович // Ural Radio Engineering Journal. — 2020. — Т. 4, № 1. — С. 84—99. — DOI 10.15826/urej.2020.4.1.005.

[2] Gabriel, S. G. The dielectric properties of biological tissues: I. literature survey / S. G. Gabriel, E. Corthout // Physics in Medicine and Biology. — 1996. — No 41. — P. 2231—2249.

THE FEATURES OF MICROWAVE RADIOTHERMOMETRY APPLICATOR ANTENNAS DESIGN USED FOR DETECTION OF TEMPERATURE ANOMALIES OF BRAIN

Trushkina A. V., Tyschuk Y. N.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The features of the construction of antenna applicators for detecting temperature anomalies of the brain are considered.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ-АППЛИКАТОРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АНОМАЛИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА В САПР ГАММА

Трушкина А. В., Тыщук Ю. Н.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: subridenssum@mail.ru

Аннотация — Произведена разработка и моделирование патч антенны-аппликаторы для обнаружения аномалий головного мозга.

1. Введение

Современная медицина все чаще использует неинвазивные методы диагностики, которые не требуют хирургического вмешательства, но могут с высокой степенью диагностировать патологические изменения головного мозга на ранних стадиях. Диагностика с использованием микроволновой радиотермометрии (МВРТМ) может обнаруживать температурные аномалии, которые могут свидетельствовать о опухолях, перенесенных заболеваниях или же полученных травмах. Одной из ключевых составляющих в МВРТМ диагностике является антенна-аппликатор, которая контактирует непосредственном с телом пациента [1, 2]. В данной работе разработана модель печатной антенны-аппликатора для использования вблизи мозга человека.

2. Основная часть

Для обнаружения температурных аномалий головного мозга, было решено разрабатывать антенну-аппликатор на основе патч-антенны, так как она является широкополосной и простой в реализации. В качестве рабочей частоты выбрана частота 3,05 ГГц, так как именно на этой частоте было достигнуто наилучшее согласование.

На рис. 1 представлена модель антенны-аппликатора вместе со слоистой структурой, которая фактически имитирует структуру головы человека.

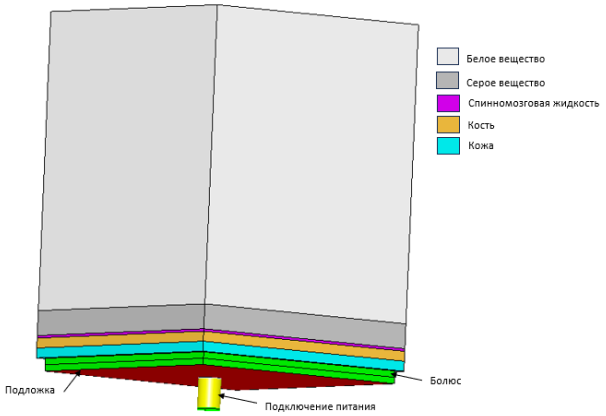


Рис. 1

В классическую патч антенну с непосредственной запиткой был добавлен слой болюса. Болюс — это тонкий слой диэлектрика, который размещается между антенной и пациентом. Его размеры немного больше или примерно равны размеру апертуры антенны, он позволяет согласовать антенну и увеличить расстояние между излучателем и головой человека. Таким образом, реактивные поля, которые возникают в излучателе не способны навредить пациенту и, как следствие, это позволяет увеличивать глубину измерения.

На рис. 2 представлено распределение напряженности электрического поля E.

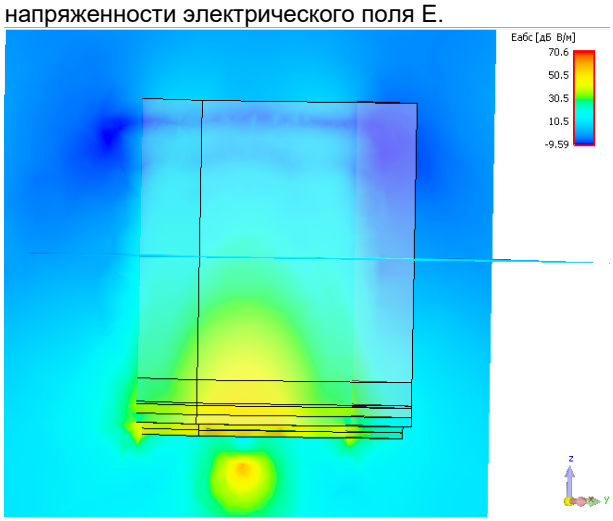


Рис. 2

Можно сделать выводы, что с учётом суммарной толщины всех слоев человеческой головы, равной около 70 мм, излучение антенны проникает на расстояние около 30—40 мм, что свидетельствует о её способности измерять и обнаруживать температурные аномалии головного мозга.

3. Заключение

Таким образом, в САПР «Гамма» разработана модель и исследована работа печатной антенны-аппликатора, которая может обнаруживать температурные аномалии головного мозга на глубине 3—4 см от поверхности черепной коробки.

4. Список литературы

[1] Шабашов, Е. П. Моделирование и анализ свойств спиральной антенны для исследования излучения головного мозга в микроволновом диапазоне / Е. П. Шабашов, С. Н. Шабунин, Б. Мрдакович // Ural Radio Engineering Journal. — 2020. — Т. 4, № 1. — С. 84—99. — DOI 10.15826/urej.2020.4.1.005.

[2] Щекатурин, А.А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А.А. Щекатурин, В.М. Иськив, Е.Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 3. — 12 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.3.12

SIMULATION OF AN ANTENNA APPLICATOR FOR DETECTING BRAIN TEMPERATURE ANOMALIES IN CAD GAMMA

Trushkina A. V, Tyschuk Y. N.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Patch antenna applicators for detecting brain abnormalities have been designed and modeled.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОФОТОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

Манько А. С., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sahamanko@mail.ru

Аннотация — Представлены концепции применения технологий радиофотоники при построении интеллектуальных антенных систем, показаны их преимущества и выделены дальнейшие направления развития.

1. Введение

С ростом требований систем связи и радиомониторинга в СВЧ-технике возник сравнительно новый класс интеллектуальных антенных систем (АС), которые отличаются адаптивностью диаграммообразования каждого из множества отдельных лучей и применением технологий пространственного мультиплексирования. Их реализация на основе полупроводниковых многоэлементных АФАР ограничивается вычислительными возможностями; в то же время, квазиоптические диаграммообразующие устройства (ДОУ) не обладают достаточной гибкостью и простотой управления диаграммой направленности (ДН). Эти факторы обуславливают необходимость перехода к гибридным ДОУ с частичной аналоговой обработкой при одновременной кластеризации ФАР на подрешётки с перемешанными элементами [1, 2].

Задача обеспечения комплексной логики управления ДН кластеризованной АС может быть решена за счёт реализации распределительного тракта ДОУ на основе волоконно-оптических компонентов, что на сегодняшний день всё чаще находит применение в сверхширокополосных радиофотонных (РФ) ФАР.

2. Основная часть

Помимо существенного улучшения широкополосности, верхний предел которой ограничивается полосой модуляции электрооптических модуляторов (ЭОМ) порядка 20—25 ГГц для большинства отечественных промышленных образцов, реализации ФАР на основе РФ ДОУ обладают рядом преимуществ:

— улучшенная электромагнитная совместимость, устойчивость к помехам и внешним воздействиям;

— уменьшенные массогабаритные параметры конструктивной реализации РФ ФАР в сравнении с волноводными, что в совокупности с первым достоинством делает их особенно привлекательными для бортовых комплексов радиотехнических систем;

— меньшие потери мощности в распределительном тракте, возможность разнесения на расстояние АС и модулей обработки;

— высокая точность и стабильность формирования фазовых сдвигов токов возбуждения.

В радиофотонных ФАР реализуется принцип Radio-over-Fiber (RoF), который заключается в переносе СВЧ-несущей в терагерцовую область, где сигнал подлежит обработке оптическими компонентами.

Требуемое фазовое распределение формируется коммутируемыми либо перестраиваемыми волоконно-оптическими линиями связи с Брэгговскими решётками по принципу временной задержки (True Time Delay). Частотно-независимый фазовый сдвиг во всей полосе широкополосных сигналов гарантирует отсутствие эффекта «расплывания» лучей ДН. Интерес могут представлять фазостабильные ВОЛС, в которых сведено к минимуму негативное влияние флуктуаций температуры и механических нагрузок.

Высоким потенциалом обладают архитектуры ДОУ на основе волнового мультиплексирования (DWDM). В них N излучателей ФАР сопоставляется с N длинами волн, регламентируемыми стандартами ITU, которые после уплотнения подлежат фазированию. Заслуживают внимания реализации линий задержки на основе многоволновых Брэгговских решёток, а также электрически перестраиваемых встречно-гребенчатых структур. Менее технологичными, но менее скоростными при перестройке являются архитектуры ДОУ на многоканальных оптических переключателях, где фазирование обеспечивается пространственным сложений волн с разными дискретами фаз. Особое внимание следует уделить нелинейным свойствам оптоволокна, которые при высокой групповой мощности сигнала могут ухудшить характеристики системы связи. Последние достижения российских учёных в области интегральной фотоники открывают новые перспективы, связанные с однокристальными реализациями ключевых РФ узлов интеллектуальных АС. Высокая степень интеграции СВЧ и РФ компонентов на единой подложке фотонной интегральной схемы (ФИС) позволит радикально снизить стоимость одного канала обработки, что вызовет тенденцию к увеличению количества элементов ФАР и расширению их функциональных возможностей.

3. Заключение

Постепенное увеличение доли ФИС в составе ДОУ и дальнейшее совершенствование технологий их производства с переходом на перспективные материалы SiGe, GaN, Si_3N_4 представляется основной тенденцией развития РФ ФАР. Большой научный интерес представляет разработка ДОУ, реализующая в себе гибридное сочетание передовых микроволновых, квазиоптических и интегральных технологий, что при существующих технологических и экономических ограничениях может вывести интеллектуальные АС на качественно новый уровень.

4. Список литературы

[1] Guo, Y. J. Advanced Antenna Array Engineering for 6G and Beyond Wireless Communications // Y. J. Guo, R. W. Ziolkowski. — New Jersey : Wiley, 2022. — 331 p.

[2] Головин, В.В. Проектирование радиофотонных диаграммообразующих схем фазированных антенных решеток в микроволновой САПР AWR DE / В.В. Головин, Ю.Н. Тыщук, М.Е. Белкин, М.О. Ткаченко // Журнал радиоэлектроники. 2022. — № 11. — 12 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2022.11.9

THE APPLICATION PROSPECTS OF MICROWAVE PHOTONICS COMPONENTS FOR SMART ANTENNAS DESIGN

Manko A. S., Golovin V. B.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The concepts of microwave photonics application for smart antennas design are presented, the advantages are shown and further direction of development are highlighted.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ДЛЯ БПЛА

Хомочкина Д. С., Неведров М. Г., Дрёмин А. А., Левчук А. П., Рачицкая Д. В., Чёрная С. П., Редькина Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Редькина Е. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: cfomichiva@mail.ru

Аннотация — Разработана и исследована конструкция антенной системы в виде турникетной антенны упрощенной плоской конструкции над экраном и с разработанной схемой питания для реализации слабонаправленных излучающих свойств с эллиптической поляризацией для БПЛА в умном сельском хозяйстве для увеличения дальности связи и ее сохранения в сложных условиях.

1. Введение

Современное сельское хозяйство объединяет множество передовых и развивающихся технологий и применений, включая беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Поскольку БПЛА перемещаются на разных высотах в трехмерном пространстве, они должны поддерживать связь в любом направлении. Для качественного функционирования БПЛА требуется наличие постоянной связи с наземной станцией управления или оператором [1]. Учитывая условия эксплуатации антенной системы, был разработана упрощенная конструкция антенной системы, включая схему питания и крепления для БПЛА.

2. Основная часть

На основе проанализированных научных работ на тему улучшения связи с БПЛА в различных условиях пользования были определены основные требования к характеристикам антенной системы: слабонаправленная диаграмма направленности (ДН), эллиптическая поляризация (с максимальным коэффициентом эллиптичности в секторе углов места относительно вертикали, линейная вблизи азимутальной плоскости), малогабаритность и обтекаемый легкий корпус.

Излучающая структура выполнена на основе турникетного принципа, рис. 1. Система из двух перпендикулярных вибраторов [2]. В зависимости от соотношения токов на входах вибраторов могут быть реализованы различные режимы работы антенны.

В качестве питающего устройства антенной системы, необходимого для обеспечения сдвига фаз 90 градусов, а также питание четырех плеч турникетной антенны используем мост Ланге, рис. 2.

Выполнено численное моделирование в САПР излучающей структуры с оптимальными параметрами и схемы питания с итоговыми параметрами.

Трёхмерная диаграмма направленности представлена на рис. 3.

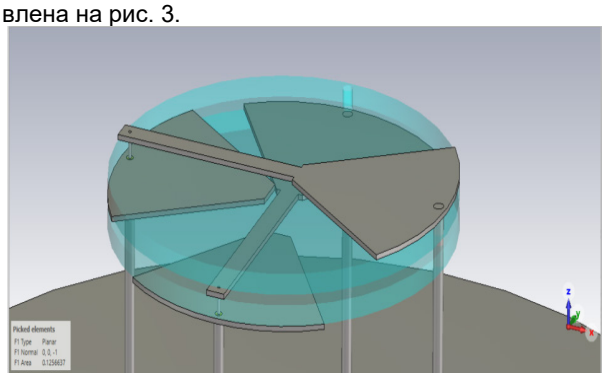


Рис. 1

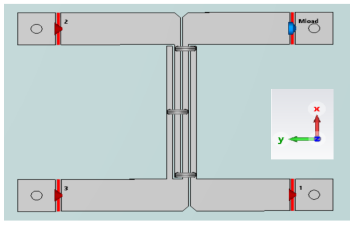


Рис. 2

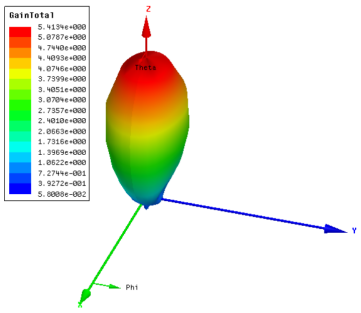


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, разработан общий вид антенны в корпусе, печатный узел излучающей структуры, сделан вывод о реализуемость эллиптической поляризации с требуемым коэффициентом усиления и шириной диаграммы направленности.

Разработана и рассчитана схема питания. Питающий элемент реализован в виде моста Ланге. Проведено численное моделирование таких характеристик как: ДН (5,9 дБ), КСВ (ширина полосы согласования по уровню 2,0—11,2%), коэффициент поляризации (1,49 дБ).

4. Список литературы

[1] Remote control system for the unmanned floating platform / S. Y. Dudnikov, V. V. Vertegel, V. V. Golovin, Y. N. Tyschuk // Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall., Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. — P. 12130.

[2] Сазонов, Д. М. Антенны и устройства СВЧ / Д. М. Сазонов. — М. : Высш. шк., 1988. — 432 с.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF REALIZING A TURNTABLE ANTENNA OF CIRCULAR POLARIZATION FOR UAV

Homochkina D. S., Nevedrov M. G., Dryomin A. A., Levchuk A. P., Rachiczkaya D. V., Chyornaya S. P., Redkina E. A.
Scientific adviser: Redkina E. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The design of an antenna system in the form of a turnstile antenna of a simplified flat design above the screen and with a power supply scheme for implementing weakly directional radiating properties with elliptical polarization for UAVs in smart agriculture has been designed and studied in order to increase the communication range and maintain it in difficult conditions.

АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NVIS

Корниенко В. А., Васильев А. В.
Научный руководитель: Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: internetexplore@yandex.ru

Аннотация — Проведен анализ диаграмм направленности антенных систем для технологии ближнего зенитного распространения (NVIS). Определены ключевые критерии выбора антенн и оптимальные параметры их размещения. Рассмотрены теоретические аспекты формирования излучения с максимумом в зените.

1. Введение

Технология Near Vertical Incidence Skywave предъявляет специфические требования к диаграммам направленности антенных систем [1]. Основным критерием эффективности является способность антенны создавать максимальное излучение под большими углами (70°—90°) при сохранении круговой симметрии в азимутной плоскости. В данной работе рассматриваются основные типы антенн, используемые для NVIS, и анализируются критерии их выбора.

2. Основная часть

Основной задачей антенны NVIS является излучение максимальной мощности в направлении близком к вертикали. Это обеспечивает падение волны на ионосферу под углом близким к прямому, и ее отражение в непосредственной близости от передатчика [2]. Таким образом, первым и наиболее важным критерием является форма ДН в вертикальной плоскости. Антенна должна иметь широкую ДН с ярко выраженным главным лепестком в зените (рис. 1).

Вторым критически важным критерием является поляризация. Вследствие фарадеевского вращения плоскости поляризация в ионосфере и отражений от неоднородной поверхности предпочтительнее использование антенн с круговой или горизонтальной поляризацией [3, 4]. Это позволяет минимизировать потери, связанные с изменением поляризации волны при прохождении через ионосферу, и снизить влияние многолучевого распространения, вызывающего замирания сигнала.

Третьим критерием является полоса пропускания антенны. Так как NVIS используется в диапазонах 2—10 МГц, которые подвержены ионосферным изменениям и требуют оперативного переключения рабочей частоты, антенна должна иметь достаточную полосу пропускания для перестройки без значительной деградации своих характеристик.

Наиболее подходящими для NVIS являются антенны, чья конструкция изначально обеспечивает вертикальное излучение. Горизонтальная вибраторная антенна (петлевой диполь) размещенная на низкой высоте над землей приводит к тому, что максимум излучения смещается в зенит. Диполь, размещенный на высоте 0,1λ имеет широкую ДН с основным лепестком, направленным вверх. Недостатком является узкополосность. Квадратная рамочная антенна имеет ярко выраженную зенитную ДН с круговой поляризацией в направлении оси рамки. Ключевое преимущества компактность. Недостаток сложная система настройки и относительно низкий КПД.

Специализированные зенитные антенны представляют собой вертикальную антенну с емкостной нагрузкой или систему проводов, расположенных параллельно земле. ДН таких антенн является оптимальным для NVIS, однако могут требовать большой площади размещения. Сравнительные характеристики ДН рассмотренных антенн показывают, что рамочная антенна и низко расположенный диполь наиболее полно соответствуют требованию по углу главного лепестка. При этом рамочная антенна обеспечивает круговую поляризацию, что является значительным преимуществом.

На рис. 1 показано типичная диаграмма направленности для антенн используемых в NVIS

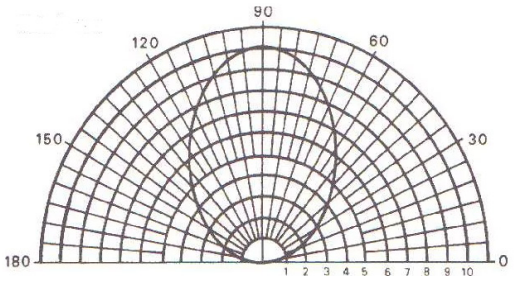


Рис. 1

3. Заключение

Таким образом, для успешной реализации технологии NVIS необходима антенна с диаграммой направленности, максимум которой ориентирован в зенит. Анализ показал, что больше всего заданным требованиям, отвечают два основных класса антенн: низко расположенные горизонтальные вибраторы (диполи) и малые рамочные антенны магнитного типа.

4. Список литературы

[1] Дэвис, Н. Антенны для ближней зоны связи / Н. Дэвис // Журнал прикладной радиоэлектроники. — 2018. — Т. 5, № 2. — С. 45—52.

[2] Козлов, В. И. Коротковолновая связь: теория и практика / В. И. Козлов, А. П. Смирнов. — М. : Связьтехиздат, 2019. — 298 с.

[3] Семенов, Е. В. Рамочные антенны КВ-диапазона: теория и практика / Е. В. Семенов // Радио. — 2021. № 4. — С. 28.

[4] Калюжный, Л.И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л.И. Калюжный, А.А. Савочкин, В.В. Головин, Ю.Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

ANTENNA SYSTEMS FOR EFFICIENT USE OF NVIS TECHNOLOGY

Kornienko V. A., Vasilyev A. V.
Scientific adviser: Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The analysis of the antenna systems radiation patterns for near-zenith propagation (NVIS) technology is carried out. The key criteria of the antenna's selection and the optimal parameters of their placement are determined. The theoretical aspects of the radiation formation with a maximum at the zenith are considered.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ LOAD-PULL ИЗМЕРЕНИЙ

Манько А. С., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sahamanko@mail.ru

Аннотация — Представлен обзор особенностей Load-Pull анализа микроволновых усилителей с целью улучшения их характеристик.

1. Введение

При проектировании СВЧ усилителей на этапе после подбора компонентной базы решается задача согласования входного и выходного импедансов транзистора с портами. Наиболее распространённый комплексно-сопряжённый тип СВЧ-согласования не всегда оказывается оптимальным. На практике помимо минимизации коэффициента отражения на основной гармонике широкое применение нашли методы согласования по критерию оптимизации энергетических или шумовых характеристик. При проектировании таких согласующих цепей опираются на Load-Pull анализ, предназначенный для выявления оптимальных условий согласования не только на основной частоте, но и на высших гармониках.

2. Основная часть

Положения из классической теории согласования линейных четырёхполюсников оказываются неприменимыми в случаях, когда активный элемент работает на нелинейном участке характеристики. Спектр сигнала обогащается, и усиленная мощность частично перераспределяется на кратные гармоники, для которых условия согласования оказываются отличными от входной частоты. В результате выходная мощность $P_{вых}$ оказывается максимально возможной, если в совокупности для всех значимых гармоник будут соблюдаться условия как можно меньшего модуля коэффициента отражения Г от нагрузки [1].

Аналитический расчёт подходящего импеданса в общем случае не представляется возможным, поэтому был разработан экспериментальный анализ Load-Pull. При существующем разнообразии методик, его суть упрощённо сводится к итеративному поиску таких значений импеданса нагрузки $Z_н$ и/или источника сигнала $Z_{ист}$, при которых заданный параметр усилителя достигает экстремума (рис. 1).

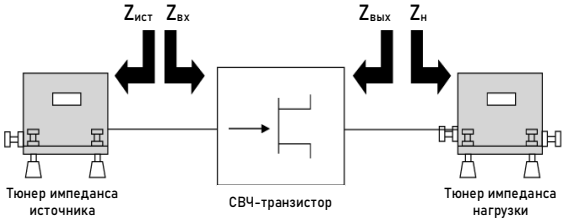


Рис. 1

Наиболее часто в качестве критериев помимо оптимизации выходной мощности рассматриваются:

— максимальный коэффициент усиления G, который достигается при близких к мало-сигнальному комплексно-сопряжённому согласованию условиям;

— максимальный КПД, реализующийся при КЗ на чётных гармониках и ХХ на нечётных, что уменьшает рассеиваемую мощность за счёт минимального перекрытия тока и напряжения во времени на транзисторе и приближает каскад к усилителям класса F;

— минимальный коэффициент шума NF, соответствующий такому импедансу источника (методика подбора Source-Pull), при котором шумовые токи и напряжения от коррелированных внутренних источников в транзисторе в наибольшей степени подвержены взаимной деструктивной интерференции [2, 3].

Результаты Load-Pull анализа, как правило, наносятся на диаграмму Вольперта — Смита в виде контурных кривых, соответствующих зафиксированным значениям контролируемых параметров (рис. 2, а — КПД, б — КПД и выходная мощность).

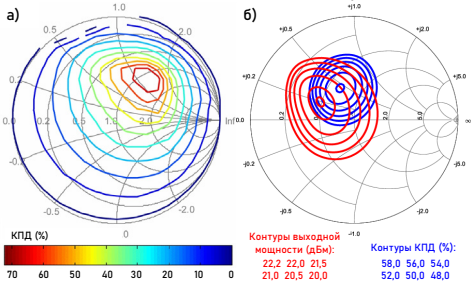


Рис. 2

По полученным контурам нетрудно визуально определить импеданс, соответствующий требуемому экстремуму либо инженерному компромиссу между несколькими параметрами. Кроме этого, та же методика зачастую используется для анализа нелинейных параметров усилителя, таких как P1dB или IP3.

3. Заключение

Анализ Load-Pull представляет собой мощный инструмент для проектирования микроволновых усилителей различного назначения. Он значительно упрощает для СВЧ-инженеров процедуру оптимизации, предоставляя многогранную картину изменения ключевых параметров, на основании которой могут быть спроектированы более эффективные входные и выходные согласующие цепи для транзистора.

4. Список литературы

[1] Кириленко, Е. Сравнение методик согласования импедансов при проектировании усилителей / Е. Кириленко // Современная электроника. — 2015. — № 9. — С. 56—60.
[2] Netzer, Y. The design of low-noise amplifiers / Y. Netzer // Proc. of the IEEE. — 2005. — No 69. — P. 728—741.
[3] Головин, В. В. Проектирование радиофотонных диаграммообразующих схем фазированных антенных решеток в микроволновой САПР AWR DE / В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук, М. Е. Белкин, М. О. Ткаченко // Журнал радиоэлектроники. 2022. — № 11. — 12 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2022.11.9

THE FEATURES OF MICROWAVE AMPLIFIERS DESIGN USING LOAD-PULL MEASUREMENTS

Manko A. S.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The review of Load-Pull analysis features for microwave amplifiers parameters enhancement is considered.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены основные характеристики адаптивных антенных решеток.

1. Введение

В современном развитии радиолокационных технологий особую актуальность приобретает создание адаптивных антенных решеток с интеллектуальной обработкой сигналов. Их применение позволяет существенно повысить эффективность обнаружения и сопровождения целей в условиях сложной помеховой обстановки. На сегодняшний день возникает необходимость в системах, способных автоматически адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам, обеспечивать высокую разрешающую способность, а также минимизировать влияние взаимных помех.

2. Основная часть

Адаптивная антенная решетка представляет собой сложную систему, состоящую из множества отдельных антенн, работающих синхронно для создания направленного излучения. Ключевой особенностью ААР является возможность автоматической оптимизации параметров в реальном времени. На рис. 1 изображена усовершенствованная активная фазированная антенная решётка.



Рис. 1

Диаграмма направленности такой антенны формируется за счет интерференции электромагнитных волн, излучаемых отдельными элементами решетки. Управление характеристиками излучения осуществляется путем изменения амплитуды и фазы сигналов на каждом элементе. В отличие от диаграмм направленности конвенциональной и переключаемой антенн, изображенных на рис. 2, адаптивная антенная решетка автоматизирована под конкретную приемную станцию, будь то корабль или наземный пункт связи.

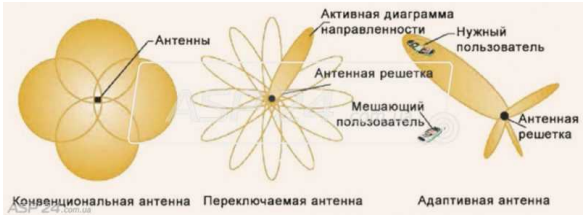


Рис. 2

Важными ее преимуществами являются надежность и отказоустойчивость, эффективное подавление зондирующих сигналов и отражений от крупных объектов, гибкая настройка каждого модуля на программном уровне, высокая помехозащищенность и селективность в условиях активных и пассивных помех.

Также имеют место и недостатки ААР: низкая эффективность подавления помех, поступающих с близких направлений полезного сигнала. Значительное усложнение конструкции данной РЛС создает технические сложности, медленный динамический отклик по сравнению с обычными антеннами, а также сложность алгоритмов управления и обработки сигналов характерны данному классу систем радиолокации.

3. Заключение

Адаптивные антенные решетки с интеллектуальной обработкой сигналов представляют собой перспективное направление развития радиолокационных технологий: их дальнейшие модификации будут способствовать созданию более совершенных радиолокационных комплексов, способных решать широкий спектр задач в различных областях применения.

4. Список литературы

[1] Адаптивная антенная решетка [Электронный ресурс] / Википедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Адаптивная_антенная_решётка.

[2] Адаптивные антенные решётки: как это работает? [Электронный ресурс] / Habr.com. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/449794/?ysclid=mffe6u1zxl550270974.

STUDY OF ADAPTIVE ANTENNA ARRAYS WITH INTELLIGENT SIGNAL PROCESSING

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — The main characteristics of adaptive antenna arrays are considered.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНТИДРОНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — В статье рассматриваются технические особенности антидроновых комплексов, их архитектура, сценарии применения и области дальнейшего развития.

1. Введение

На сегодняшний день БПЛА становятся всё более востребованными техническими устройствами.

Несмотря на многогранность их применения, дроны могут представлять опасность их использования при большом скоплении людей (собрания, демонстрации, исторические реконструкции), а также при сохранении конфиденциальности различной информации в промышленности и в сфере частной жизни населения.

Возрастающая доступность и их техническое совершенствование требуют разработки и внедрения эффективных средств противодействия — антидроновых комплексов (АДК), обеспечивающих защиту критически важных объектов и людей от проникновения, незаконной съёмки или падения дронов.

2. Основная часть

Антидроновые комплексы представляют собой совокупность технических средств, направленных на обнаружение, идентификацию и нейтрализацию БПЛА.

Электронные предназначены для глушения сигналов GPS/ГЛОНАСС и подавления каналов управления, кибернетические для перехвата управления путем взлома каналов связи.



Рис. 1

На рис. 1 изображён пример стационарной установки.

В процессе работы она создаёт радиокупол диаметром в несколько сотен метров, внутри которого происходит подавление каналов управления и навигационных сигналов дронов. За счет систем автоматизации, устройство позволяет эффективно бороться с БПЛА, использующих псевдослучайную подстройку частоты.

Из недостатков следует отметить сложность установки конструкции и корректной настройки модулей, большие габариты, вес.

Портативный АДК направленного действия представляет из себя электромагнитный излучатель направленного действия. Спектр его применения гораздо уже, чем в стационарных комплексах, однако более сложные системы уступают ему в компактности и простоте применения.

По своей архитектуре это мощный СВЧ излучатель с антенной, излучающий короткие импульсы высокой частоты в направленном секторе, выполняя все те же функции подавления канала связи.

Данный АДК состоит из следующих элементов: антенная система, генератор помех, блок управления, источник питания, оптический визир и несущий корпус.

В общих чертах АДК должны функционировать в сложной электромагнитной обстановке, включая городскую среду, где присутствует множество источников сигнала. Это требует применения адаптивных фильтров, частотной селекции и многоканальных антенн, что присуще многим подобным системам.

В дальнейшем АДК будут оснащаться системами искусственного интеллекта для более функционального решения задач.

3. Заключение

Системы АДК, по своей сути и в теории, весьма перспективны, являясь неотъемлемыми элементами современной системы безопасности гражданских объектов и личной безопасности, но ввиду своих очевидных недостатков требуют дальнейшего изучения и совершенствования.

С учётом стремительного развития дронов, задачи обнаружения и их подавления требуют высокотехнологичных решений, сочетающих в себе радиолокацию, оптику, ИИ, радиоэлектронную борьбу и кибербезопасность.

Будущее антидроновых систем — в их гибкости, автономности и способности работать в быстро изменяющейся среде угроз.

4. Список литературы

[1] Новая антидроновая система «Двина-100М» от Ростеха поступила в войска [Электронный ресурс] / Дзен. — Режим доступа: https://dzen.ru/a/aMJo4wjYcBIBEEs9

[2] Радиоэлектронная борьба с БПЛА [Электронный ресурс] / Н. С. Швец, А. Ф. Миронов. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=75125449

TECHNICAL FEATURES OF ANTIDRONE COMPLEXES

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, the technical features of anti-drone systems, their architecture, application scenarios, and areas for further development are discussed.

РАЗРАБОТКА БЛОКА АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ ДИАПАЗОНА 3 ГГц НА ОСНОВЕ КМОП180

Дрозд А. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: a_drozd1902@mail.ru

Аннотация — Представлены результаты разработки функционального блока активной фазированной антенной решётки (АФАР) диапазона 3 ГГц. Рассмотрены принципы построения 6-битного фазовращателя и малошумящего усилительного каскада в технологии КМОП180. Приведены результаты моделирования характеристик в среде Cadence.

1. Введение

Активные фазированные антенные решётки (АФАР) находят широкое применение в современных радиотехнических системах связи и радиолокации [1, 2]. Ключевым элементом АФАР является модуль излучателя, включающий усилитель и фазовращатель, обеспечивающие формирование и управление диаграммой направленности.

Целью работы является разработка и исследование блока АФАР диапазона 3 ГГц на основе элементов, спроектированных в технологии КМОП180, что позволяет обеспечить компактность, низкую стоимость и интеграцию с цифровыми системами.

2. Основная часть

Разработанный фазовращатель представляет собой 6-битное дискретное устройство, обеспечивающее управление фазой в диапазоне 360° с шагом 5,6°. Архитектура основана на управляемых ключах, переключающих отрезки линий задержки.

Моделирование в среде Cadence показало равномерность фазового сдвига в полосе 2,8—3,2 ГГц, средние вносимые потери не более 6—7 дБ и погрешность фазового шага в пределах ±2°.

Это обеспечивает формирование луча с высоким разрешением при сканировании в широком секторе.

Для компенсации потерь фазовращателя и обеспечения требуемого коэффициента усиления модуля разработаны два варианта усилителей: малошумящий и выходной.

Они выполнены по каскодной схеме, что позволило увеличить коэффициент усиления и улучшить развязку по входу [3]. Результаты моделирования показали коэффициент усиления порядка 15 дБ при частоте 3 ГГц, коэффициент шума менее 2,5 дБ для МШУ и выходную мощность до +10 dBm при КСВ<2 для выходного каскада.

Выбор технологии КМОП180 обусловлен необходимостью баланса между частотными характеристиками и экономической эффективностью. Несмотря на ограниченную предельную частоту транзисторов (fT порядка 50—60 ГГц), данный техпроцесс обеспечивает возможность реализации малошумящих и усилительных каскадов в диапазоне 2—4 ГГц. При этом удаётся сохранить приемлемые значения коэффициента шума и усиления, а также совместить СВЧ-узлы с цифровыми схемами управления фазовращателем на одном кристалле.

Особое внимание при проектировании уделялось задаче согласования входных и выходных цепей. Использование каскадной конфигурации позволило упростить согласование входа усилителя с нагрузкой 50 Ом, однако для выходного каскада потребовалась дополнительная коррекция с помощью LC-цепей. Несогласованность приводила к росту КСВ и ухудшению коэффициента передачи, что особенно критично для фазовращателя, которому по своей природе свойственны значительные потери. По результатам оптимизации удалось достичь значений КСВ менее 2 во всём рабочем диапазоне, что подтверждает корректность выбранных схемных решений.

Совместное использование фазовращателя и усилителя позволяет реализовать функциональный канал АФАР. Основные параметры блока приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Рабочая частота	3 ГГц
Диапазон фазового сдвига	0…360°
Разрешение фазового управления	6 бит (5,6°)
Потери фазовращателя	≤ 7 дБ
Коэффициент усиления (МШУ)	~15 дБ
Коэффициент шума (МШУ)	≤ 2,5 дБ
Выходная мощность (усилитель)	до +10 *dBm*

3. Заключение

Разработан и исследован функциональный блок активной фазированной антенной решётки диапазона 3 ГГц в технологии КМОП180. Показано, что использование 6-битного фазовращателя совместно с усилителем позволяет реализовать модуль излучателя АФАР с требуемыми характеристиками. Результаты моделирования подтверждают эффективность предложенных решений и возможность дальнейшей интеграции в составе антенной решётки.

4. Список литературы

[1] Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. — М. : Вильямс, 2003. — 320 с.

[2] Mailloux, R. J. Phased Array Antenna Handbook / R. J. Mailloux. — Artech House, 2005. — 254 p.

[3] Gonzalez G. Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design / G. Gonzalez. — Prentice Hall, 1997. — 86 p.

SYNTHESIS OF ACTIVE PHASED ARRAY BLOCK FOR 3 GHz FREQUENCY BAND BASED ON CMOS180

Drozd A. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of an active phased array block for the 3 GHz frequency band based on CMOS180 technology is presented. A 6-bit phase shifter and an amplifier are described. Simulation results in Cadence are given.

РАДИОУПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ НА СУДАХ

Кравцуненко Н. И.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Щекатурин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
nikolai.kravt@gmail.com

Аннотация — Статья представляет обзор принципов работы и ключевых компонентов радиоуправляемых систем для контроля грузовых операций на морских судах. Рассматривается актуальность разработки таких систем с точки зрения безопасности, экономической эффективности и тенденций цифровизации судоходства (Smart Shipping). Проведен анализ существующих на рынке решений, выявлены их ограничения и обозначены перспективные направления для разработки комплексных радиоэлектронных комплексов

1. Введение

Судоходная отрасль сталкивается с возрастающим давлением, направленным на повышение эффективности, сокращение затрат и улучшение показателей безопасности. Грузовые операции — погрузка, разгрузка, крепление и размещение груза остаются одним из наиболее рискованных и трудоемких процессов. В этой связи актуальной задачей является разработка и внедрение интегрированных радиоуправляемых систем, позволяющих дистанционно контролировать и управлять ключевыми механизмами с выводом экипажа из опасных зон [1—4].

2. Основная часть

Принцип работы комплексной радиоуправляемой системы основан на организации дуплексного радиоканала между пультом оператора и исполнительными устройствами, установленными на грузовых механизмах.

Базовый состав системы включает три основных компонента:

— пульт дистанционного управления (ПДУ);

— носимый или стационарный пост, оснащенный органами управления (джойстики, кнопки), дисплеем для отображения телеметрии;

— радио модуль для передачи команд и приема данных.

Исполнительные блоки (ИБ). Приемно-управляющие модули, устанавливаемые непосредственно на грузовое оборудование (краны, лебедки, насосы балластных систем). Их задача — прием команд, управление силовыми приводами (через частотные преобразователи) и сбор телеметрии с датчиков (нагрузка, положение, температура). Канал радиосвязи. Помехоустойчивый дюплексный канал, обеспечивающий надежный обмен данными между ПДУ и ИБ в условиях сильных электромагнитных помех и металлических преград, характерных для судна. Важность разработки подобных систем обусловлена несколькими критическими факторами, такими как повышение безопасности, а именно: вывод экипажа из опасных зон (трюмы, палуба под грузом) в диспетчерский пункт кардинально снижает риски травматизма; экономическая эффективность, а именно: точное и быстрое управление сокращает время стоянки судна в порту — один из самых значительных элементов операционных расходов, при этом снижается риск повреждения груза и оборудования; цифровизация и сбор данных, а именно: интеграция в общую сеть судна позволяет собирать и анализировать данные о работе оборудования для предиктивного обслуживания и оптимизации логистики.

Проведённый анализ существующих решений показывает, что современные разработки в области дистанционного управления судовыми механизмами носят преимущественно фрагментарный характер и ориентированы на отдельные задачи. Так, ведущие производители (MacGregor, Liebherr) предлагают системы дистанционного управления кранами, однако они ограничиваются узкой специализацией и чаще всего реализуются в проводном или гибридном исполнении, что снижает мобильность оператора.

3. Заключение

Разработка комплексной радиоуправляемой системы для контроля грузовых операций представляется актуальной и востребованной задачей. Несмотря на наличие на рынке отдельных технических решений для дистанционного управления, отсутствует интеграционный продукт, обеспечивающий мобильность оператора, универсальность и надежность связи в условиях судна.

Создание такой системы потребует применения современных помехоустойчивых протоколов связи, разработки надежной схемы сопряжения с силовым оборудованием и реализации строгих мер по обеспечению электромагнитной совместимости и кибербезопасности. Успешная реализация проекта позволит вывести безопасность и эффективность грузовых работ на качественно новый уровень, соответствуя глобальным трендам цифровизации морского транспорта.

4. Список литературы

[1] Гаврилов, Л. П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств судовых комплексов / Л. П. Гаврилов, А. В. Смирнов. — СПб. : Судостроение, 2018. — 224 с.

[2] Иванов, В. К. Цифровизация судоходства: технологии и перспективы / В. К. Иванов. — М. : ТрансЛит, 2022. — 180 с.

[3] Communication Requirements and Technology for Remote-Controlled and Autonomous Ships / E. Molnes [et al.] // Proceedings of the 17th Int. Conf. on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT). — 2018. — P. 250—263.

[4] Калюжный, Л. И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л. И. Калюжный, А. А. Савочкин, В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

RADIO-CONTROLLED SYSTEM FOR CARGO OPERATIONS MANAGEMENT ON SHIPS

Kravtsunenko N. I.
Scientific adviser: Shchekaturin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, an overview of the operational principles and key components of radio-controlled systems for monitoring cargo operations on marine vessels is provided. The relevance of developing such systems is examined from the perspectives of safety, economic efficiency, and the trends in shipping digitalization (Smart Shipping). The paper includes an analysis of existing market solutions, identifies their limitations, and outlines promising directions for the development of integrated radio-electronic complexes.

АНТЕННЫ И СВЧ-КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ И БЕСПИЛОТНЫХ ПЛАТФОРМ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — В статье рассматриваются антенны и СВЧ-устройства, используемые на борту беспилотных и космических систем, а также перспективные направления их развития.

1. Введение

Антенны и СВЧ-компоненты играют ключевую роль в функционировании беспроводных систем связи, навигации, дистанционного зондирования и радиолокации, особенно в условиях эксплуатации на борту гражданских БПЛА и в космической среде. Учитывая постоянное увеличение плотности информации, передаваемой по радиоканалу, а также ужесточение требований по надёжности и компактности оборудования, задача проектирования таких систем становится всё более сложной.

2. Основная часть

Развитие технологий 5G/6G, спутникового интернета, систем дистанционного мониторинга Земли, а также роста применения дронов в различных средах, требует новых решений в области СВЧ-техники, способных работать в экстремальных условиях и обеспечивать высокую эффективность. В качестве антенн для космических аппаратов применяют отражательные антенны параболической формы (рис. 1). За счет легкости и прочности конструкции применяются в межпланетной связи и спутниковом телевидении, а также в качестве ретрансляторов сигналов на огромные расстояния в пределах солнечной системы.



Рис. 1

Для БПЛА применяются обтекательные антенны, встроенные в фюзеляж для малой заметности и панельные фазированные антенные решетки для высокоскоростной связи и картографирования.

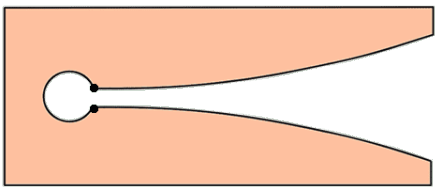


Рис. 2

На рис. 2 изображена антенна Вивальди — широко распространенная в космической отрасли: широкий частотный диапазон работы, высокая направленность излучения и простота интеграции в конструкцию дрона или спутника. На рис. 3 изображена диаграмма направленности антенны Вивальди.

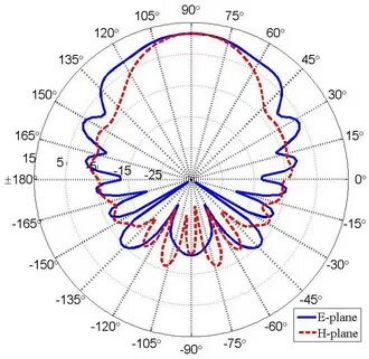


Рис. 3

Также немаловажную роль в конструкции космических аппаратов играют усилители мощности, микроволновые фильтры и мультиплексоры, делители, модуляторы, детекторы, фазовращатели и аттенюаторы, при этом системы должны выдерживать вибрационные, температурные и ударные нагрузки при старте, влияние радиации (в космосе), перепады давления и погодные воздействия (для БПЛА).

3. Заключение

На сегодняшний день СВЧ техника играет важную роль в связи и навигации. Разработка надёжных, компактных, энергоэффективных и многофункциональных решений требует синтеза знаний из областей материаловедения, радиотехники, механики и программируемых систем. В ближайшие годы ожидается дальнейшее развитие интегрированных антенн, использование ИИ в управлении радиочастотными системами, и переход к новым диапазонам частот, что откроет новые горизонты для связи, навигации и разведки

4. Список литературы

[1] Антенна Вивальди [Электронный ресурс] / Википедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вивальди_(антенна)
[2] Радиоэлектронная борьба с БПЛА [Электронный ресурс] / Н. С. Швец, А. Ф. Миронов. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=75125449

ANTENNAS AND MICROWAVE COMPONENTS FOR SPACE AND UNMANNED PLATFORMS

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P. S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, antennas and microwave devices used on board unmanned and space systems, as well as their promising directions for development are discussed.

ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ СПИРАЛЬНАЯ АНТЕННА С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

Ткаченко М. О., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Mishko_tkach@mail.ru

Аннотация — Представлены результаты разработки многозаходной цилиндрической спиральной антенны с близкой к круговой поляризацией излучения во всем верхнем полупространстве. Полученные результаты позволяют улучшить эксплуатационные характеристики данной антенны с сохранением ее электродинамических свойств.

1. Введение

В современных системах беспроводной связи предъявляются высокие требования к надежности радиоканала при изменении ориентации и перемещения антенных систем, при многолучевом распространении радиоволн, воздействии осадков и при наличии вибраций.

Классическое использование ненаправленных антенн линейной поляризации с узкой диаграммой направленности в составе ретрансляторов позволяет создать зону доступа с определенным радиусом, причем по мере удаления от антенны скорость работы оборудования будет уменьшаться из-за потерь мощности электромагнитных волн в канале связи [1].

Применение антенн с круговой поляризацией позволяет снизить потери на поляризационное рассогласование при изменении ориентации передающей и принимающей антенн, а также уменьшить влияние крупномасштабных и мелкомасштабных замираний сигнала в радиоканале.

2. Основная часть

За основу была взята модель четырехзаходной цилиндрической спиральной антенны, описанная в [2]. Однако конструкция данной модели имеет недостаток в виде низкой механической прочности, особенно при воздействии вибраций, ударов или систематического изменения ориентации антенны в пространстве, что ограничивает использование такой конструкции антенны на борту подвижных объектов.

Для преодоления этих ограничений было принято решение модифицировать механическую структуру антенны. Вместо полого каркаса предложена монолитная конструкция, в которой диэлектрический стержень, проходящий сквозь экран, выполненный из фторопласта (PTFE) с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_r \approx 2{,}1$ и потерями $\tan\delta < 0{,}0001$. Данная модификация позволила уменьшить диаметр основания и увеличить механическую прочность антенны, с сохранением электродинамических свойств антенны.

На рис. 1 показаны модель антенны без учёта физических размеров, нормированная диаграмма направленности и ненормированная угловая зависимость коэффициента эллиптичности на частоте 2,45 ГГц.

Антенна имеет габариты 13×3×3 см, пиковый коэффициент усиления 4,2 дБи, при угле отклонения максимумов диаграммы направленности от горизонтальной плоскости на 16 градусов. Поле излучения характеризуется круговой поляризацией во всём верхнем полупространстве при ненаправленном излучении в азимутальной плоскости и приподнятой диаграмме в угломестной плоскости.

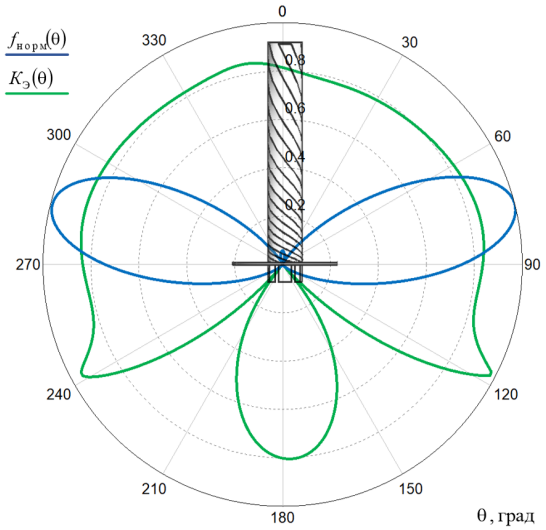


Рис. 1

3. Заключение

Таким образом, разработана и адаптирована для применения в роботизированных системах конструкция многозаходной цилиндрической спиральной антенны с круговой поляризацией.

Предложенная антенна является практическим решением для систем дистанционного управления, автономной навигации, передачи данных в реальном времени и телеуправления роботами в промышленности, логистике, медицине и сфере безопасности. Конструкция антенны позволяет использовать ее как в составе мобильных роботов, так и в качестве антенны базовой станции управления роботизированным комплексом.

4. Список литературы

[1] Ткаченко, М. О. Компактная антенна с увеличенным радиусом действия диапазона 2,4 ГГц / М. О. Ткаченко // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2024. — Т. 7, № 4. — С. 672—690.

[2] Компактная антенна круговой поляризации для системы управления беспилотными летательными аппаратами / М. О. Ткаченко [и др.] // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2024. — № 7. — С. 109.

CIRCULARLY POLARIZED CYLINDRICAL HELICAL ANTENNA FOR CONTROL OF ROBOTIC SYSTEMS

Tkachenko M. O., Golovin V. V.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Results of the designing a multi-turn cylindrical helical antenna with near-circular polarization of radiation over the entire upper hemisphere are presented. The obtained results enable enhanced operational characteristics of the antenna while preserving its electromagnetic properties.

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ РЕЧНОЙ РАДИОСВЯЗИ В ДИАПАЗОНЕ 300 МГц

Вербицкий А. В, Дубенко М. В, Попов Н. М., Головин В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Головин В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: averba04@gmail.com

Аннотация — Разработана модель компактной антенны для речной радиостанции, антенна представляет собой петлевой вибратор в печатном исполнении.

1. Введение

Речное судоходство играет важную роль в транспортной системе России. Для обеспечения безопасности и бесперебойной работы флота используются радиостанции диапазона 300—340 МГц. Ключевым элементом этих систем является антенна, от которой зависят дальность и качество связи. При этом важное значение имеют массогабаритные характеристики и устойчивость к внешним воздействиям [1—4].

2. Основная часть

Анализ современных судовых антенн, таких как Scout RIV-2, Radial D-серии и Samyung SAN-350, показал, что они обладают хорошими электрическими характеристиками, обеспечивая устойчивую связь в диапазоне частот 300—340 МГц. Однако при этом большинство таких конструкций имеют большие размеры и массу, а также создают значительную ветровую нагрузку. Это существенно усложняет их установку и эксплуатацию, особенно на речных судах малого и среднего тоннажа, где критичны компактность и надежность оборудования.

Для решения данной задачи была предложена конструкция печатной антенны на основе петлевого вибратора. В качестве материала выбран двусторонний фольгированный диэлектрик FR-4, что позволило снизить массу и габариты изделия при сохранении необходимых электрических параметров. Проектирование и моделирование конструкции выполнялось в системе САПР FEKO, где были рассчитаны диаграмма направленности, коэффициент усиления и коэффициент стоячей волны.

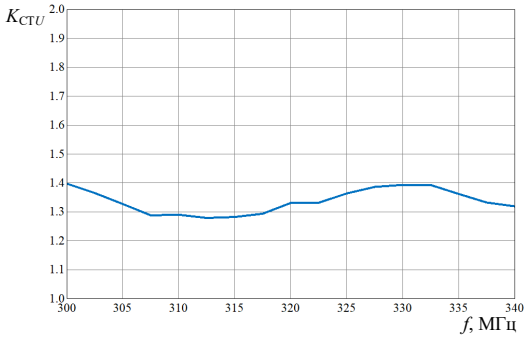


Рис. 1

Результаты моделирования подтвердили работоспособность разработанного прототипа. Антенна обеспечивает стабильную работу в диапазоне 300—340 МГц, имеет коэффициент стоячей волны менее 1,5 и демонстрирует удовлетворительные показатели усиления. Компактные размеры конструкции способствуют снижению ветровой нагрузки и упрощают её монтаж как на судах, так и на береговых объектах. Таким образом, предложенная антенна может быть использована в речных системах радиосвязи в качестве эффективной альтернативы существующим крупногабаритным решениям. На рис. 1 показана частотная зависимость коэффициента стоячей волны на входном порте ПВ-01-300. На рис. 2 показана трёхмерная нормированная диаграмма направленности ПВ-01-300 на частоте 300 МГц.

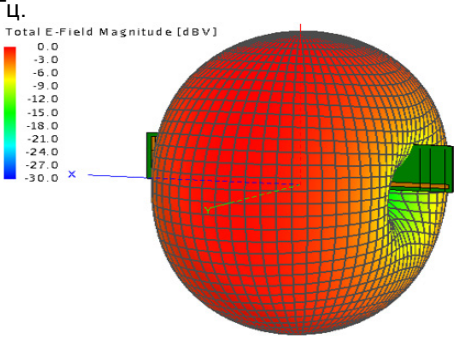


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработана и смоделирована компактная антенна для речных радиостанций, показавшая хорошие результаты и являющаяся перспективной альтернативой существующим решениям.

4. Список литературы

[1] Частоты речных радиостанций [Электронный ресурс] / Лаборатория связи «Геотелеком». — Режим доступа: https://spb.racii24.ru/obzory/chastoty_rechnykh_radiostantsiy/?ysclid=m9jp16boqb670847609# (дата обращения: 16.04.2025).

[2] Габриэльян, Д. Д. Метод амплитудно-фазового синтеза антенной решетки произвольной геометрии / Д. Д. Габриэльян, С. Е. Мищенко // Радиотехника и электроника, 1995. — Т.40, № 7. — С. 45—48.

[3] Калюжный, Л.И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л.И. Калюжный, А.А. Савочкин, В.В. Головин, Ю.Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

[4] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

DESIGN OF A COMPACT ANTENNA FOR THE RIVER NAVIGATION RADIO COMMUNICATIONS SYSTEM IN THE 300 MHz RANGE

Verbitsky A. V., Dubenko M. V., Popov N. M.,
Golovin V. V.
Scientific adviser: Golovin V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A model of a compact antenna for a river radio station is designed, the antenna is a loop vibrator in a printed version.

ШЕСТНАДЦАТИЭЛЕМЕНТНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА КОМПАКТНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ВИВАЛЬДИ

Косак Р. Э., Юханов Ю. В.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Юханов Ю. В.
Южный федеральный университет, Институт радиотехнических систем и управления, Россия
E-mail: kosak@sfedu.ru

Аннотация — Рассмотрена конструкция шестнадцатиэлементной антенной решетки из компактных излучателей Вивальди. Приведены результаты расчета ее активного КСВН в САПР Ansys HFSS.

1. Введение

Излучатели широкополосных антенных решеток должны быть компактными, дешевыми и простыми в изготовлении, а также обеспечивать требуемые характеристики излучения в рабочем диапазоне частот [1]. Этим требованиям удовлетворяют излучатели на основе антенны Вивальди [2], которая нашла широкое применение в системах радиолокации, радиоастрономии, радиосвязи и системах мобильной спутниковой связи. Характеристики излучателей Вивальди во многом зависят от их конструктивных особенностей. При этом, электрически компактными считаются излучатели с высотой менее λ, где λ — длина волны на верхней рабочей частоте.

2. Основная часть

Антенная решетка, представленная на рис. 1, состоит из электрически компактных излучателей, рассмотренных в [3]. Прямоугольные вырезы на их кромке позволяют расширить рабочую полосу частот, улучшить согласование и КПД. Размер решетки составляет 480 мм × 480 мм × 185 мм.

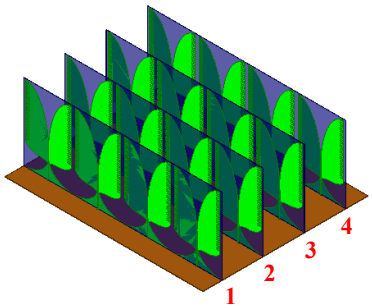


Рис. 1

На рис. 2 и 3 представлены следующие характеристики антенной решетки: активный коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) при включении всех излучателей и активный КСВН при подключении крайнего ряда излучателей 1—4 на согласованные нагрузки. Пунктиром указаны характеристики излучателя в составе бесконечной решетки.

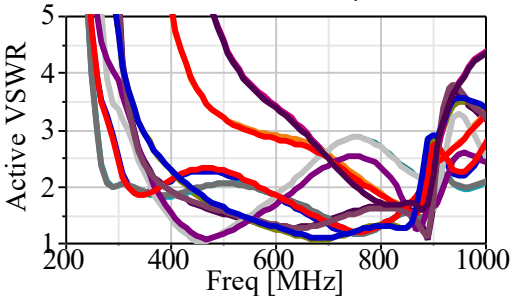


Рис. 2

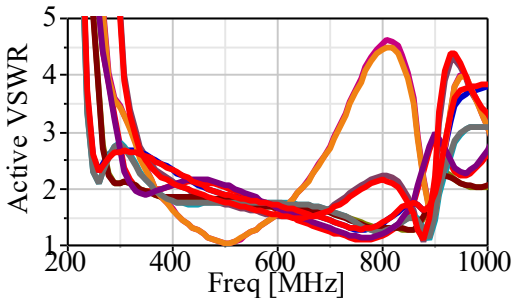


Рис. 3

Согласно изображению на рис. 2, рабочая полоса частот решетки по уровню КСВН ≤ 3 располагается в диапазоне от 634 до 923 МГц (коэффициент перекрытия равен 1,456). В этом случае решетка является широкополосной. Электрический размер антенной решетки на верхней рабочей частоте 923 МГц составляет 1,477 λ × 1,477 λ × 0,569 λ.

При подключении крайнего ряда излучателей 1—4 на согласованные нагрузки, рабочая полоса частот расширяется и теперь по уровню КСВН ≤ 3 располагается в диапазоне от 332 до 721 МГц (коэффициент перекрытия равен 2,172). КСВН в основном располагается ниже уровня КСВН = 2,4. Электрический размер антенной решетки на верхней рабочей частоте 721 МГц составляет 1,154 λ × 1,154 λ × 0,445 λ.

3. Заключение

В ходе работы рассмотрена конструкция антенной решетки из компактных излучателей Вивальди. Определено, что решетка может работать как в широкой полосе частот, так и в сверхширокой полосе частот. Показано, что подключение крайнего ряда излучателей на согласованные нагрузки увеличивает коэффициент перекрытия.

4. Список литературы

[1] Антенны : учеб. пособие для вузов / Ю. Т. Зырянов [и др.]. — СПб. : Лань, 2022. — 412 с.
[2] Gibson, P. J. The Vivaldi aerial / P. J. Gibson // Proc. 9th Eur. Microw. Conf., 1979. — P. 101—105.
[3] Kosak, R. E. Research of Ways to Improve Radiation Characteristics of Phased Array Radiator Based on Vivaldi Antenna / R. E. Kosak, A. V. Gevorkyan // 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW), Divnomorskoe, Russia. — 2021. — P. 211—214.

SIXTEEN-ELEMENT ANTENNA ARRAY OF COMPACT VIVALDI RADIATORS

Kosak R. E., Yukhanov Yu. V.
Scientific adviser: Yukhanov Yu. V.
Southern Federal University,
Institute of Radio Engineering Systems and Control,
Russia

Abstract — The design of the 16-element antenna array made of compact Vivaldi radiators is considered. The results of calculating its active VSWR in CAD Ansys HFSS are presented.

АНТЕННАЯ СИСТЕМА МЕТЕОНАВИГАЦИОННОЙ РЛС ВОЗДУШНОГО СУДНА

Иванюк Т. А., Филиппов М. Д., Беленко М. С.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: drimov.serafim@mail.ru

Аннотация — В работе приводятся результаты расчёта характеристик излучения и входных характеристик антенной системы для бортовой радиолокационной станции. Антенная система состоит из шестнадцати волноводно-щелевых излучателей. Форма антенны позволяет разместить её под носовым обтекателем воздушного судна.

1. Введение

С развитием авиации, в том числе с появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), к бортовым радиолокационным станциям (БРЛС) предъявляются всё большие требования в отношении помехозащищенности, малогабаритности, многофункциональности и эффективности работы. Одной из главных составляющих БРЛС является антенная система, отвечающая за точность определения местоположения препятствия. В работе приводится результат разработки антенной системы для БРЛС воздушного судна (ВС), состоящая из волноводно-щелевых излучателей.

2. Основная часть

В результате обзора было установлено, что чаще всего антенные системы БРЛС ВС представляют собой одну из двух апертурных антенн: параболическую, волноводно-щелевую. На данный момент волноводно-щелевые антенны в составе БРЛС ВС практически полностью вытеснили параболические. Для построения была выбрана антенная решётка волноводно-щелевых излучателей.

На рис. 1 показан общий вид разработанной антенны, состоящей из шестнадцати волноводно-щелевых излучателей [1].

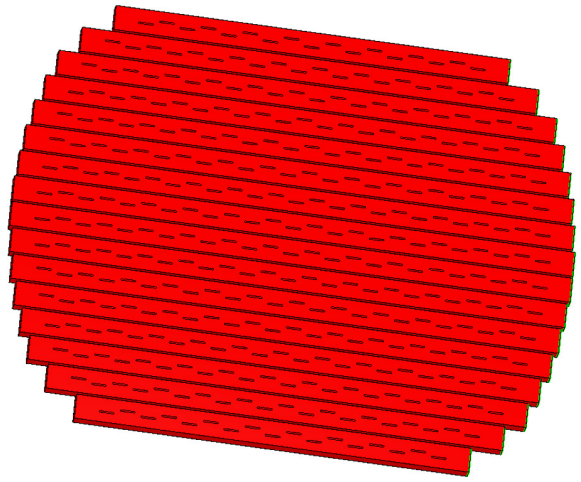


Рис. 1

На рис. 2 показана диаграмма направленности шестнадцативолноводной антенны в Е-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат.

На рис. 3 показана диаграмма направленности шестнадцативолноводной антенны в Н-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат.

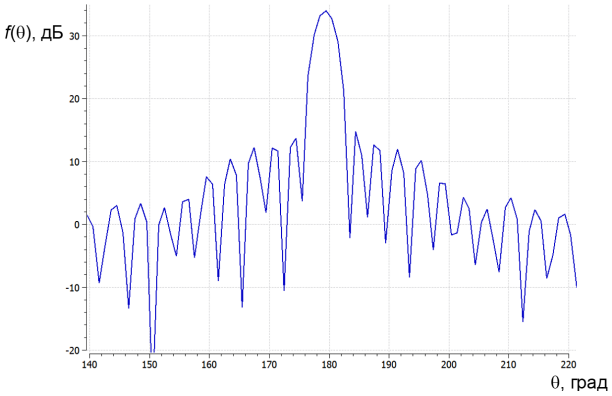


Рис. 2

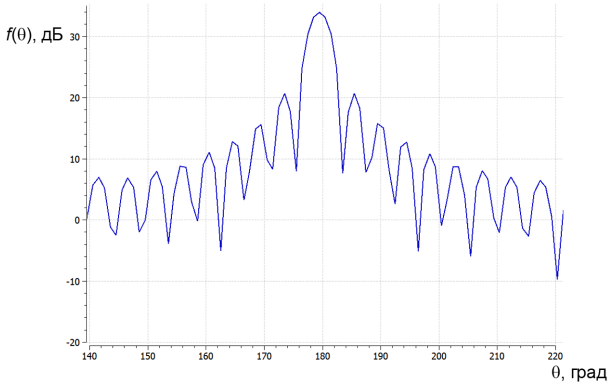


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, разработанная антенная решетка, работающая в диапазоне частот 9330—9410 МГц обеспечивая устойчивое однонаправленное излучение. Ширина диаграммы направленности антенной решётки в Е-плоскости — 3,2°, в Н-плоскости — 3,5°. Во всём рабочем диапазоне частот антенна согласована с питающей линией с КСВ не хуже 1,5.

4. Список литературы

[1] Воскресенский, Д. И. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование антенных решеток : учеб. пособие для вузов / Д. И. Воскресенский. — М. : Радиотехника, 2012. — 744 с.

ANTENNA SYSTEM OF METEOROLOGICAL NAVIGATION RADAR OF AN AIRCRAFT

Ivanuk T. A., Filippov M. D., Belenko M. S.
Scientific adviser: Tyschuk U. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of calculating the radiation characteristics and input characteristics of the antenna system for an on-board radar station are presented. The antenna system consists of sixteen waveguide-slot radiators. The shape of the antenna allows it to be placed under the nose cone of the aircraft.

ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ЭКРАНОМ

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М., Давыдов Д. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Fleetwood_mac@mail.ru

Аннотация — В статье представлен анализ результатов электродинамического моделирования волнового сопротивления спиральной антенны с разомкнутыми гранями в двух вариантах исполнения: первый — антенна расположена над металлическим экраном на расстоянии 250 мм; второй — антенна без экрана. Диапазон частот 0,48—10,0 ГГц.

1. Введение

Развитие беспроводных технологий, включая системы связи пятого поколения (5G), ультраширокополосные (UWB) платформы и интеллектуальные радиосистемы, требует от антенн высокой степени адаптивности, широкого частотного охвата и устойчивости к внешним воздействиям. В этом контексте спиральные антенны представляют собой один из наиболее перспективных типов излучателей, обладающих широкополосностью и круговой поляризацией [1, 2].

2. Основная часть

Антенна состоит из набора треугольных элементов, соединённых последовательно и образующих единую конструкцию. На рис. 1 показаны этапы формирования фрактального плеча (а), внешний вид грани (б) и общий вид антенны (в).

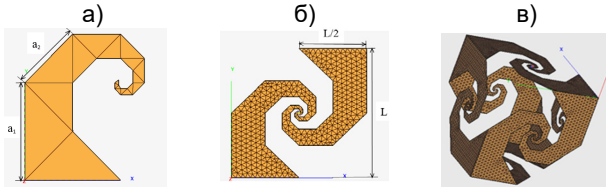


Рис. 1

Длина грани антенны L=170 мм обеспечивает её настройку на частоту 0,48 ГГц. Точка возбуждения размещена в середине фрактала верхней грани, остальные грани в центре разомкнуты [3].

Электродинамическое моделирование входного сопротивления спиральной антенны с разомкнутыми гранями проводилось над металлическим экраном, расположенном на расстоянии 250 мм в диапазоне частот 0,48—10,0 ГГц.

Результаты моделирования активной части входного сопротивления спиральной антенны в варианте с экраном и без него показаны на рис. 2.

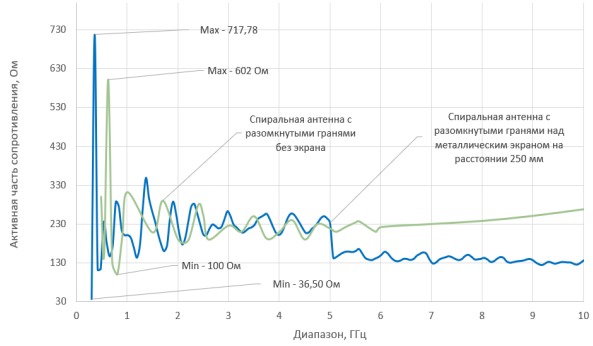


Рис. 2

Установлено, что в нижней части диапазона на частотах 0,48—5,0 ГГц экран, в целом, не влияет на реальное сопротивление антенны. В диапазоне 5,0—10,0 ГГц экран стабилизирует сопротивление в районе значения 130,0 Ом.

Мнимая часть входного сопротивления в двух модификациях антенны показана на рис. 3.

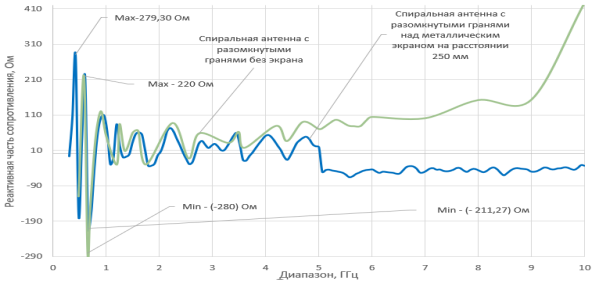


Рис. 3

Существует частотный диапазон, где мнимое сопротивление в версии антенны с экраном и без него практически не отличается (частотная область 0,48—5,0 ГГц). В тоже время, в диапазоне 5,0—10,0 ГГц спиральная антенна без экрана демонстрирует плавное увеличение значений мнимого сопротивления, при этом среднее значение реактивного сопротивления антенны с металлическим экраном составляет — 45,26 Ом.

3. Заключение

В работе представлены сравнительные результаты электродинамического моделирования волнового сопротивления спиральной антенны с металлическим экраном на расстоянии 250 мм и входного сопротивление антенны без него. Установлено, что экран стабилизирует полное сопротивление спиральной антенны в диапазоне 5,0—10,0 ГГц.

4. Список литературы

[1] Юрцев, О. А. Спиральные антенны / О. А. Юрцев, А. В. Рунов, А. Н. Казарин. — М. : Сов. радио, 1974. — 224 с.

[2] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

[3] Щекатурин, А. А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А. А. Щекатурин, В. М. Иськив, Е. Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. — 2025. — № 3. — DOI 10.30898/1684-1719.2025.3.12.

STUDY OF SPIRAL ANTENNA IMPEDANCE WITH METAL SHIELDING

Vasin E. E., Kravtsunenko N. I., Shchekaturin A. A.,
Iskiv V. M., Davydov D. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of electrodynamic modeling of the characteristic impedance of a spiral antenna with closed edges located above a metallic shielding surface at a distance of 250 mm in the frequency range of 0.48—10.0 GHz are presented.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКРАНА НА УСИЛЕНИЕ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Fleetwood_mac@mail.ru

Аннотация — В работе представлены результаты исследования влияния металлического экрана, размещённого на расстоянии 250 мм от спиральной антенны, на её коэффициент усиления (КУ). Частотный диапазон 0,48—10,0 ГГц.

1. Введение

Эффективность антенн в радиоэлектронных системах во многом определяется их способностью направленно излучать электромагнитную энергию и минимизировать потери. Одним из ключевых факторов, влияющих на характеристики излучения, является наличие металлического экрана, размещённого вблизи антенны. Такой экран может существенно изменить диаграмму направленности, коэффициент усиления и входной импеданс антенны, особенно в диапазоне СВЧ.

2. Основная часть

Конструкция антенны представляет собой интегрированную геометрию, сформированную последовательным соединением треугольных фрагментов, образующих непрерывную фрактальную структуру.

На рис. 1 представлены: а — этап формирования фрактального плеча, б — визуализация боковой грани антенны, в — общий вид антенной конфигурации.

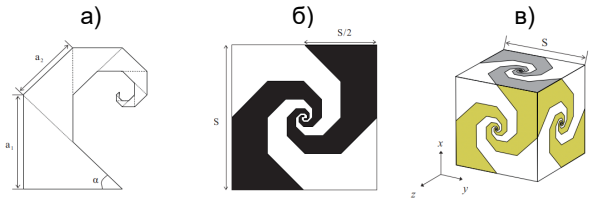


Рис. 1

Антенная структура сформирована на основе фрактального принципа, где последовательное соединение треугольных элементов образует пространственно-организованную геометрию. Длина грани составляет S=170 мм, что соответствует настройке на частоту 0,48 ГГц. Точка возбуждения расположена в центральной области верхней фрактальной грани. Остальные грани остаются разомкнутыми в своих центрах [1].

Компьютерное моделирование КУ спиральной антенны без экрана показаны на рис. 2.

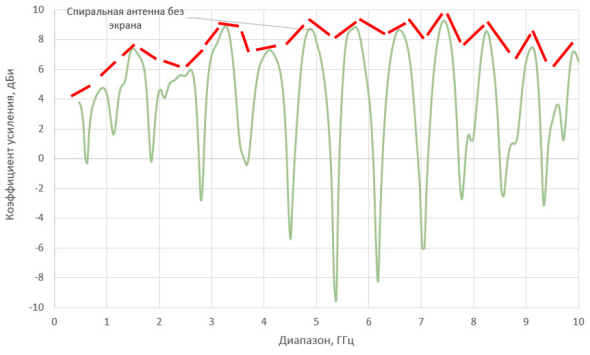


Рис. 2

График демонстрирует характерную для широкополосных антенн форму, отражающую стабильность излучающих характеристик в широком спектре частот. Наблюдается умеренное усиление, варьирующееся в районе 8 дБи в нижней часть диапазона. По мере увеличения частоты коэффициент усиления возрастает, достигая максимальных значений порядка 9 дБи в области 7—8 ГГц [2, 3]. Результат электродинамического моделиро-вания КУ спиральной антенны с экраном, расположенным на расстоянии 250 мм показан на рис. 3.

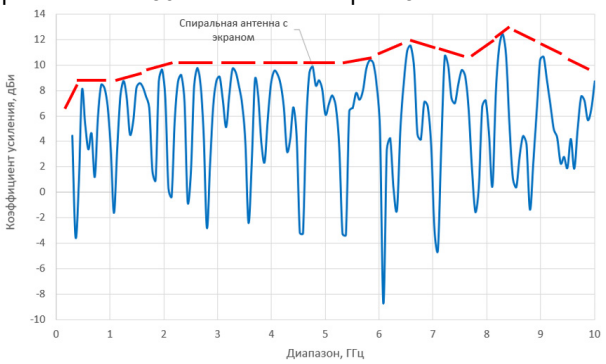


Рис. 3

В отличие от антенны без экрана, наблюдается выраженное повышение усиления по всему частотному диапазону, обусловленное интерференцией прямой и отражённой волны.

3. Заключение

Спиральная антенна, оснащённая металлическим экраном, демонстрирует более высокий коэффициент усиления во всем диапазоне 0,48—10,0 ГГц.

4. Список литературы

[1] Oh, Heon Kwon 3D-Printed Super-Wideband Spidron Fractal Cube Antenna with Laminated Copper / Heon Kwon Oh [et al.] // Applied Sciences journal. — 2017. — P. 223—232.

[2] Щекатурин, А. А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А. А. Щекатурин, В. М. Иськив, Е. Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. — 2025. — № 3. — DOI 10.30898/1684-1719.2025.3.12.

[3] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

STUDY OF THE EFFECT OF METAL SCREEN ON SPIRAL ANTENNA GAIN

Vasin E. E., Kravtsunenko N. I.,Shchekaturin A. A., Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the results of a study of the effect of a metal screen placed at a distance of 250 mm from a spiral antenna on its gain are presented. The frequency range is from 0.48 to 10.0 GHz.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ЭКРАНОМ

Васин Е. Е., Кравцуненко Н. И., Щекатурин А. А., Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Fleetwood_mac@mail.ru

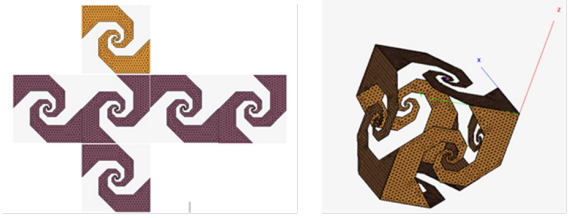
Аннотация — Для оценки влияния экрана на поляризационные характеристики спиральной антенны проведено электродинамическое моделирование излучающей структуры в двух конфигурациях: с размещением антенны над металлическим экраном и без него. Расстояние до экрана 250 мм. Частотный диапазон 0,48—10,0 ГГц.

1. Введение

Одно из ключевых свойств спиральных антенн является способность формировать поле круговой или эллиптической поляризации, что функционально реализуется в обеспечении устойчивой связи. Исследование поляризационных характеристик позволяет оптимизировать конструкцию антенны и повысить её эффективность в различных радиотехнических устройствах.

2. Основная часть

Исследуемая антенная представляет собой совокупность фрактальных элементов, соединенных вместе в единую конструкцию. На рис. 1 показаны этапы формирования антенны: а) пошаговое построение фрактальных граней; б) пространственная визуализация излучающей структуры.

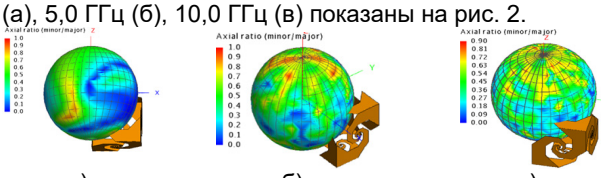


а) б)

Рис. 1

Грани антенны имеют длину 170 мм, что обеспечивает её настройку на частоту 0,48 ГГц. Точка возбуждения расположена в центре верхней грани, остальные грани в середине разомкнуты [1].

Результат моделирования поляризационных характеристик антенны без экрана на частотах: 1,0 ГГц (а), 5,0 ГГц (б), 10,0 ГГц (в) показаны на рис. 2.



а) б) в)

Рис. 2

Установлено, что электромагнитное поле эллиптической поляризации формируется преимущественно вдоль оси Z.

На рис. 3 показан обобщенный график коэффициента эллептичности спиральной антенны без экрана в диапазоне 0,48—10,0 ГГц [2]. Коэффициент эллиптичности демонстрирует нелинейный и скачкообразный характер изменения. На отдельных участках спектра наблюдаются резкие переходы от эллиптической к круговой поляризации. Также, на чатотах 0,48, 2,84, 4,5, 6,9—7,2 и 7,81 ГГц антенна излучает поле линейной поляризации.

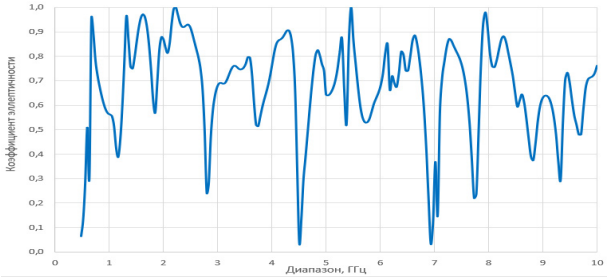


Рис. 3

Результат исследования характера поляризации спиральной антенны с экраном, расположенным на расстоянии 250 мм показан на рис. 4.

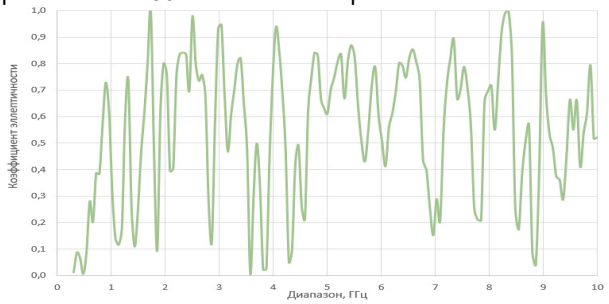


Рис. 4

В отличие от антенны без экрана, наблюдается выраженное увеличение количества флюктуаций коэффициента эллиптичности в частотном диапазоне.

3. Заключение

Включение экрана в конструкцию антенны привело к увеличению количества и амплитуды флуктуаций коэффициента эллиптичности в исследуемом частотном диапазоне. Это свидетельствует о выраженных резонансных взаимодействиях между излучающей структурой и экраном.

4. Список литературы

[1] Oh, Heon Kwon 3D-Printed Super-Wideband Spidron Fractal Cube Antenna with Laminated Copper / Heon Kwon Oh [et al.] // Applied Sciences journal. — 2017. — P. 223—232.
[2] Щекатурин, А. А. Сверхширокополосная кубическая фрактальная антенна / А. А. Щекатурин, В. М. Иськив, Е. Е. Васин // Журнал радиоэлектроники. — 2025. — № 3. — DOI 10.30898/1684-1719.2025.3.12.

POLARIZATION CHARACTERISTICS OF A SPIRAL ANTENNA WITH A METALLIC SHIELDING SURFACE

Vasin E. E., Kravtsunenko N. I., Shchekaturin A. A., Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — To evaluate the effect of a metal shield on the polarization characteristics of a helical antenna, the radiating structure is presented in two configurations: with and without the antenna positioned above the metal shield. The distance to the shield is 250 mm. The frequency range is 0.48—10.0 GHz.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ЭКРАНОМ

Васин Е. Е., Щекатурин А. А., Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Fleetwood_mac@mail.ru

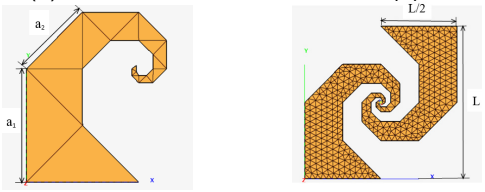
Аннотация — С целью анализа влияния экрана на входные характеристики фрактальной антенны с интегрированным согласующим устройством был проведён эксперимент с использованием векторного анализатора цепей Keysight E5063A. Измерения коэффициента стоячей волны (КСВ) выполнены при фиксированном расстоянии от антенны до экрана, составляющем 50 мм. Исследование проводилось в частотном диапазоне 0,2—10,0 ГГц.

1. Введение

Наличие металлического экрана вблизи антенны может существенно влиять на её входные характеристики, вызывая изменения в распределении токов, импедансе и, как следствие, в значениях КСВ. Исследование таких эффектов особенно актуально при проектировании антенн для сложных условий эксплуатации, где конструктивные элементы корпуса или монтажные поверхности могут играть роль экрана [1].

2. Основная часть

Антенная конструкция сформирована из набора треугольных элементов, последовательно соединённых в единую фрактальную структуру. На рис. 1 показаны этапы формирования фрактального витка спирали (а), а также общий вид антенны (б).



а) б)

Рис. 1

Длина антенны составляет 170 мм, что соответствует её настройке на частоту 0,48 ГГц. Возбуждение осуществляется в центральной области фрактальной структуры, обеспечивая симметричное распределение токов и эффективное формирование излучаемого поля [2].

Сверхширокополосное согласующее устройство, представляет собой логарифмически уменьшающуюся медную линию. Входная часть устройства имеет широкое начало, и рассчитана на волновое сопротивление 50 Ом. Выходная часть устройства соответствует импедансу в 240 Ом (рис. 2).

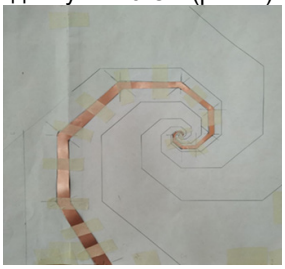


Рис. 2

Эксперимент проводится в инжиниринговом центре с использованием векторного анализатора цепей Keysight E5063A в диапазоне частот 0,2—10,0 ГГц. Расстояние от излучающей структуры до экрана L составило 50 мм (рис. 3).

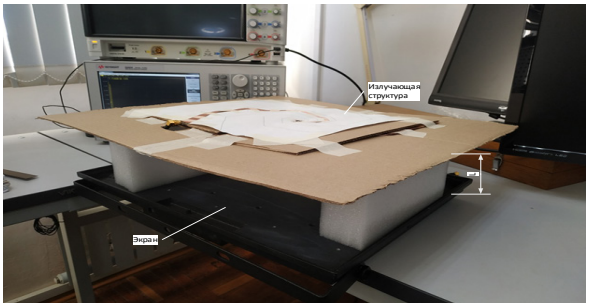


Рис. 3

Результат измерения КСВ антенны показан на рис. 4.



Рис. 4

Результаты эксперимента показал, что в частотном диапазоне от 0,45 ГГц и выше значение КСВ не превышает 3.0, что свидетельствует о допустимом уровне согласования антенны с фидерной линией.

3. Заключение

Включение согласующего устройства в состав антенны привело к улучшению согласования антенны с линией питания в диапазоне 0,45—10,0 ГГц.

4. Список литературы

[1] Юрцев, О. А. Спиральные антенны / О. А. Юрцев, А. В. Рунов, А. Н. Казарин. — М. : Сов. радио, 1974. — 224 с. Двухзаходная фрактальная антенна / Е. Е. Васин, А. А.

[2] Щекатурин, А. А. Двухзаходная фрактальная антенна / А. А. Щекатурин, В. М. Иськив, А. В. Пузырев // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2024. — № 7. — С. 119.

RESEARCH VSWR OF A FRACTAL ANTENNA WITH A METALLIC SHIELDING SURFACE

Vasin E. E., Shchekaturin A. A., Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — To evaluate the effect of a metal shield on the polarization characteristics of a helical antenna, the radiating structure is presented in two configurations: with and without the antenna positioned above the metal shield. The distance to the shield is 250 mm. The frequency range is 0.48–10.0 GHz.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОГЛАСОВАНИЯ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬЦЕВОЙ СПИРАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ЧИСЛОМ ВИТКОВ

Кравцуненко Н. И., Васин Е. Е., Щекатурин А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Щекатурин А. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nikolai.kravt@gmail.com

Аннотация — Работа посвящена разработке тороидальной спиральной рамочной антенны. Проведено исследование влияния геометрических параметров разработанной антенны, на её входные характеристики и характеристики излучения.

1. Введение

Беспроводные технологии связи занимают ключевое место в современных системах передачи данных. Одним из наиболее распространённых стандартов является Wi-Fi, обеспечивающий подключение компьютеров, смартфонов, планшетов и других устройств к интернету без использования проводов. Доступ к сети по Wi-Fi возможен как в общественных местах (кафе, аэропорты, гостиницы), так и в домашних условиях посредством маршрутизаторов, подключённых к интернет-провайдеру.

2. Основная часть

В диапазоне частот 2,0—3,0 ГГц кольцевая антенна с радиусом 3 см имеет активную часть входного сопротивления 150 Ом, что приводит к значению коэффициента стоячей волны в питающей линии на краях диапазона больше 3. Для уменьшения радиуса кольцевой антенны предлагается использовать форму замкнутой спирали.

Тороидальная спиральная рамочная антенна с дополнительными изгибами описывается в цилиндрической системе уравнениями [1, 2]:

$$x = (R + r \cdot cos(b \cdot t)) \cdot cos(t),$$
$$y = (R + r \cdot cos(b \cdot t)) \cdot sin(t),$$
$$z = r \cdot sin(b \cdot t),$$

где x — абсцисс, y — ордината, z — аппликата, t — угол оборота вокруг центра тора, r — параметр, характеризующий малый радиус тора, R — большой радиус тора, b — параметр, характеризующий количество витков. На рис. 1 показана излучающая структура с геометрическими параметрами: R = 1,7 см, r = 0,1 см, b = 7, диаметр провода — 0,12 мм.

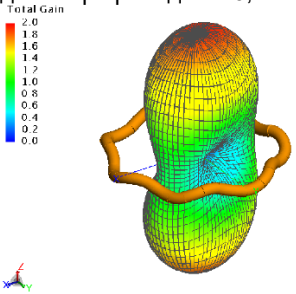


Рис. 1

Из рис. 2 видно, что в рабочем диапазоне частот коэффициент стоячей волны составляет менее 3,2. Минимальное значение КСВ наблюдается в области частот 2,8—3,0 ГГц и равно около 3, что соответствует передаче порядка 75 % мощности. Антенны с параметрами: радиус — 1,7 см, b = 7, a = 0,6 см, диаметр провода — 0,1 мм, зависимости коэффициента стоячей волны и входного сопротивления от частоты приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

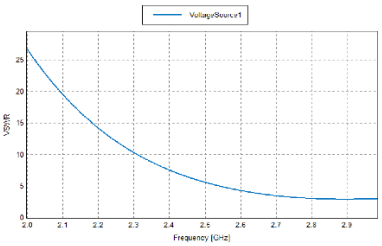


Рис. 2

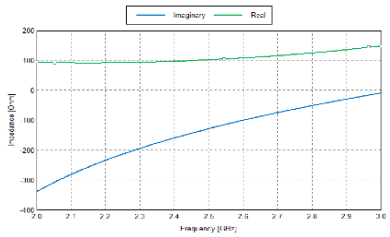


Рис. 3

Из рис. 2 и рис. 3 видно, что в рабочем диапазоне частот коэффициент стоячей волны не превышает 3,2, минимальное значение КСВ составляет около 3 в области частот 2,8—3,0 ГГц. Активная часть входного сопротивления в этом диапазоне лежит в пределах 100—140 Ом и плавно возрастает с увеличением частоты.

2. Заключение

Уменьшение числа витков позволяет снизить радиус антенны до 1,7 см и одновременно улучшить согласование на верхней границе рабочего диапазона частот. В области 2,8—3,0 ГГц активная часть входного сопротивления близка к волновому сопротивлению линии передачи (50—70 Ом), реактивная составляющая стремится к нулю, а коэффициент стоячей волны не превышает 3.

4. Список литературы

[1] Баланис, К. Антенны: теория и проектирование / К. Баланис. — М. : Техносфера, 2006. — 1144 с.
[2] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

INVESTIGATION OF MATCHING AND FREQUENCY CHARACTERISTICS OF A RING SPIRAL ANTENNA WITH A VARIABLE NUMBER OF TURNS

Kravtsunenko N.I., Vasin E. E., Shchekaturin A. A.
Scientific adviser: Shchekaturin A. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The work is devoted to the development of a toroidal spiral loop antenna. A study of the influence of the geometric parameters of the designed antenna on its input characteristics and radiation properties has been carried out.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОГЛАСОВАНИЯ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

Кравцуненко Н. И., Васин Е. Е., Щекатурин А.А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Щекатурин А.А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nikolai.kravt@gmail.com

Аннотация — Работа посвящена исследованию фрактальной антенны, рассчитанной на работу в диапазоне 2,0—3,0 ГГц. Проведен анализ входных характеристик антенны, в том числе коэффициента стоячей волны и импеданса, а также рассмотрены её излучательные свойства.

1. Введение

Современные системы беспроводной связи требуют компактных и эффективных антенн, обеспечивающих согласование в рабочих диапазонах частот. Особое внимание уделяется антеннам с фрактальной геометрией, которые благодаря своей многоуровневой структуре позволяют расширять диапазон работы и изменять характеристики излучения. Фрактальные антенны находят применение в диапазонах 2—3 ГГц, охватывающих различные стандарты связи, включая Wi-Fi, Bluetooth и некоторые каналы мобильной связи.

2. Основная часть

На рис. 1 представлена излучающая структура исследуемой фрактальной антенны.

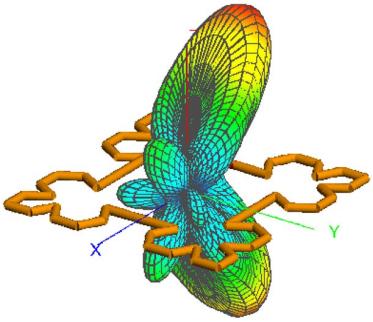


Рис. 1

На рис. 2 показана зависимость коэффициента стоячей волны (КСВ) от частоты в диапазоне 2,0—3,0 ГГц. Из графика видно, чтоминимальное значение КСВ (около 1,1—1,2) наблюдается на частоте 2,1 ГГц, что указывает на хорошее согласование с линией передачи так же в области 2,6—2,9 ГГц коэффициент стоячей волны не превышает 3—3,5, что также может рассматриваться как рабочий диапазон, и на частотах около 2,3—2,4 ГГц КСВ достигает значений более 8, что соответствует значительному ухудшению согласования.

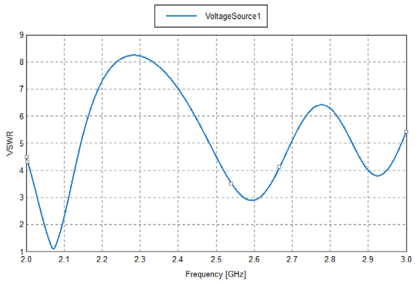


Рис. 2

Из графика (рис. 3) видно, что в области 2,1 ГГц активная часть импеданса составляет порядка 60 Ом, реактивная близка к нулю — что соответствует минимуму КСВ и при 2,3—2,4 ГГц активная часть превышает 400 Ом, реактивная принимает значительные отрицательные значения, что объясняет резкий рост КСВ. В районе 2,8 ГГц активная часть около 300 Ом, а реактивная часть стремится к нулю, что совпадает с локальным минимумом КСВ ≈ 3.

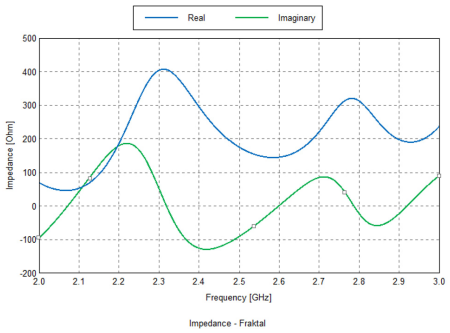


Рис. 3

3. Заключение

В ходе исследования фрактальной антенны в диапазоне 2,0—3,0 ГГц установлено, что на частоте около 2,1 ГГц достигается оптимальное согласование: коэффициент стоячей волны составляет порядка 1,1—1,2, а входной импеданс близок к волновому сопротивлению линии передачи (50—70 Ом). Дополнительная рабочая область проявляется в районе 2,7—2,9 ГГц, где значение КСВ не превышает 3, а реактивная часть импеданса остаётся незначительной. В то же время в диапазоне 2,3—2,4 ГГц согласование заметно ухудшается вследствие увеличения входного сопротивления и коэффициента стоячей волны. Диаграмма направленности демонстрирует формирование устойчивого излучения в рабочем диапазоне частот. Таким образом, фрактальная антенна может быть применена в беспроводных системах связи диапазона 2—3 ГГц.

4. Список литературы

[1] Баланис, К. Антенны : теория и проектирование / К. Баланис. — М. : Техносфера, 2006. — 1144 с.
[2] Гончаренко, В. В. Антенны. Введение в теорию и проектирование / В. В. Гончаренко. — М. : Радио и связь, 1986. — 304 с.
[3] Werner, D. H. Fractal Antenna Engineering Research / D. H. Werner, S. Ganguly // IEEE Antennas and Propagation Magazine. — 2003. — Vol 45, No 1. — P. 38—57.

INVESTIGATION OF MATCHING AND FREQUENCY CHARACTERISTICS OF A FRACTAL ANTENNA

Kravtsunenko N.I., Vasin E. E.
Scientific adviser: Shchekaturin A.A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The work is devoted to the study of a fractal antenna designed to operate in the 2.0–3.0 GHz frequency range. An analysis of the antenna's input characteristics, including the voltage standing wave ratio and impedance, has been carried out, and its radiation properties have also been considered.

ООО «РАДИОМЕРА»

Московская область, г. Видное
Тел.: +7 (989) 702-28-28
https://radiomera.ru

RADIOMERA

ООО «РАДИОМЕРА» обеспечивает решение следующий задач:

— поставка радиоизмерительных, электроизмерительных приборов;

— автоматизация рабочих мест (входной контроль, поверка и т.п.);

— создание стендов по тестированию СВЧ устройств;

— поставка комплексов для антенных измерений, ЭМС и безэховых камер.

Секция 5

ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ, ЦЕПЕЙ, МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УПРОЧНЕНИЕ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЯХ

Ковалёв Д. Ю., Слижёва А. В., Ланин В. Л.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Ланин В. Л.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: dmitriy.kovaliou.17@gmail.com, vlanin@buir.by

Аннотация — Предложена методика упрочнения паяльных паст углеродными наночастицами с применением ультразвуковых колебаний в режиме микро- и макропотоков в пограничном акустическом слое. Проведены исследования прочности паяных соединений в зависимости от содержания наночастиц в пасте и температуры нагрева.

1. Введение

Наноразмерные частицы находят применение в процессах получения модифицированных материалов для космических аппаратов и в других областях науки и техники. Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальным комплексом свойств, так как они в 50—100 прочнее стали и имеют в 6 раз меньшую плотность [1]. Модуль Юнга у нанотрубок вдвое выше, чем у обычных углеродных волокон. Нанотрубки не только прочны, но гибки, так как перестраиваются под действием механических напряжений.

2. Основная часть

В паяльную пасту *Lead Free Solder Koki* (217 °*C*) *Korea CO., LTD* в качестве модифицирующей добавки вводился углеродный наноматериал «Арт-нано», производимый на ООО «Передовые исследования и технологии» (г. Минск) по технологии пиролизного разложения сжиженного газа. Материал представляет собой смесь углеродных нанотрубок среднего диаметра 30—40 нм и длиной 0,5—1,5 мкм.

УНТ вводились в пасту с помощью диспергатора, который подключался к генератору УЗГ22–1.5. При диспергировании наночастиц в пасте мощность генератора изменялась от 150 до 600 Вт при контроле величины кавитационного давления в ванночке с помощью кавитометра ЛК-7. В процессе УЗ диспергирования микро- и макропотоки формировались таким образом, чтобы они обеспечивали равномерное распределение наночастиц в жидкой среде.

Для испытаний модифицированных составов паст выполнены паяные соединения внахлест при температурах пайки 220—380 °*C* локальным индукционным нагревом. Образцы, изготовленные из латунной ленты Л62 толщиной 0,7 мм, паялись индукционным нагревом на частоте 140 кГц. Контроль прочности паяных соединения проводился на разрывной машине НПЦ–13.04.5 Зависимости температуры в зоне пайки от времени и вида нагрева приведены на рисунке 1 (1 — обычный нагрев, 2 — с концентратором тока, 3 — с замкнутым контуром).

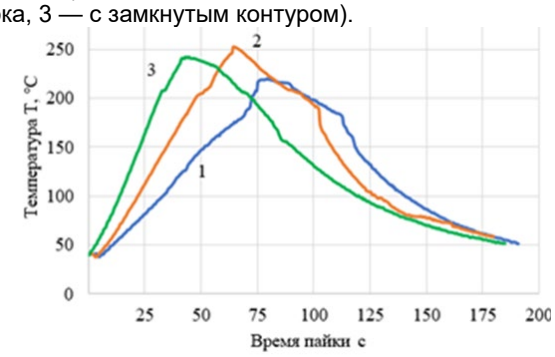


Рис. 1

Большая скорость индукционного нагрева достигнута при соединении деталей в замкнутый контур.

Зависимости усилия на сдвиг от температуры и процентного соотношения УНТ приведены на рисунке 2 (1 — 0,002 %; 2 — 0,003 %; 3 — 0,005 %; 4 — 0,007 %; 5 — 0,010 %).

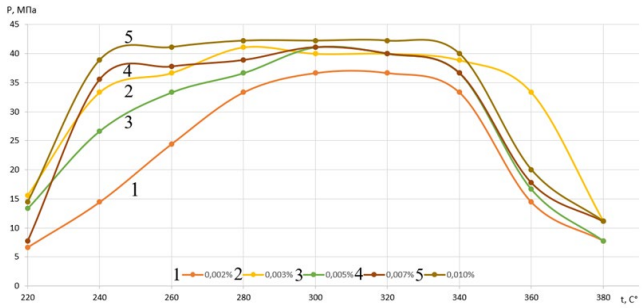


Рис. 2

Оптимальное значение прочности паяных соединения для большинства паяльных паст находятся в диапазоне 260—340 °C [2]. С увеличением процентного соотношения УНТ растет прочность и стабильность. Наибольшие значения прочности соединений достигнуты при содержании УНТ 0,01 %. Механическая прочность паяных соединений, полученных с помощью бессвинцовой паяльной пасты *Lead Free Solder KOKI Korea CO., LTD,* модифицированной УНТ, увеличивается в 1,2—1,4 раза, достигая максимального значения 42,2 МПа при содержании УНТ 0,01 %.

3. Заключение

Модификация бессвинцовой паяльной пасты углеродными нанотрубками с ультразвуковым диспергированием позволяет заметно повысить механическую прочность паяных соединений в электронных модулях при локальном индукционном нагреве.

4. Список литературы

[1] Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены / Э. Г. Раков. — М. : Университетская книга, Логос, 2006. — 376 с.
[2] Повышение прочности паяных соединений введением углеродных нанотрубок в паяльные пасты / С. И. Жданок [и др.] // Инженерно-физический журнал. — 2022. — Т. 95. — № 6. — С. 1465—1470.

HARDENING OF SOLDER JOINTS IN ELECTRONIC MODULES

Kavaliou D., Slizhova A., Lanin V.
Scientific adviser: Lanin V. L.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Abstract — A technique for hardening solder pastes with carbon nanoparticles using ultrasonic vibrations in the mode of micro- and macro-flows of the boundary acoustic layer is proposed. The strength of soldered joints has been studied depending on the content of nanoparticles in the paste and the heating temperature.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА РЕГИСТРАЦИИ ТОКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Телешева А. А.[1], Ал Кхоури И. Д.[1], Михайлов В. Ю.[2], Тишин А. С.[2], Пронин А. А.[2], Алексеев В. Д.[2]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*АО «НИИМЭ», Россия*
E-mail: telesheva005@mail.ru

Аннотация — В работе представлено автоматизированное рабочее место (АРМ) для исследования электрических параметров интегральных схем. Система, основанная на комплексе приборов и программном управлении через *GNU Octave*, автоматизирует измерения и обработку данных, что снижает трудозатраты и повышает точность результатов.

1. Введение

Исследование электрических параметров современных интегральных схем требует проведения множества однотипных измерений. Выполнение этих задач вручную не только имеет высокие трудозатраты, но и повышает риск ошибок, снижая общую эффективность и воспроизводимость результатов.

Для решения этой проблемы было разработано автоматизированное рабочее место (АРМ), которое представляет собой программно-управляемый комплекс измерительного оборудования.

2. Основная часть

Разработанный АРМ представляет собой комплекс измерительных приборов, подключенных к персональному компьютеру (ПК), который осуществляет программное управление и обработку полученных данных, и включает в себя следующие компоненты:

— персональный компьютер;

— сетевой коммутатор, объединяющий все устройства в единую локальную сеть (*LAN*), обеспечивая надёжный обмен управляющими командами и данными;

— генератор стандартных сигналов, формирующий тестовые цифровые последовательности и сигналы стандартной формы;

— осциллограф, предназначенный для захвата и оцифровки электрических параметров исследуемого устройства;

— прецизионный источник питания, который обеспечивает стабильное и контролируемое электропитание исследуемого устройства, что критически важно для точности измерений.

Взаимодействие между ПК и измерительными приборами построено на базе *LAN*-интерфейса при помощи *VISA*- команд (*Virtual Instrument Software Architecture*). Такая архитектура была выбрана из-за высокой гибкости и масштабируемости, а также возможности удаленного подключения ПК.

Стандарт *VISA* позволяет отправлять текстовые команды на измерительное оборудование и получать от них данные в едином формате.

Для разработки программы, осуществляющей управление измерительными приборами, была выбрана свободная программная система для математических вычислений, использующая совместимый с *MATLAB* язык высокого уровня *GNU Octave*.

Разработанный скрипт управления измерительным оборудованием выполняет следующий цикл задач:

— автоматическая инициализация и настройка приборов;

— запуск цикла измерений по заданному алгоритму;

— сбор данных и их передача на ПК;

— фильтрация данных;

— визуализация и сохранение результатов для последующего анализа.

Для демонстрации возможностей созданного АРМ был проведён эксперимент по исследованию тока потребления микроконтроллера, который выполнял операции записи данных в регистр и *XOR*. На рис. 1 приведены результаты записи одного временного интервала в момент выполнения записи в регистр.

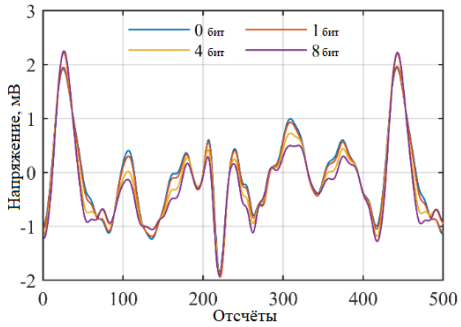


Рис. 1

3. Заключение

Разработанное автоматизированное рабочее место является эффективным решением для оптимизации процесса исследования электрических характеристик интегральных схем.

Программное управление измерительным оборудованием позволило полностью автоматизировать процесс настройки, сбора и сохранения данных. Это позволило сократить временные затраты на проведение экспериментов, а также повысить достоверность результатов за счет фильтрации данных.

4. Список литературы

[1] IVI Specifications [Электронный ресурс] / IVI Foundation. — Режим доступа: https://www.ivifoundation.org/specifications/default.html#visa-specifications.

[2] Instrument control package [Электронный ресурс] / Сообщество Octave. — Режим доступа: https://wiki.octave.org/Instrument_control_package.

DESIGN OF AUTOMATED WORKPLACE FOR REGISTERING CONSUMPTION CURRENTS OF AN INTEGRATED CIRCUIT

Telesheva A. A.[1], Al Khouri I. D[1]., Mikhailov V. Y.[2], Tishin A. S.[2], Pronin A. A.[2], Alekseev V. D.[2]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*JSC MERI, Russia*

Abstract — In the paper, an automated workstation (AWS) for investigating the electrical parameters of integrated circuits is presented. The system, based on a set of instruments and software control via GNU Octave, automates measurements and data processing, which reduces workload and increases the accuracy of results.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЕРИФИКАЦИИ ПОЛУЧАЕМЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТОКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Ал Кхоури И. Д.[1], Телешева А. А.[1], Михайлов В. Ю.[2], Тишин А. С.[2], Пронин А. А.[2], Алексеев В. Д.[2]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*АО «НИИМЭ», Россия*
E-mail: alkhouriilya@yandex.ru

Аннотация — Рассматривается задача верификации токов потребления интегральных микросхем. Предложен алгоритм автоматизированной проверки достоверности данных, полученных с измерительного оборудования. Алгоритм обеспечивает синхронизированное управление лабораторным оборудованием и автоматическую настройку параметров измерений с минимизацией искажений сигнала.

1. Введение

Верификация токов потребления интегральных микросхем (ИМС) — ключевая задача для обеспечения их надежности и энергоэффективности. Однако получение точных данных осложняется двумя основными факторами: наличием шумов в сигнале и риском аппаратных искажений на этапе измерения.

Шумы, вызванные внешними наводками и особенностями измерительного оборудования, могут быть подавлены методами цифровой постобработки: усреднение, медианная фильтрация и дисперсионный анализ. Эти методы эффективны для очистки уже записанного сигнала.

Более критичной проблемой является частичная потеря сигнала из-за неправильной настройки оборудования. Классическим примером является «обрезка» (клиппинг) сигнала, когда его амплитуда превышает установленный диапазон измерений осциллографа. Такой дефект невозможно исправить на этапе постобработки, и он ведет к полной потере информации о пиковом потреблении.

Данная статья посвящена алгоритму, который решает именно вторую проблему, обеспечивая высокое качество исходных данных для последующего анализа.

2. Основная часть

Для решения задачи был разработан алгоритм автоматизированной верификации, работающий в составе автоматизированного рабочего места (АРМ).

Алгоритм работает в замкнутом цикле, итерационно настраивая оборудование для достижения корректных измерений.

Его работа состоит из следующих шагов.

Инициализация и синхронизация. Устанавливается соединение с источником питания и осциллографом, задаются необходимые параметры оборудования для эксперимента.

Автоматическая настройка вертикальной шкалы по результатам пробного измерения. Алгоритм анализирует полученную осциллограмму и автоматически подбирает масштаб по напряжению (чувствительность, В/дел) с учетом обнаружения и устранения «обрезки» сигнала по амплитуде путем динамического изменения развертки.

Проведение серийных измерений для контроля и усреднения. После того как оптимальные настройки найдены и «обрезка» сигнала исключена, алгоритм проводит серию из 5—10 последовательных измерений.

Этот этап выполняет две ключевые функции.

Диагностика работоспособности системы. Основная цель — убедиться, что измерительный цикл работает корректно и не произошло «зависания» данных. Алгоритм сравнивает осциллограммы, полученные в серии. Если измерения подряд возвращают абсолютно идентичные данные, это сигнализирует о потенциальном сбое.

Повышение точности. Если данные в серии, как и ожидается, незначительно варьируются из-за естественных шумов, они могут быть усреднены. Это позволяет минимизировать влияние случайных флуктуаций и повысить итоговую точность и воспроизводимость результатов.

3. Заключение

Разработанный алгоритм автоматизирует процесс настройки измерительного оборудования и гарантирует достоверность собираемых данных о токах потребления ИМС.

Его главные преимущества:

— повышение достоверности путем активного обнаружения и устранения «обрезки» сигнала алгоритм предотвращает грубые ошибки, которые невозможно исправить программной фильтрацией;

— повышение эффективности за счет автоматизации рутинных операций по настройке осциллографа что устраняет человеческий фактор;

— обеспечение повторяемости результатов, полученных в разное время.

Предложенное решение представляет собой эффективный инструмент для повышения качества и надежности верификации параметров ИМС в условиях лаборатории и мелкосерийного производства.

4. Список литературы

[1] Горлов, М. И. Современные диагностические методы контроля надёжности полупроводниковых приборов и интегральных схем / М. И. Горлов, В. А. Сергеев; под науч. ред. М. И. Горлова. — Ульяновск : УлГТУ, 2020. — 470 с.

[2] Сазонов, С.Н. Диагностирование интегральных схем по параметрам нелинейности характеристик энергопотребления : монография / С. Н. Сазонов. — Ульяновск : УлГТУ, 2022. — 190 с.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR VERIFYING THE RECEIVED DEPENDENCIES OF THE CONSUMPTION CURRENTS OF AN INTEGRATED CIRCUIT

Al Khouri I. D.[1], Telesheva A. A.[1], Mikhailov V. Y.[2], Tishin A. S.[2], Pronin A. A.[2], Alekseev V. D.[2]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*JSC MERI, Russia*

Abstract — In the paper, the task of verifying the power consumption currents of integrated circuits is addressed. An algorithm for automated validation of data obtained from measurement equipment is proposed. The algorithm provides synchronized control of laboratory instruments and automatic adjustment of measurement parameters while minimizing signal distortion.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОМОЩНИКА *COPILOT* В АНАЛИЗЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Узунбаджах С. А., Цапик Д. К.
Научный руководитель: Цапик Д. К.
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Россия
E-mail: uzunbajah0047@gmail.com

Аннотация — Работа посвящена применению интеллектуального помощника *Copilot* для анализа вольт-амперных характеристик органических материалов. Использование *Copilot* позволяет существенно ускорить обработку экспериментальных данных, повысить точность результатов, а также выполнять прогноз вольт-амперных характеристик на основе обучающих данных.

1. Введение

Одним из ключевых методов исследования электрофизических свойств является анализ вольт-амперных характеристик, позволяющий оценить проводящие свойства, эффективность переноса заряда и стабильность работы устройств.

Интерпретация вольт-амперных характеристик органических материалов часто сопряжена с рядом трудностей: нелинейность кривых, влияние внешних факторов, а также необходимостью обработки больших объёмов экспериментальных данных. В условиях растущей сложности исследований возрастает потребность в интеллектуальных инструментах, способных автоматизировать анализ и повысить его точность. *Copilot* может не только ускорить обработку данных, но и выполнять прогнозирование характеристик на основе обучающих выборок, тем самым открывая новые возможности для исследований в области органической электроники.

2. Основная часть

Для демонстрации возможностей *Copilot* был проведён анализ вольт-амперных характеристик органического полупроводников: комплексов цинка — 4-бензоил-5-метил-2-фенил-2,4-дигидро-3-Н-пиразол ZnL12 (C48H42N6O2Zn) и ZnL52 (C54H54N6O2Zn) [1]; комплекса меди — CuL(PPh3)2I, на основе 3-фенил-5-(пиридин-4-ил)-1,2,4-триазола [2], нанесённого методом спин-коатинга на стеклянную подложку с электродами из серебра. Измерения проводились при комнатной температуре с использованием стандартной двухэлектродной схемы. Полученные данные охватывают диапазон напряжений от 0 до 5 В с шагом 0,1 В.

Copilot был использован для: загрузки экспериментальных данных в табличной форме; автоматического построения графика и выделения ключевых участков; прогнозирования вольт-амперных характеристик на основе обучающей выборки, включающей аналогичные материалы и условия; выдачи параметров модели: пороговое напряжение, коэффициент нелинейности, предполагаемый механизм переноса заряда и т. п.

В полученных вольт-амперных характеристиках (рис. 1) для цинкового и медного комплексов наблюдается характерная экспоненциальная зависимость тока от напряжения в области низких напряжений, что указывает на наличие барьера Шоттки на границе металл–органический материал.

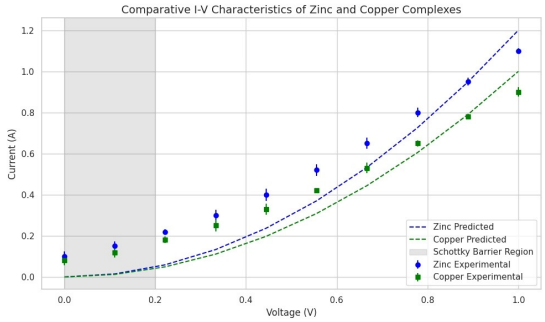


Рис. 1

Прогнозируемая кривая *Copilot* совпала с экспериментальной с высокой степенью точности (среднеквадратичное отклонение менее 5%). Кроме того, *Copilot* предложил интерпретацию, указывающую на преобладание инжекционного механизма переноса с возможным вкладом ловушек.

3. Заключение

Использование *Copilot* позволяет существенно сократить время анализа, повысить воспроизводимость результатов и расширить возможности исследователя за счёт интеграции искусственного интеллекта в научную практику. В перспективе подобные инструменты могут стать неотъемлемой частью в задачах, требующих обработки больших массивов данных и построения предиктивных моделей.

4. Список литературы

[1] N-образные вольт-амперные характеристики гибридных органических материалов на основе цинковых комплексов / А. Н. Гусев [и др.] // Письма в ЖТФ. — 2021. — Т. 47, — № 8. — С. 3—6.

[2] Mononuclear copper(i) complexes bearing a 3-phenyl-5-(pyridin-4-yl)-1,2,4-triazole ligand: synthesis, crystal structure, TADF-luminescence, and mechanochromic effects / A. Gusev [et al.] // Dalton Transactions. — 2023. — № 52. — P. 14995—15008.

UTILIZING COPILOT FOR THE ANALYSIS OF CURRENT–VOLTAGE CHARACTERISTICS IN ORGANIC MATERIALS

Uzunbajakh S. A., Tsapik D. K.
Scientific adviser: Tsapik D. K.
Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Russia

Abstract — The work is devoted to the use of the intelligent assistant Copilot for the analysis of volt-ampere characteristics of organic materials. The use of Copilot allows to significantly speed up the processing of experimental data, increase the accuracy of the results, and also to perform a forecast of volt-ampere based on training data.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ МОДУЛЯЦИИ ОПТИЧЕСКОГО НЕКОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Гончарова Е. К., Егоров В. В.
Научный руководитель: Егоров В. В.
Московский авиационный институт, Россия
E-mail: elena_goncharova_13@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены виды модуляции оптического некогерентного излучения. Собран испытательный стенд и приведены результаты экспериментов.

1. Введение

В СКБ-4 была предложена концепция автоматической оптической малоканальной системы посадки (АОМС) для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). При помощи световых сигналов бортового передатчика и четырех наземных приемников в пространстве формируются треугольники, рассчитав стороны и углы которых, можно определить местоположение БПЛА и его высоту. Для того чтобы определение координат было возможным, необходимо обеспечить широкий угол излучения, поэтому в передатчике используется некогерентное излучение. Для обеспечения избирательности полезного сигнала используется модуляция. В работе рассмотрены виды модуляции оптического некогерентного излучения. Выбрана модуляция, при использовании которой обеспечивается наибольшая мощность принимаемого сигнала.

2. Основная часть

Дальность работы АОМС, кроме внешних факторов, зависит от чувствительности приемника и мощности передатчика. Мощность передатчика ограничена мощностью бортового аккумулятора. Поэтому, необходимо увеличить чувствительность приемника. Также необходимо сохранить избирательность системы, то есть использовать модуляцию сигнала.

Некогерентные источники излучают в широком диапазоне частот, что приводит к интерференции и шумам, из-за которых теряется мощность сигнала. Такой источник излучения не имеет фиксированной фазы.

Оптические приемники реагируют только на изменение интенсивности света, то есть амплитуды его колебаний (*AM*). На практике частотную (*FM*), фазовую (*PM*), модуляцию по поляризации (ПОМ) преобразуют тем или иным способом в АМ.

Для проведения экспериментов был собран опытный образец АОМС. Он состоит из четырехканального фототранзисторного приемника и многоточечного передатчика оптического излучения. Длина волны передатчика 850 нм, мощность излучения 25 Вт, угол излучения 120 градусов. Приемник и передатчик расположены на оптической оси. В ходе эксперимента приемник отклоняется от оптической оси и при помощи его сигналов рассчитывается угол β. При этом мощность выходного сигнала, дальность определения угла β

Для реализации *AM* оптический сигнал модулируется сигналом кварцевого генератора с частотой 32,768 кГц. В приемнике находятся фильтры, настроенные на эту частоту и детектор. Минимальная дальность определения углов составила 50 см, диапазон определяемых углов 70…115 градусов. В данном случае мощность сигнала теряется на этапе детектирования. Для устранения этого недостатка необходимо использовать амплитудно-сдвиговую модуляцию (*ASK*) — импульс высокой амплитуды представляет двоичную единицу, а импульс низкой амплитуды — двоичный ноль.

Частотно-сдвиговая модуляция (*FSK*) — оптический сигнал переключается между двумя модулирующими сигналами с разной частотой. Импульс с более высокой частотой представляет собой двоичную единицу, а с более низкой — двоичный ноль.

Дифференциально фазовая модуляция (DPSK) — импульс высокой амплитуды представляет двоичную единицу, сигнал сохраняет фазу, импульс низкой амплитуды двоичный ноль — сигнал меняет фазу на 180º. Более помехозащищенная модуляция.

Широтно-импульсная модуляция (*PWM*) — оптический сигнал модулируется импульсами. Узкий импульс представляет двоичный ноль, а широкий — двоичную единицу.

Дифференциально позиционная импульсная модуляция (*DPPM*) — оптический сигнал модулируется импульсами. Положение импульса смещается относительно его предыдущего положения для обозначения двоичной единицы, неизменное положение обозначает двоичный ноль.

ПОМ представляет собой изменение плоскости поляризации световой волны в соответствии с передаваемым сигналом. Для реализации такой модуляции требуется дополнительный источник света. Поляризатор будет изменять плоскость поляризации каждого источника света, а они будут работать попеременно.

3. Заключение

Эксперименты показали, что самая простая по реализации модуляция это АМ. Но ее недостаток в том, что часть мощности теряется на этапе детектирования. ПОМ похожа на АМ, но требует установки дополнительного источника света, поляризаторов, что сказывается на стоимости и весе передающего устройства. FSK более помехоустойчива, но требует высокой пропускной способности. PWM и DPPM также имеют хорошую помехоустойчивость, но требуют синхронизации по времени.

4. Список литературы

[1] Оценка влияния эксплуатационных условий на точность оптической системы посадки / Е. К. Гончарова, А. А. Горелов, А. В. Картуков. В. В. Егоров // Сб. тез. избранных статей науч. сессии ТУСУР. — В-Спектр, 2025. — Ч. 1. — С. 51—55.

STUDY OF MODULATION TYPES OF OPTICAL INCOHERENT RADIATION

Goncharova E. K., Egorov V. V.
Scientific adviser: Egorov V. V.
Moscow Aviation Institute (national research university), Russia

Abstract — The types of modulation of optical incoherent radiation are considered. A test stand is assembled and the results of experiments are presented.

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Драч Е. А., Косолапова А. О., Егоров В. В.
Научный руководитель: Егоров В. В.
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия
E-mail: rainbow87594@gmail.com

Аннотация — В работе представлена концепция прибора для измерения скорости звука в воздушной среде с высокой точностью. Приведена схема работы устройства, показана разработанная печатная плата.

1. Введение

Жизнедеятельность человека во многом зависит от качества воздушной среды, особенно в условиях повышенного риска воздействия вредных газов. Для контроля воздуха в СКБ-4 МАИ создан прототип газосигнализатора с двумя герметичными камерами, концепция которого подробно изложена в предыдущих исследованиях [1]. Настоящая работа посвящена развитию этой разработки (второй измерительной камеры) и созданию устройства для высокоточного измерения скорости звука.

2. Основная часть

Вторая камера представляет собой длинную измерительную трубку с двумя идентичными микрофонами, подключёнными к усилителям и триггерам Шмитта для корректного измерения фазы. Сигналы триггеров поступают на логический элемент «Исключающее «ИЛИ»», формируя сигнал разрешения, который управляет счётчиком импульсов от микроконтроллера. Количество импульсов за интервал высокого уровня сигнала пропорционально разнице фаз между микрофонами. С внешней стороны камера оснащена микроконтроллером (МК), подключённым к усилителю внешнего громкоговорителя и фильтру гармоник.

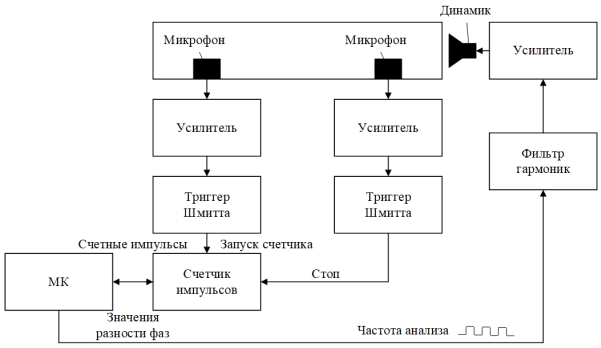


Рис. 1

Для измерения скорости звука реализуется разностно-фазовый метод, гарантирующий высокую точность полученных данных. При наблюдении синфазности сигналов становится возможно определить скорость прохождения звуковой волны через внутреннюю поверхность трубы. На фильтр гармоник попадает периодический сигнал в форме меандра, сформированный МК. Фильтр оставляет только одну частоту — основную, которая и будет поступать на громкоговоритель. При получении синфазного сигнала с обоих микрофонов можно делать вывод о том, что на расстоянии между микрофонами укладывается четное число полуволн [2]. Когда становится понятно, что оба сигнала имеют одну фазу, можно провести измерения скорости звука согласно следующей формуле

$$\frac{f_i l}{n_i} = v_i,$$

где f_i — частота звуковой волны, l — длина измеряемой камеры, n_i — число полуволн.

3. Заключение

По итогу данной работы была спроектирована вторая измерительная камера и разработана схема устройства для измерения скорости звука на основе разностно-фазового метода. По этой схеме была изготовлена печатная плата (рис. 2) для проведения экспериментов и дальнейшего развития проекта.

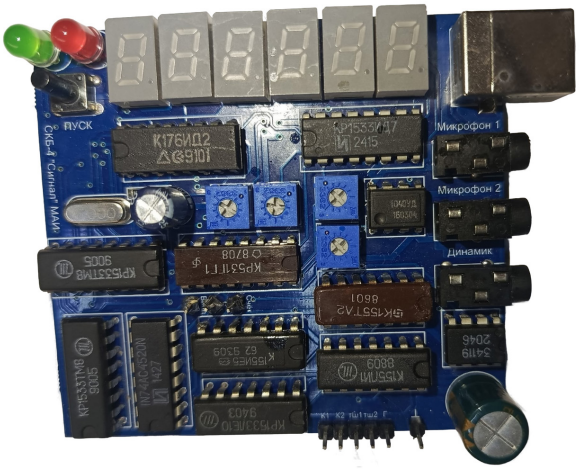


Рис. 2

4. Список литературы

[1] Драч, Е. А. Разработка прототипа и методики газосигнализатора / Е. А. Драч, В. В. Егоров // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2024. — № 7. — С.194.

[2] Драч, Е. А. Измерение скорости звука с помощью разностно-фазового метода / Е. А. Драч, М. К. Золотенкова // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР по материалам международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР–2025»: в 3 ч., Ч. 1. — Томск, 2025. — С. 217.

HIGH-ACCURACY SOUND VELOCITY MEASUREMENT DEVICE

Drach E.A., Kosolapova A.O., Egorov V.V.
Scientific adviser: Egorov V.V.
Moscow Aviation Institute (national research university), Russia

Abstract — In the paper, the concept of a device for high-precision measurement of the speed of sound in air is presented. The operating principle of the device is outlined, the developed printed circuit board is demonstrated.

ВЛИЯНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

Моховикова Е. А., Лихачевский Д. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лихачевский Д. В.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: ekaterinamohovikova12@mail.ru

Аннотация — В статье рассматривается влияние помехоустойчивости печатных плат на электрооборудование, а также предлагаются эффективные решения для их преодоления, которые помогут избежать распространённых ошибок и повысить качество конечного продукта.

1. Введение

Современные электронные устройства всё чаще работают в условиях повышенной электромагнитной активности. Источниками помех могут быть как сами элементы схемы, так и внешние факторы: радиочастотные излучения, коммутационные процессы, работа силового оборудования. Одним из ключевых факторов надёжности и долговечности электрооборудования является уровень помехоустойчивости печатных плат. В данной статье автор разбирает влияние помехоустойчивости печатных плат на электрооборудование и их решения.

2. Основная часть

Пониженная помехоустойчивость печатных плат напрямую отражается на работе электрооборудования и часто становится причиной серьёзных проблем, она приводит к сбоям и нестабильности в работе устройств. Электронные схемы начинают реагировать на случайные электромагнитные наводки, из-за чего микроконтроллеры и процессоры могут зависать, перезапускаться или выполнять ложные команды [1]. Это особенно опасно в системах управления, где ошибка может привести к остановке производственного процесса или нарушению работы оборудования. Помехи искажают сигналы. В цифровых устройствах наводки могут привести к ошибкам передачи данных. В результате искажается информация, нарушается работа коммуникационных интерфейсов, что ведёт к замедлению обмена данными или полной потере связи. В аналоговых системах появляются шумы, снижается точность измерений, ухудшается качество обработки сигналов.

Постоянное воздействие помех вызывает перегрузки по напряжению и току, перегрев дорожек и элементов, а также ускоренный износ компонентов. Конденсаторы, транзисторы и микросхемы начинают выходить из строя значительно быстрее, что уменьшает общий срок службы устройства [2]. Помехи также создают дополнительные энергетические потери. Из-за паразитных токов и ложного возбуждения цепей увеличивается тепловыделение, что снижает эффективность работы оборудования и делает его менее экономичным. При низкой помехоустойчивости на длинных проводниках могут возникать высокочастотные токи, способные вызвать пробой изоляции и повреждение компонентов. В мощных установках это чревато выходом из строя силовых модулей или даже возгоранием. Оборудование с низкой помехоустойчивостью становится источником помех, нарушая электромагнитную совместимость и мешая работе соседних устройств.

Грамотное проектирование топологии печатной платы позволяет избежать помехи. Чем короче и прямее сигнальные линии, тем меньше они подвержены воздействию электромагнитных наводок [2]. Требуется разделять силовые и сигнальные цепи, так как высокочастотные импульсы из силовых контуров могут проникать в чувствительные каналы и вызывать сбои. Сплошные земляные полигоны снижают сопротивление возвратного тока и уменьшают вероятность появления разностей потенциалов, которые способны вызвать помехи. В многослойных платах один из слоёв отводится под землю, что обеспечивает надёжный экранирующий эффект. Металлические экраны, корпуса или даже медные покрытия на плате ограничивают влияние внешних электромагнитных излучений.

Использование *LC*-фильтров и ферритовых бусин помогает подавлять шумы в проводниках и предотвращает их распространение на соседние линии. Также следует выбирать компоненты, соответствующие стандартам электромагнитной совместимости. Современные микросхемы проектируются с учётом минимизации собственного электромагнитного излучения и большей устойчивости к помехам [1].

3. Заключение

Помехоустойчивость печатных плат является критическим фактором, влияющим на надёжность и долговечность электрооборудования. Решение этих задач на этапе разработки печатной платы обеспечивает устойчивую работу устройства, минимизирует риски отказов и продлевает срок службы оборудования.

Выполнен анализ проблем влияния помехоустойчивости печатных плат на электрооборудование. Определенно, что правильное проектирование топологии, грамотное использование фильтров, экранов и заземления позволяют существенно снизить воздействие электромагнитных и электрических помех.

4. Список литературы

[1] Ряполов, А. В. Совершенствование методов оценки помехоустойчивости радиоэлектронных средств к воздействию импульсных электромагнитных полей / А. В. Ряполов. — Омский гос. технич. ун-т, 2014. — 22 с.
[3] Воробьева, Ж. С. Основы конструирования радиоэлектроники / Ж. С. Воробьева. — Минск : БГУИР, 2001. — 324 с.

INFLUENCE OF PRINTED CIRCUIT BOARD NOISE IMMUNITY ON ELECTRICAL EQUIPMENT AND WAYS TO SOLVE THE PROBLEM

Mohovikova E. A., Lihachevski D. V.
Scientific adviser: Lihachevski D. V.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Abstract — In the paper, the impact of printed circuit board noise immunity on electrical equipment is examined and effective solutions to overcome them is proposed, which will help avoid common errors and improve the quality of the final product.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВНЕШНЕГО ШУМА ПРИ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ НА БЕРЕГОВОМ ОБЪЕКТЕ МОРСКОГО РАЙОНА А2 ГМССБ

Коваленко В. И.[1], Коваленко П. М.[1], Новикова Т. В.[1, 2]
Научный руководитель: Коваленко В. И.
[1]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
kovalenkopm@nic-t.ru

Аннотация — Предложен метод определения эквивалентной ЭДС помех на входе приемника по его чувствительности. Разработана процедура оценки вклада ЭМС в общий уровень шума приемника при натурных испытаниях.

1. Введение

Цель работы — определить составляющую коэффициента шума на приемном центре берегового объекта МР А2 ГМССБ в ходе натурных испытаний и оценить снижение дальности радиосвязи в направлении судно-берег из-за недостаточной ЭМС.

2. Основная часть

Фактическая чувствительность $G_{\text{факт}}^{+\text{эмс}}$ приемного устройства при выключенных передающих устройствах ограничивается исключительно шумами окружающей среды и шумами, генерируемыми внутри самого приёмника [3]

$$G_{\text{факт}}^{-\text{эмс}} = SN_{\text{вх}} \cdot \sqrt{\varepsilon_{\text{ш внутр}}^2 + \varepsilon_{\text{ш внеш}}^2 + \varepsilon_{\text{ш пром}}^2}\ , \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{ш внутр}}$, $\varepsilon_{\text{ш внеш}}$, $\varepsilon_{\text{ш пром}}$ — электродвижущая сила (ЭДС) внутреннего шума приемного устройства, ЭДС внешнего шума и ЭДС промышленного шума, пропорциональные напряженностям поля внешних и промышленных шумов, соответственно;

$SN_{\text{вх}}$ — отношение сигнал/шум на входе приемника.

Фактическая чувствительность $G_{\text{факт}}^{+\text{эмс}}$ при включенных передающих устройствах определяется по формуле

$$G_{\text{факт}}^{+\text{эмс}} = SN_{\text{вх}} \cdot \sqrt{\varepsilon_{\text{ш внутр}}^2 + \varepsilon_{\text{ш внеш}}^2 + \varepsilon_{\text{ш пром}}^2 + \varepsilon_{\text{п эмс}}^2} \quad (2)$$

где $\varepsilon_{\text{п эмс}}$ — составляющая ЭДС помех на входе приемного устройства.

Из этого следует, что коэффициент шума при выключенных передающих устройствах $F_{a\text{-эмс}}$ можно рассчитать по формуле [4]

$$F_{a\text{-эмс}}(\text{дБ}) = 20\log\left(\frac{\varepsilon_{+\text{эмс}}}{h_{\text{д}}^{/}}\right) - 20\log f - 10\log b + 95,5$$

где f — средняя частота излучения сигнала, МГц; $h_{\text{д}}^{/}$ — действующая высота антенны с учетом потерь в фидере; b — ширина полосы приемного устройства на уровне мощности шума, Гц; $\varepsilon_{\text{-эмс}}$ (мкВ) — суммарная ЭДС шумов и помех, приведенная к выходу антенны при выключенных передающих устройствах.

Соответствующе определяется коэффициент шума при включенных передающих устройствах $F_{a\,+\text{эмс}}$

$$F_{a\,+\text{эмс}}(\text{дБ}) = 20\log\left(\frac{\varepsilon_{+\text{эмс}}}{h_{\text{д}}^{/}}\right) - 20\log f - 10\log b + 95,5\ ,$$

где $\varepsilon_{+\text{эмс}}$ (мкВ) — суммарная ЭДС шумов и помех, приведенная к выходу антенны при включенных передающих устройствах.

Следовательно, определение общего коэффициента шума будет рассчитываться как

$$F_{a\,\max\Sigma} = 10\log\left(10^{F_{a\,\max}/10} + 10^{F_{a\,\text{помех}}/10}\right)$$

где $F_{a\,\max}$ — максимально возможный коэффициент шума при сезонных и суточных колебаниях.

3. Заключение

Предложенный метод расчёта, основанный на аналитических зависимостях, сократит трудоемкость натурных испытаний дальности МР А2 и покрытия НАВТЕКС, а в ряде случаев заменит их полностью. Метод соответствует «Испытаниям с использованием моделей», комбинируя расчеты на моделях с натурными испытаниями.

4. Список литературы

[1] Резолюция IMO A.801(19). Обеспечение радиослужб для глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ), 1995.

[2] Приказ Минтранса РФ от 10 февраля 2010 г. N 32. Об утверждении Положения об одобрении типов аппаратуры и освидетельствовании объектов и центров.

[3] Инструментальные методы измерения качества судовой ОВЧ радиосвязи / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, К. В. Иевлев, М. С. Козуб // Труды НИИР. — 2021. — № 1. — С. 25—32.

ADDITIONAL COMPONENT OF THE EXTERNAL NOISE COEFFICIENT IN CASE OF INSUFFICIENT ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY ON THE SHORE FACILITY OF THE A2 GMSSB MARINE AREA

Kovalenko V. I.[1], Kovalenko P. M.[1], Novikova T. V.[1, 2]
Scientific adviser: Kovalenko V. I.
[1]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*
[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — A method is proposed for determining the equivalent EMF of interference at the receiver input based on its sensitivity. A procedure is developed for assessing the contribution of EMC to the total noise level of the receiver during field tests.

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДАЛЬНОСТИ РАДИОСВЯЗИ МОРСКОГО РАЙОНА А2 ГМССБ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

Коваленко В. И.[1], Коваленко П. М.[1], Новикова Т. В.[1, 2]
Научный руководитель: Коваленко В. И.
[1]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
kovalenkopm@nic-t.ru

Аннотация — Предложен метод прогнозирования дальности радиосвязи в морском районе А2 ГМССБ на основе измерений на более коротких расстояниях, использующий симметрию уравнений Миллингтона.

1. Введение

Дальность действия технических средств МР А2 (200—300 морских миль) делает натурные испытания достаточно трудоемкими и затратными. Отсутствие возможности отправки судна на такие расстояния обуславливает актуальность прогнозирования граничной дальности радиосвязи МР А2 ГМССБ, что является целью данной работы.

2. Основная часть

Метод Миллингтона, модернизированный для обеспечения взаимности, рассчитывает напряженность поля вдоль смешанных трасс. Испытательное судно должно иметь оборудование для измерения напряженности поля. Главным критерием определения расстояния может являться неизменность разницы ΔE_i между измеренными напряженностями поля на судне $E_i^{\text{изм}}$ и табулированными значениями $E_{S2_i}(d)$ из рекомендации [3] для морского участка трассы. Измерения проводятся в i-тых точках, расположенных на расстоянии не менее 10 % друг от друга в радиальном направлении от ПРДЦ и ПРМЦ. Требуется получить не менее трех точек с постоянной разницей ΔE_i и разбросом не более δE (< 0,5 дБ), использую следующее выражение

$$\Delta E_i = E_{i_\text{изм}}^{\text{Судно}} - E_{s2_i} = const \mp \delta E.$$

Пример данных вычислений проиллюстрирован на рис. 1.



Рис. 1

Теорема взаимности (метод Миллингтона) подтверждает одинаковые потери сигнала в обоих направлениях Судно-Берег и Берег-Судно. Расчет удаления судна от берега аналогичен.

Поскольку испытания проводятся для берегового центра с фиксированными параметрами передающих устройств, работоспособность которых так же проверяется, наиболее достоверным методом является измерение напряжения на входе берегового приемника и его сравнение с заданным значением напряжения $U_{\text{треб}}^{\text{вх.прм}}$(вх.прм). При этом $U_{\text{треб}}^{\text{вх.прм}}$ определяется путем пересчета требуемой напряженности поля на береговом приемном центре $E_{\text{треб}}^{\text{Берег}}$ через антенный фактор приемной антенны, который необходимо определить экспериментально.

При том же удалении испытательного судна от берега акватории $d_{\text{изм}}$, что и было выбрано для измерений в направлении Берег-Судно, будет измеряться напряжение на входе приемника БС $U_{\text{изм}}^{\text{Берег}}(d_{\text{изм}})$ и определяется разница

$$\Delta U, \text{дБ} = U_{\text{изм}}^{\text{Берег}}(d_{\text{изм}}), \text{дБмкВ} - U_{\text{треб}}^{\text{вх.прм}}, \text{дБмкВ}$$

По графику $E^{\text{Рек.368}}(d)$ [3] и диэлектрическим свойствам морской подстилающей поверхности определяется расстояние $D^{\text{Судно_Берег}}$, при котором напряженность поля принимает заданное значение:

$$E^{\text{Рек.368}}\left(D^{\text{Судно_Берег}}\right), \text{дБмкВ/м} = \\ = E^{\text{Рек.368}}(d_{\text{изм}}), \text{дБмкВ/м} - \Delta U, \text{дБ}.$$

Результатом расчета граничной дальности действия береговой станции в диапазоне СЧ для морского района А2 ГМССБ будет наименьшая из определенных дальностей связи из направлений Берег-Судно или Судно-Берег.

3. Заключение

Предложенный метод расчёта снизит трудоемкость натурных испытаний дальности действия технических средств МР А2 и покрытия НАВТЕКС, а в ряде случаев и вовсе обеспечит их проведение. Метод основан на аналитических зависимостях, отражающих физическую структуру объекта, и соответствует термину «Испытания с использованием моделей» [4], включающему расчёты на физико-математических или математических моделях в сочетании с натурными испытаниями, а также определение зоны радиопокрытия [5].

4. Список литературы

[1] Долуханов, М. П. Распространение радиоволн / М. П. Долуханов. — М. : Связь, 1972. — 547 с.

[2] Резолюция ИМО А.801(19). Обеспечение радиослужб для Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ).

[3] Рекомендация МСЭ-R Р.368-8. Кривые распространения земной волны для частот между 10 кГц и 30 МГц.

[4] ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

[5] Афонин, И. Л. Радиопокрытие прибрежной морской зоны с применением беспроводного широкополосного оптического канала для организации интенсивного судоходства / И. Л. Афонин, В. В. Головин, М. О. Ткаченко, Ю. Н. Тыщук и др. // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 297—306.

METHOD FOR PREDICTING THE RANGE OF A2 GMDSS MARINE RADIO COMMUNICATION BASED ON FIELD TENSION MEASUREMENTS

Kovalenko V. I.[1], Kovalenko P. M.[1], Novikova T. V.[1, 2]
Scientific adviser: Kovalenko V. I.
[1]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*
[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — A method for predicting the range of radio communication in the A2 maritime area of the GMDSS based on measurements at shorter distances using the symmetry of the Millington equations is proposed.

АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ

Маленко В. А.[1, 2], Ерисов А. А.[1, 2]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: aaerisov@sevsu.ru

Аннотация — При проведении испытаний автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства в условиях внешних акустических шумов [1], требуется выравнивание амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и уровня звукового давления (УЗД) измерительных сигналов. Предложен алгоритм выравнивания на основе корректирующей фильтрации.

1. Введение

Алгоритм выравнивания амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и уровня звукового давления (УЗД) при проведении испытаний в условиях внешних акустических шумов основан на реализации корректирующего фильтра, обратного АЧХ коэффициента передачи акустического канала внутри салона транспортного средства, в соответствии с [2, п.7.3.].

АЧХ корректирующего фильтра формируется с помощью параметрического эквалайзера, состоящего из 31 фильтра с центральными частотами и полосами, соответствующие третьоктавным фильтрам по [3].

2. Основная часть

Коэффициент передачи фильтров точно определяется только на центральных частотах, что с учетом взаимного влияния фильтров приводит к существенной погрешности вносимых коррекций в третьоктавных полосах. В связи с этим требуется определенный итерационный цикл выравниваний, требующий значительных временных затрат.

Для ускорения процесса выравнивания фильтры корректирующего эквалайзера реализованы программным образом в частотной области с логарифмическим шагом по частоте для каждого фильтра в соответствии со следующим выражением

$$H(i,n)^{(z)} = 0.5\left|K_A \cdot \frac{K2_n + K1_n \cdot Q + e^{j\frac{4\pi x(i)}{F_s}}}{1 + K1_n \cdot Q + K2_n \cdot e^{j\frac{4\pi x(i)}{F_s}}}\right|,$$

где $K1_n$, $K2_n$ — коэффициенты, вычисляемые для каждого n-ного фильтра идентично временному представлению фильтров; M — количество точек анализа в полосе одного фильтра; F_s — частота дискретизации, Гц; $x(i) = W \cdot 10^{\frac{i}{10M}}$ — логарифмическая частота, Гц, W=10.

Коэффициент K_A рассчитывается с использованием следующего выражения

$$K_A = \left(1 + A_n^{(z)}\right) + \left(1 - A_n^{(z)}\right),$$

где $A_n^{(z)}$ — задаваемы коэффициент передачи фильтра эквалайзера на текущем шаге итерации.

Коэффициент Q рассчитывается следующим образом

$$Q = (1 + K2_n) \cdot e^{j\frac{2\pi x(i)}{F_s}}.$$

Суммарный третьоктавный спектр определяется следующим выражением

$$Gain_n^{(z)}[\text{дБ}] = 20 \cdot lg\sqrt{\frac{\sum_{i=10M\cdot lg\left(\frac{F1_n}{W}\right)}^{10M\cdot lg\left(\frac{F2_n}{W}\right)}(H\Sigma(i)^{(z)})^2}{1 + 10M \cdot \left[lg\left(\frac{F2_n}{W}\right) - lg\left(\frac{F1_n}{W}\right)\right]}},$$

где $F1_n$ и $F2_n$ — граничные частоты n-ного фильтра по уровню –3 дБ.

3. Заключение

Реализованный алгоритм обеспечивает требуемое отклонение АЧХ воспроизводимого шума по отношению к исходному записанному шуму в ± 1 дБ в диапазоне частот 100 Гц до 10 кГц за две-три итерации в зависимости от глубины провалов АЧХ акустического канала, обусловленных расположением колонок внутри кабины транспортного средства.

4. Список литературы

[1] ГОСТ Р 55531-2013. Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Методы испытаний автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства.
[2] ETSI EG 202 396:2011. Качество передачи речи и мультимедиа. Оценка качества обработки речи в присутствии фонового шума.
[3] ГОСТ Р 8.714-2010 (МЭК 61260:1995). Фильтры полосовые октавные и на доли октавы. Технические требования и методы испытаний.

ALGORITHM FOR CORRECTING CHARACTERISTICS OF ACOUSTIC SIGNALS WHEN CONDUCTING TESTS IN CONDITIONS OF EXTERNAL ACOUSTIC NOISE

Malenko V. A.[1, 2], Erisov A. A.[1, 2]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — During testing of the vehicle's emergency response system for compliance with speech quality requirements in the vehicle cabin under external acoustic noise conditions [1], it is necessary to equalize the amplitude-frequency response (AFR) and sound pressure level (SPL) of the measurement signals. A correction filtering-based algorithm is proposed for this purpose.

МЕТОД ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННОГО КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

Маленко В. А.[1, 2], Ерисов А. А.[1, 2], Ночовный А. Д.[1]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: aaerisov@sevsu.ru

Аннотация — При проведении испытаний устройств системы вызова (УСВ) экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства в условиях внешних акустических шумов [1, 2], требуется применение средств объективной оценки и измерений качественных показателей громкоговорящей связи в кабине транспортного средства. Предложен метод объективной оценки качественных показателей речевого сигнала.

1. Введение

Существующие стандартизированные методы оценки качественных показателей основаны на оценке качества речевого сигнала, передаваемого по электрическим каналам связи с аналого-цифровым преобразованием и кодированием исходного сигнала.

При этом канал передачи речевой информации является комбинированным и имеет, в том числе и акустическую среду передачи.

2. Основная часть

Для оценки качественных показателей комбинированного канала связи (ККС), в том числе и в условиях внешних акустических шумов, предлагается использовать тестовый акустический шумоподобный сигнал (ШПС) сформированный на основе битовой псевдослучайной последовательности (ПСП) методом прямого цифрового синтеза [3].

Сформированный ШПС подается на динамик (искусственный рот) испытательного манекена, расположенного в кабине транспортного средства, как показано на рис. 1.

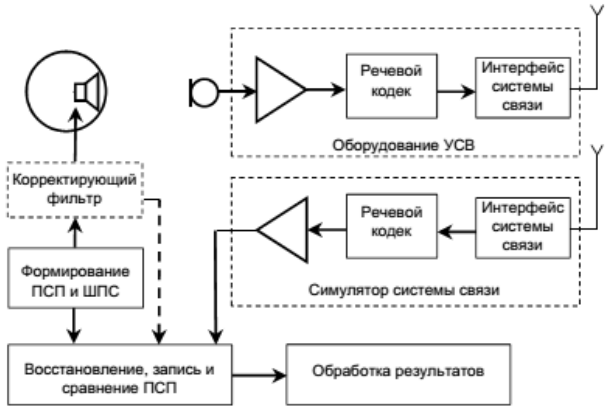


Рис. 1

При необходимости ШПС может подвергаться предварительной коррекции и фильтрации.

При этом перед подачей ШПС на вход ККС необходимо произвести восстановление и запись битовой последовательности. транспортного средства

На выходе ККС производится восстановление битовой последовательности. Сравнение восстановленной и исходной (записанной) битовой последовательности позволяет вычислить количество и коэффициент битовых ошибок для оценки качественных показателей ККС.

3. Заключение

Применение различных методов и исходных данных при программном формировании ПСП и ШПС позволяет адаптировать данный метод для применения в большом диапазоне задач, а также как дополнение к существующим методам оценки качественных показателей.

4. Список литературы

[1] ГОСТ Р 55531-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Методы испытаний автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства.

[2] ETSI EG 202 396:2011. Качество передачи речи и мультимедиа. Оценка качества обработки речи в присутствии фонового шума.

[3] Проценко, М. Б. Формирование тестовых вокализированных сигналов для измерений остаточных эхосигналов устройств ЭРА-ГЛОНАСС / М. Б. Проценко, В. В. Громоздин, А. В. Лукьянчиков // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»: Материалы конференции. — 2016. — Т. 9. — С. 2030—2036.

METHOD FOR OBJECTIVE EVALUATION OF QUALITY INDICATORS OF A COMBINED COMMUNICATION CHANNEL FOR TRANSMITTING SPEECH SIGNALS

Malenko V. A.[1, 2], Erisov A.[1, 2], Nochovny A. D.[1]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — When testing emergency call system devices (ECSD) for compliance with the requirements for the quality of public address in the vehicle cabin in the presence of external acoustic noise [1, 2], it is necessary to use objective assessment and measurement tools for the quality of public address in the vehicle cabin. A method for objective assessment of the quality of speech signals is proposed.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАНАЛОВ ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ

Маленко В. А.[1, 2], Ерисов А. А.[1, 2], Ночовный А. Д.[1]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: aaerisov@sevsu.ru

Аннотация — Система экстренного реагирования при авариях ЭРА-ГЛОНАСС предусматривает автоматический вызов экстренных служб и громкоговорящую связь между абонентом и оператором. Ключевым фактором обеспечения надежности системы является оценка качества громкоговорящей связи в кабине транспортного средства. Качественные показатели оцениваются с применением алгоритмов анализа эталонных речевых сигналов [1, 2]. Рассматриваются методы оценки качества.

1. Введение

Система ЭРА-ГЛОНАСС является элементом национальной телематической инфраструктуры. Важной составляющей системы являются устройства системы вызова (УСВ) экстренных оперативных, которые обеспечивают не только передачу телематических данных, но и громкоговорящую голосовую связь с оператором.

Качество голосовой связи напрямую влияет на успешность взаимодействия водителя с диспетчером в условиях аварийной ситуации. Разработка и анализ методов оценки качественных показателей каналов связи, является важной научной и прикладной задачей.

2. Основная часть

Для оценки качественных показателей стандартизированы два основных метода.

Алгоритм *PESQ* (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*) является международным и применяется для объективной оценки качества речевых сигналов. Его работа основана на использовании психоакустической модели восприятия, имитирующей особенности человеческого слуха. В процессе анализа сравниваются два сигнала: исходный эталонный речевой сигнал и сигнал, прошедший через канал связи.

Методика учитывает, как временные искажения (задержки или джиттер), так и спектральные искажения (шумы, артефакты сжатия). Благодаря этому *PESQ* позволяет выявить не только грубые нарушения целостности речи, но и тонкие изменения, влияющие на субъективное восприятие.

Результатом работы алгоритма является числовая оценка по шкале *MOS* (*Mean Opinion Score*) в диапазоне от 1,0 до 4,5. Эта величина коррелирует с субъективными экспертными оценками, позволяя проводить автоматизированные измерения.

PESQ активно используется при тестировании качества голосовых каналов в фиксированной телефонии и громкоговорящей связи. Основное ограничение алгоритма заключается в необходимости наличия эталонного сигнала для корректного сравнения, что делает его менее удобным.

Алгоритм *STOI* (*Short-Time Objective Intelligibility*) предназначен для объективной оценки разборчивости речи в условиях зашумлённых каналов передачи. В отличие от *PESQ*, в первую очередь ориентированного на интегральную субъективную оценку качества звучания, *STOI* направлен именно на измерение того, насколько хорошо слушатель способен понять переданный речевой сигнал.

Алгоритм основан на сравнении коротких временных фрагментов исходного и искажённого сигналов. Для каждого фрагмента рассчитываются спектральные характеристики, после чего алгоритм анализирует корреляцию между ними.

Результатом работы является числовая оценка в диапазоне от 0 до 1, где значения, близкие к 1, указывают на высокую разборчивость речи, а низкие значения — на сильное ухудшение понимания. Благодаря своей точности и невысокой вычислительной сложности *STOI* получил широкое распространение в исследованиях систем шумоподавления, кодеков и каналов громкоговорящей связи.

Для оценки качества громкоговорящей связи алгоритм представляет интерес, так как он позволяет оценивать не только общее качество звука, но и способность оператора чётко понимать абонента в ситуации аварии, когда уровень внешнего шума и помех особенно высок.

3. Заключение

Использование алгоритмов *PESQ* и *STOI* позволяет объективно оценивать качество и разборчивость громкоговорящей связи УСВ ЭРА-ГЛОНАСС. Совмещение этих методов обеспечивает надёжную оценку передачи речи в условиях шума и нестабильного канала, что критично для эффективного взаимодействия водителя с оператором в аварийной ситуации. Перспективным направлением является интеграция алгоритмов с системами мониторинга качества в реальном времени для повышения надёжности связи.

4. Список литературы

[1] ГОСТ Р 55531-2013. Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Методы испытаний автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства.

[2] ETSI EG 202 396:2011. Качество передачи речи и мультимедиа. Оценка качества обработки речи в присутствии фонового шума.

ANALYSIS OF METHODS AND ALGORITHMS FOR DETERMINING QUALITY INDICATORS OF PUBLIC ADDRESS CHANNELS

Malenko V. A. [1, 2], Erisov A. A. [1, 2], Nochovny A. D. [1]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — The ERA-GLONASS emergency response system provides automatic notification of emergency services and public address communication between the vehicle occupant and the operator. A key factor in ensuring system reliability is the assessment of the quality of the public address channel inside the vehicle cabin. Quality indicators are evaluated using algorithms for analyzing reference speech signals [1, 2]. This paper reviews the methods for quality assessment.

ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ВНЕШНИХ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА КАЧЕСТВО ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ

Маленко В. А.[1, 2], Ерисов А. А.[1, 2]
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Филиал НИЦ Телеком в г. Севастополе (ИЦ «Омега»), Россия*
E-mail: aaerisov@sevsu.ru

Аннотация — Субъективные испытания автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства проводятся при имитации внешнего акустического шума, предварительно записанного во время движения транспортного средства данного типа [1].

1. Введение

В [1] регламентируется только одно место расположения микрофона — в точке, близкой к точке размещения микрофона автомобильной системы/устройства (АС). При этом, также есть требования на проведение контрольной бинауральной записи сигналов на стороне абонента с микрофонов манекена и моноуральной записи на стороне оператора со штатного оборудования, т.е. фактически в трех различных точках.

Сложность заключается в том, что структура акустического поля в кабине транспортного средства существенно различается в точках расположения микрофона АС и микрофонов манекена, соответственно при записи в одной точке невозможно обеспечение адекватного соотношения сигнал/шум для всех трех точек последующей контрольной записи.

2. Основная часть

Для преодоления данной сложности предложен порядок двукратной записи шумового фрагмента длительностью 10 секунд при записи на два микрофона.

Запись № 1 выполняется при расположении одного микрофона (Мик.1) возле микрофона АС и второго микрофона (Мик.0) с правой стороны манекена, как показано на рис. 1.

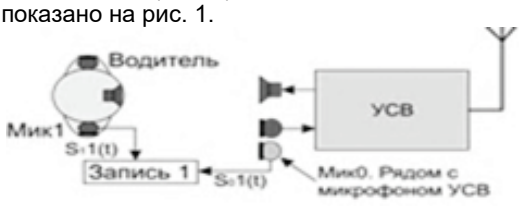


Рис. 1

Запись № 2 выполняется при расположении обоих микрофонов с обеих сторон манекена, как показано на рис. 2.

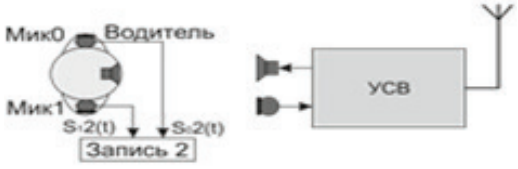


Рис. 2

Обе записи производятся поочередно, но в одинаковых условиях эксплуатации транспортного средства.

Адекватное соотношение сигнал/шум для всех точек расположения микрофонов обеспечивается за счет того, что воспроизведение шумового сценария производится циклически с периодом 10 сек.

Данный подход позволяет синхронизировать воспроизводящую и записывающую аппаратуру, чем обеспечивается дальнейшая возможность вычитания на программном уровне из сигналов, поступающих от микрофонов манекена, акустического поля, наводимого на них при выравнивании в точке расположения микрофона АС [2].

При дальнейшей программной обработке также обеспечивается возможность суммирования ранее записанных шумовых сигналов именно в точках расположения микрофонов манекена.

3. Заключение

Данный порядок записи и воспроизведения реализован при проведении испытаний с применением имитатора внешних акустических шумов ИАШ-01, разработанного в ИЦ «Омега» — Севастопольском филиале ФГУП НИИР [3], и показал свою достаточную эффективность.

4. Список литературы

[1] ГОСТ Р 55531-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Методы испытаний автомобильной системы вызова экстренных оперативных служб на соответствие требованиям к качеству громкоговорящей связи в кабине транспортного средства.

[2] Громоздин, В. В. Имитация внешних акустических шумов при испытаниях качества громкоговорящей связи / В. В. Громоздин, Е. А. Надобенко, Т. В. Панина // 28-я Междунар. крымская конф. «СВЧ-Техника и Телекоммуникационные Технологии» : матер. конф. — 2018. — С. 459—465.

[3] Каньшин, И. А. Имитатор внешнего акустического шума / И. А. Каньшин, Т. В. Панина, В. В. Громоздин // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2018. — № 1. — С. 149.

RECORDING AND PLAYBACK OF EXTERNAL ACOUSTIC NOISE DURING TESTS OF LOUDSPEAKER COMMUNICATION QUALITY

Malenko V. A.[1, 2], Erisov A. A.[1, 2]
[1]*Sevastopol State University, Russia*
[2]*Branch of NIC Telecom in Sevastopol ("TC Omega"), Russia*

Abstract — Subjective tests of an automobile emergency call system for compliance with the requirements for the quality of loudspeaker communication in the vehicle cabin are carried out by simulating external acoustic noise, previously recorded during the movement of a vehicle of this type [1].

СИСТЕМА «УМНАЯ ТЕПЛИЦА»

Жиляев А. Р., Табакаев Д. И.
Научный руководитель: Табакаев Д. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: cotofei2004@mail.ru

Аннотация — Описан принцип работы системы, возможность управления в ручном режиме, а также существующие в ней механизмы и условия автоматического срабатывания.

1. Введение

В условиях стремительного роста населения Земли и усиливающегося дефицита природных ресурсов, вопросы устойчивого и эффективного сельского хозяйства становятся как никогда актуальными. Одним из перспективных направлений в данной области является внедрение интеллектуальных систем управления в агропромышленное производство, в частности — разработка и применение «умных теплиц». «Умная теплица» представляет собой автоматизированную систему, способную самостоятельно контролировать и регулировать микроклиматические параметры, необходимые для оптимального роста растений: температуру, влажность, освещённость, уровень CO_2 и другие.

2. Основная часть

Система позволяет контролировать требуемые параметры, такие как температура и влажность воздуха, температура и влажность почвы, уровень освещенности в помещении.

Управление системой осуществляется через мобильное приложение Blynk.

Принцип работы заключается в измерении необходимых параметров и, в случае отклонения от нормы, отправляется уведомление в приложение Blynk, пользователь через мобильный интерфейс активирует работу исполнительных механизмов, таких как подогрев воздуха, почвы и др.

В системе присутствуют датчики контроля важных показателей, а также микроконтроллер для управления системой и дисплей для вывода происходящих процессов на экран.

Подключение всех устройств осуществляется по протоколам 1-*Wire* и *I²C*. Блок-схема проекта показана на рис. 1. Функциональная схема показана на рис. 2.

3. Заключение

В рамках работы была спроектирована и реализована интеллектуальная система автоматического контроля микроклимата — «Умная теплица», предназначенная для повышения эффективности выращивания растений за счёт автоматизации основных процессов.

Разработанная система представляет собой гибкое, функциональное и расширяемое решение, способное обеспечивать управление системой капельного полива как в автоматизированном, так и в ручном режиме, а также регулировать температуру воздуха и почвы внутри «умной теплицы».

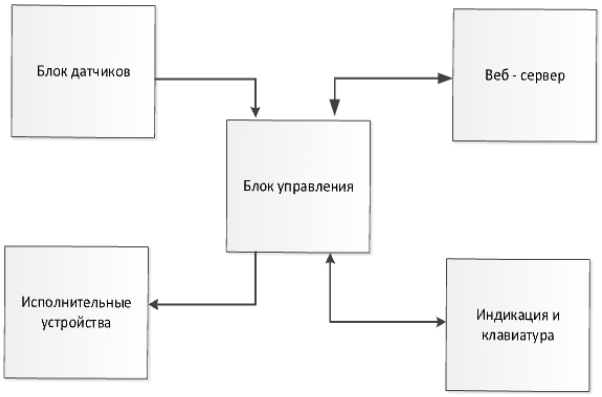


Рис. 1

4. Список литературы

[1] 1-Wire [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/1-Wire (дата обращения: 08.04.2025).
[2] I²C [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/I²C (дата обращения: 08.04.2025).

«THE SMART GREENHOUSE» SYSTEM

Zhilyaev A. R., Tabakaev D. I.
Scientific adviser: Tabakaev D.I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the system's operation principle, manual control capabilities, and existing mechanisms and automatic triggering conditions are described.

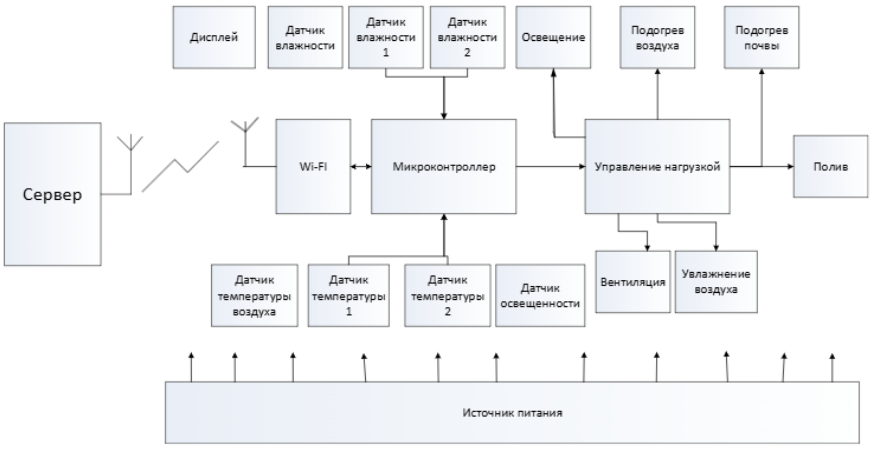


Рис. 2

АЛГОРИТМ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Данилин К. Д., Семенищев Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Семенищев Е. А.
Московский государственный технический университет «СТАНКИН», Россия
E-mail: danilin.kirill.dmitrievich@yandex.ru

Аннотация — В статье предложено описание программной реализации алгоритма, входящего в систему технического зрения (СТЗ) для установки микроэлектронных компонент автоматизированной машины «УМКА», разработанной ООО «Совтест-АТЕ». Алгоритм обеспечивает обнаружение углового отклонения с точностью до 0,1° и функционирование со скоростью обработки до 60 кадров в секунду.

1. Введение

Технология монтажа кристаллов многокристальных модулей (МКМ) и формирование трёхмерных микросборок предъявляет повышенные требования к точности позиционирования на всех этапах производства. Традиционные методы на основе поиска шаблонов требуют значительных вычислительных затрат, а методы на основе нейронных сетей испытывают трудности в условиях дефицита размеченных данных [1]. Для уменьшения погрешности позиционирования машины «УМКА» в обратной связи используется алгоритм поиска контрольных точек и реперной привязки систем координат установки. Для реализации автоматизированных функций поиска и позиционирования элементов, разработан алгоритм обработки изображений СТЗ, основанный на методах цифровой обработки изображений и обеспечивающий высокую скорость работы в современном производстве.

2. Описание алгоритма

Программная реализация алгоритма апробирована на выполнении однотипных операций. Машина «УМКА» включает в себя высокоточную систему позиционирования, головку манипулятор с вакуумным захватом, промышленную камеру, держатели для контейнеров (*WafflePack*) с чипами. Внешний вид установки представлен на рис. 1.



Рис. 1

Алгоритм СТЗ основан на выполнении следующих этапов

1. Захват изображения и его преобразование в градации серого. Для подавления шума используется накопление и усреднение 3—5 последних кадров.

2. Предварительная обработка с целью борьбы с помехой. Применяется многокритериальная оценка. Выбор метода предобработки адаптивен и зависит от качества входных данных.

3. Адаптивная пороговая обработка с использованием настраиваемого диапазона значений яркости и формирование бинарной маски. Данный этап позволяет выделить важные объекты на фоне, создавая четкие границы для дальнейшего анализа объектов интереса

4. Выполнение морфологических операций для устранения оставшихся мелких объектов и повышения различимости формы объектов.

5. Для поиска контуров применяется алгоритм трассировки, который строит замкнутые границы объектов.

Для упрощения дальнейшего анализа полученная кривая аппроксимируется подмножеством характерных точек. Каждому полученному контуру соответствует набор декартовых координат и угловое отклонение, которые затем преобразуются в управляющие воздействия на исполнительный механизм. На рис. 2 представлен пример обнаружения микросборок и определения их относительного положения.

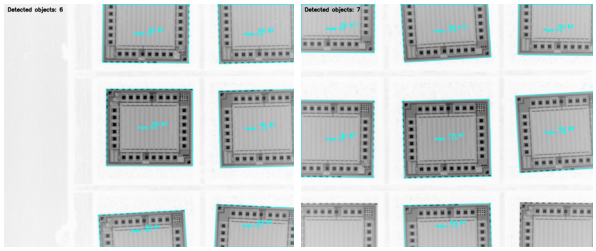


Рис. 2

Представленный на рис. 2 пример определения положения объектов, реализован в виде отдельной функции, вызываемой системой СТЗ машины УМКА, разработанной ООО «Совтест-АТЕ».

3. Заключение

В результате применения алгоритма визуального контроля пространственного положения микроэлектронных компонентов, получена реализация автоматизированной функции, используемой для выполнения технологических операций МКМ. Работа выполнена в рамках государственного задания FSFS-2025-0009.

4. Список литературы

[1] Performance Analysis of Deep Neural Networks Using Computer Vision / V. Yadav [et al.] // EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems. — 2021. — DOI: 10.4108/EAI.13-10-2021.171318.

ALGORITHM FOR VISUAL POSITION CONTROL OF MICROELECTRONIC COMPONENTS

Danilin K. D., Semenishchev E. A.
Scientific adviser: Semenishchev E. A.
Moscow State Technical University “STANKIN”, Russia

Abstract — In the paper, a description of the software implementation for a machine vision algorithm used in the "UMKA" automated assembly system developed by Sovtest-ATE LLC is described. The algorithm ensures the detection of angular deviation with an accuracy of 0.1° and runs at a speed of up to 60 frames per second.

УСТРОЙСТВО ОТБОРА И АНАЛИЗА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

Франчук А. С., Свиридов Р. А., Орлова Д. А., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: alex2134af@gmail.com

Аннотация — Разработано специализированное устройство для определения ключевых характеристик водной среды, которое предполагается интегрировать в гексакоптер для проведения удалённого мониторинга.

1. Введение

Целью работы является создание инструментария для анализа характеристик воды, который будет интегрирован в гексакоптер и позволит измерять такие параметры воды, как окислительно-восстановительный потенциал, *pH*, температуру, солёность и мутность. Разрабатываемое устройство должно обеспечивать составление отчётов о состоянии водной поверхности и их последующую передачу по беспроводному каналу связи [1, 2].

2. Основная часть

В ходе исследования различных методик и инструментов для определения характеристик водной поверхности, проведенного в первой части настоящего исследования, были выбраны следующие методы:

— метод потенциометрии для измерения окислительно-восстановительных свойств и *pH*-параметров;

— кондуктивный метод определения солености;

— метод турбидиметрии для определения мутности;

— метод измерения температуры при помощи термисторов.

Главным звеном устройства является микроконтроллерный модуль, который отвечает за приём, обработку и передачу данных о параметрах воды. Чтобы конвертировать аналоговые сигналы, генерируемые приборами для измерения характеристик морской воды, в систему необходимо интегрировать аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Также отметим, что укрупненная структурная схема устройства должна содержать две части: измерительную и периферийную (рис. 1).

Измерительная часть включает в себя ряд средств измерений для определения конкретных характеристик измеряемого объекта.

Периферийная часть устройства содержит периферийные элементы, необходимые для контроля над аппаратом, демонстрации нынешних показаний измеренных характеристик и обмена информацией.

3. Заключение

В результате работы был разработан прибор для определения характеристик поверхности воды.

Устройство состоит из нескольких компонентов. Первый это измерительный блок, который включает в себя различные датчики для анализа качества и состава воды. Второй — периферийная часть, представленная рядом дополнительных устройств, таких как внешняя энергонезависимой *Flash*-память, устройство для отбора морской воды, устройство для синхронизации с реальным временем.

4. Список литературы

[1] Беспилотный летательный аппарат для анализа и забора воды / Д. А. Орлова, Р. А. Свиридов, А. С. Франчук, М. А. Дурманов // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций : сб. науч. тр. / под ред. И. Л. Афонина. — Москва-Севастополь : Изд-ва : РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2024. — № 7. — С. 184.

[2] Устройство для измерения параметров морской воды в прибрежной зоне / Д. С. Агеев, В. О. Полубоярцев, А. А. Еськов, М. А. Дурманов // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций : сб. науч. тр. / под ред. И. Л. Афонина. — Москва-Севастополь : Изд-ва : РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2023. — № 6. — С. 128.

WATER SAMPLING AND ANALYSIS DEVICE USING UAVS

Franchuk A. S., Sviridov R. A., Orlova D. A., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A specialized device has been designed to determine the key characteristics of the aquatic environment, which is intended to be integrated into a hexacopter for remote monitoring.

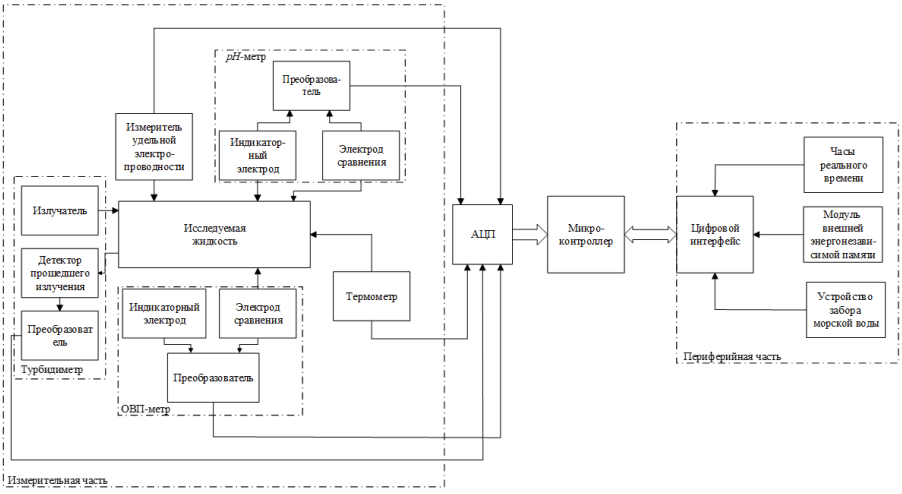


Рис. 1

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ *LOAD-PULL* ИЗМЕРЕНИЙ

Трушкина А. В., Манько А. С.
Научный руководитель: Манько А. С.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sahamanko@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены особенности реализации тюнеров импеданса, и представлен сравнительный анализ основных методик осуществления *Load-Pull* измерений.

1. Введение

Задача согласования импедансов дискретных СВЧ-транзисторов может быть решена разными способами в зависимости от назначения каскада. Для оптимизации энергетических параметров усилителя широкое распространение получила методика *Load-Pull*, которая заключается в эмпирическом подборе импедансов нагрузки и источника до достижения целевой функции [1]. Впервые метод был представлен в 1980-х годах, и с тех пор новшества в области анализаторов цепей и измерительной волноводной техники значительно расширили классификацию способов и средств осуществления *Load-Pull* анализа.

2. Основная часть

Для контролируемой подстройки импедансов на портах испытуемого устройства (ИУ) используются тюнеры типа *slide-screw* (скользящий винт), в которых зонд перемещается вдоль и поперёк 50-омной полосковой линии вручную либо программируемым образом с помощью электродвигателей (рис. 1). Введение зонда вглубь по оси *Y* изменяет амплитуду отражённой волны (подстройка активного сопротивления), а движение вдоль оси *X* изменяет её фазу (подстройка реактивного сопротивления). Хорошо известны конструкции с двумя или более зондами для подстройки импедансов на высших гармониках.

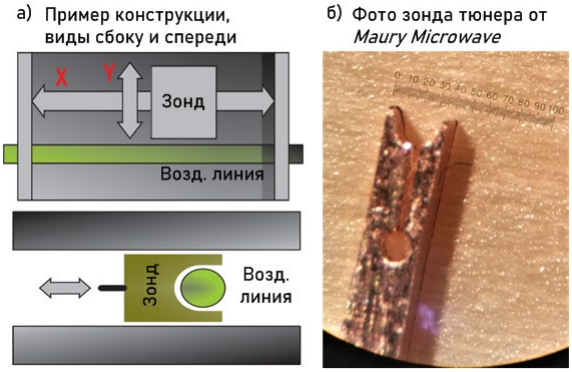


Рис. 1

Скалярные методы анализа опираются на использование измерителя мощности (ИМ), который может быть дополнен датчиком мощности (ДМ) и анализатором спектра (АС) для измерения кратных гармоник (рис. 2, а). Обязательной является предварительная характеризация тюнеров — сопоставление координат зонда значениям комплексного коэффициента отражения (ККО), что при точной калибровке может занять длительное время. Из-за конечных потерь в тюнерах и соединениях реально достижимый модуль ККО в типовом случае не превышает 0,93 на первой гармонике. По этим же причинам значения, измеренные в сечении ИМ, подлежат пересчёту в сечение ИУ путём процедуры де-эмбеддинга.

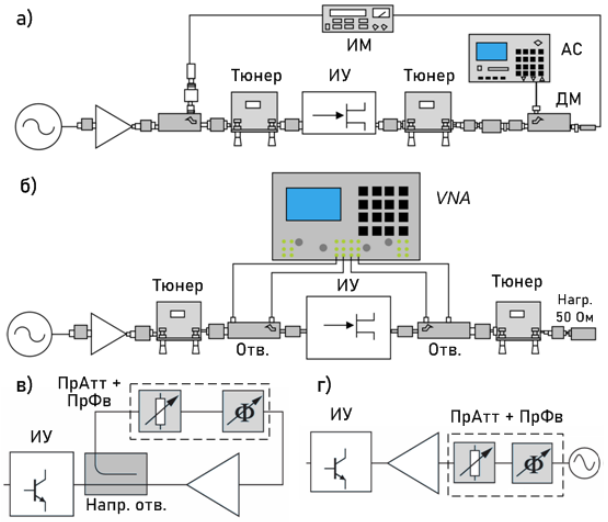


Рис. 2

Этих недостатков лишены измерения на основе векторного анализатора цепей (*VNA*), который подключается к ИУ через ответвители с малыми потерями (рис. 2, б). Такая система предусматривает калибровку в реальном времени с вычислением на каждой частоте значений падающей *a*- и отражённой *b*-волн непосредственно в сечении ИУ, что исключает один из источников систематической погрешности.

Современные активные системы *Load-Pull* вместо пассивного тюнера нагрузки могут имитировать отражённую волну, используя программируемые аттенюатор (ПрАтт) и фазовращатель (ПрФв). Она заводится либо через обратную связь (рис. 3, в), либо от того же источника сигнала (рис. 3, г), что позволяет подстраивать ККО до экстремальных значений.

3. Заключение

Современный уровень развития средств и методов калибровки позволяет обеспечить погрешность установки ККО до –50 дБ. В зависимости от доступного оборудования, существуют разные схемы измерения *Load-Pull*, на основе которых с разной степенью достоверности измерений и временных затрат возможна оптимизация параметров усилителей.

4. Список литературы

[1] Кириленко, Е. Руководство для начинающих по измерениям с переменной нагрузкой / Е. Кириленко // Компоненты и технологии. — 2015. — № 7. — С. 125—128.

THE ANALYTICAL REVIEW OF METHODS AND MEANS FOR LOAD-PULL MEASUREMENTS

Trushkina A. V., Manko A. S.
Scientific adviser: Manko A. S.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The features of impedance tuners design are shown, and a comparative analysis of common methods for Load-Pull measurements is carried out.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА БАЗЕ ЛАЗЕРНОГО СТАНКА СОБСТВЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Янченко А. М., Акопян А. С., Васильев А. В., Тыщук Ю. Н.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: alex4ndrvasilyev@mail.ru

Аннотация — В рамках работы проводятся экспериментальные исследования технологического процесса изготовления печатных плат при помощи лазерного станка собственного изготовления с числовым программным управлением. Продемонстрированы возможности и недостатки, связанные с конструктивной частью станка.

1. Введение

Современные темпы развития электроники диктуют необходимость сокращения сроков проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Ключевым этапом данного процесса является оперативное прототипирование и производство печатных плат (ПП) малых серий для проверки расчетных характеристик, проведения испытаний и отладки устройств. На малых предприятиях и в исследовательских подразделениях данная задача часто встает особенно остро в связи с ограниченными производственными мощностями и бюджетом.

Перспективной для решения данной задачи является комбинированная технология, включающая лазерное удаление маскирующего покрытия с последующим химическим травлением. Целью работы является исследование технологических возможностей самодельного лазерного станка с ЧПУ для производства своих собственных печатных плат в короткие сроки и с минимальными экономическими затратами. Подобный подход необходим, в частности, для изготовления печатных антенн [1].

2. Основная часть

Для объективной оценки технологических возможностей и ограничений самодельного лазерного станка с ЧПУ был разработан специализированный тестовый шаблон, содержащий комплекс элементов для всестороннего анализа качества обработки. Шаблон включает: элементы для определения минимальной достижимой ширины токопроводящих дорожек и зазоров между ними, набор простых геометрических форм различного масштаба (круг, квадрат). Технологический процесс изготовления печатных плат начинался с подготовки заготовки из стеклотекстолита с медным покрытием толщиной 35 мкм. Поверхность тщательно шлифовалась мелкозернистым абразивным кругом для удаления окисных пленок и загрязнений, что обеспечивало повышенную адгезию для последующего нанесения маскирующего слоя. В качестве маски использовалась черная матовая краска, равномерно наносимая на подготовленную медную поверхность. После полного высыхания краски заготовка устанавливалась на рабочую площадку станка. Цифровой шаблон печатной платы преобразовывался в управляющую программу (*G*-код) для исполнительных механизмов станка. В процессе лазерного гравирования головка станка точно перемещалась по заданным траекториям, термически удаляя краску на участках, подлежащих травлению, и обнажая медную поверхность.

После завершения гравирования заготовка подвергалась постобработке: механическому удалению продуктов горения краски (нагара) при помощи спиртового раствора. Это обеспечивало чистоту контуров будущих проводников и предотвращало загрязнение травильного раствора. Вид образца будущей печатной платы показан на рис. 1, а. Для химического удаления меди с незащищенных участков был разработан специальный раствор на основе пероксида водорода (100 мл 3 % H_2O_2), лимонной кислоты (30 г $C_6H_8O_7$) и хлорида натрия (5 г $NaCl$). Выбор данного состава обусловлен его низкой токсичностью по сравнению с традиционным хлорным железом, а также щадящим воздействием на маскирующий слой краски. Процесс травления проводился при температуре 21±3°C с постоянным перемешиванием до полного удаления меди с открытых участков. Результат экспериментальных исследований технологического процесса показан на рис. 1, б.

а) б)

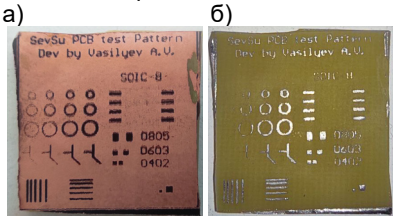


Рис. 1

3. Заключение

Разработанная комбинированная технология лазерного удаления маскирующего слоя с последующим травлением в растворе перекиси водорода и лимонной кислоты показала удовлетворительные результаты для прототипирования устройств малой и средней сложности. Основным ограничением метода является трудность воспроизведения проводников шириной менее 0,3 мм из-за конструктивных особенностей самодельного оборудования. Метод представляет практическую ценность для учебных лабораторий и малых предприятий благодаря низкой стоимости и доступности.

4. Список Литературы

[1] Калюжный, Л. И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л. И. Калюжный, А.А. Савочкин, В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

EXPERIMENTAL STUDIES OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING CIRCUIT BOARDS BASED ON A SELF-MADE LASER MACHINE

Yanchenko A. M., Akopyan A. S., Tyschuk Yu. N.
Vasiliev A. V.
Scientific adviser: Tyschuk Yu. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — As part of the work, experimental studies of the technological process of manufacturing printed circuit boards using a self-made CNC laser machine are carried out. The possibilities and disadvantages related to the constructive part of the machine are demonstrated.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Янченко А. М., Васильев А. В., Корниенко В. А., Тыщук Ю. Н.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: alex4ndrvasilyev@mail.ru

Аннотация — Проведен комплексный анализ технологий изготовления печатных плат. Исследованы пять методов: лазерно-химический, прямая фрезеровка, фоторезистный, струйная печать маски и термоперенос тонера. Для каждого метода оценены ключевые параметры: минимальная ширина проводника, стоимость оборудования, трудоемкость процесса и экологичность.

1. Введение

Разработка электронных устройств требует применения различных технологий изготовления печатных плат (ПП), каждая из которых обладает уникальными характеристиками точности, стоимости и трудоемкости [1]. Выбор оптимального метода производства зависит от конкретных требований к изделию, доступного бюджета и условий производства. Особую актуальность данный вопрос приобретает для учебных лабораторий и малых предприятий с ограниченными ресурсами. Целью работы является системный анализ существующих технологий и выработка рекомендаций по их применению в различных условиях.

2. Основная часть

Проведен анализ пяти наиболее распространенных технологий изготовления печатных плат. Каждая технология обладает уникальными технико-экономическими характеристиками, определяющими ее область применения.

Лазерно-химический метод. Комбинированная технология, включающая лазерное удаление маскирующего покрытия с последующим химическим травлением. Преимущества: средняя точность (150—200 мкм), низкая стоимость оборудования, высокая воспроизводимость результатов. Недостатки: средняя трудоемкость процесса, необходимость использования химических реагентов. Экологичность оценивается как средняя.

Прямая механическая фрезеровка. Технология механического удаления меди концевыми фрезами. Преимущества: высокая экологичность (отсутствие химических процессов), низкая трудоемкость, чистота производства. Недостатки: высокая стоимость оборудования, ограниченная точность (100—500 мкм), повышенный износ инструмента. Воспроизводимость результатов — средняя.

Фоторезистная технология. Традиционный метод фотолитографии с химическим травлением. Преимущества: высокая точность (50—100 мкм), отличная воспроизводимость, стабильность результатов. Недостатки: высокая трудоемкость процесса, необходимость работы с агрессивными химическими реагентами, низкая экологичность. Стоимость оборудования — средняя.

Струйная печать маскирующего слоя. Нанесение защитного рисунка специализированными УФ-отверждаемыми чернилами. Преимущества: высокая точность (50—100 мкм); низкая трудоемкость; отличная воспроизводимость. Недостатки: высокая стоимость оборудования; средняя экологичность.

Метод термопереноса тонера. Перенос тонера с бумажного носителя на медную поверхность. Преимущества: низкая стоимость оборудования, простота реализации. Недостатки: ограниченная точность (150—250 мкм), высокая трудоемкость, низкая воспроизводимость результатов. Экологичность — средняя.

Каждая из рассмотренных технологий демонстрирует уникальное сочетание технических и экономических характеристик, что позволяет выбирать оптимальный метод в зависимости от конкретных требований производства.

На основе проведенного анализа разработаны следующие рекомендации:

— для высокоточных серийных изделий: фоторезистная технология;

— для быстрого прототипирования: струйная печать маски;

— для малосерийного производства: лазерно-химический метод;

— для учебных и опытных работ: метод термопереноса;

— для изделий сложной формы: прямая фрезеровка.

Примером использования такой технологии — процесс изготовления антенны [2].

3. Заключение

Проведенный анализ демонстрирует широкий спектр технологий изготовления печатных плат, каждая из которых имеет свои преимущества и *limitations*. Выбор оптимального метода должен основываться на конкретных требованиях к точности, доступному бюджету и условиям производства. Для большинства учебных и малых производственных задач оптимальным решением является лазерно-химический метод, сочетающий приемлемую точность с низкой стоимостью и простотой реализации.

4. Список Литературы

[1] Печатные платы : справ. / под ред. К. Ф. Кумбза в 2-х книгах. — М. : ТЕХНОСФЕРА, 2018 — 1016 с.

[2] Калюжный, Л. И. Планарная трехдиапазонная антенна морского аварийного радиобуя / Л. И. Калюжный, А.А. Савочкин, В. В. Головин, Ю. Н. Тыщук // Журнал радиоэлектроники. 2025. — № 1. — 16 с. — DOI: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2025.1.10

COMPARATIVE ANALYSIS OF MANUFACTURING TECHNOLOGIES PRINTED CIRCUIT BOARDS

Yanchenko A. M., Vasiliev A. V., Kornienko V. A., Tyschuk Yu. N.
Scientific adviser: Tyschuk Yu. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A comprehensive analysis of PCB manufacturing technologies has been carried out. Five methods have been studied: laser-chemical, direct milling, photoresistive, inkjet mask printing and thermal transfer of toner. Key parameters are evaluated for each method: minimum conductor width, cost of equipment, labor intensity of the process, and environmental friendliness.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА В УСЛОВИЯХ ТЕРМОУДАРА

Корячко М. В., Кузнецов Е. С., Скворцов П. А., Худаяров З. Ф.
Московский политехнический университет, Россия
Институт машиноведения РАН им. А. А. Благонравова, Россия
E-mail: m.v.koryachko@gmail.com

Аннотация — Проведено экспериментальное исследование разрушения межсоединений структуры Al-Si при прохождении прямоугольного импульса тока амплитудой I=1,2 А и длительностью τ=2,5 мс. Моделирование напряженно-деформированного состояния поверхности кремниевой подложки подтвердило возникновение термоупругих напряжений в структуре «плёнка-подложка». Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-79-10123).

1. Введение

Современные электронные компоненты ультракомпактны, что ведёт к увеличению плотности теплового потока (до 104 Вт/см2 в СБИС) и быстрому перегреву. Тепловые нагрузки вызывают механические напряжения в полупроводниках, сокращая их срок службы. Так, 55 % отказов электроники связаны с перегревом. Поэтому исследование тепловых режимов и моделирование напряженно-деформированного состояния элементов критически важно для повышения их надежности.

2. Основная часть

Исследовались структуры Al-Si на кремниевых подложках n-типа толщиной 400 μm. Алюминиевая пленка (3 μm) наносилась методом электровакуумного напыления. Температурные изменения ΔT(t) в дорожке металлизации (ширина 5 μm) рассчитывались по осциллограммам падения напряжения U(t) при пропускании токовых импульсов (амплитуда до 1,2 А, длительность до 2,5 мс) с использованием уравнения:

$$\Delta T(t) = T(t) - T_0 = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{U(t)}{IR_0} - 1\right)$$

где R_0 — сопротивление при 290 K; α=0,0043 K^{-1} — ТКС алюминия.

Анализ проводился для оценки тепловых режимов на границе раздела фаз.

Экспериментально выявлено, что при пропускании импульса тока происходит нарушение целостности межсоединений (рис. 1).

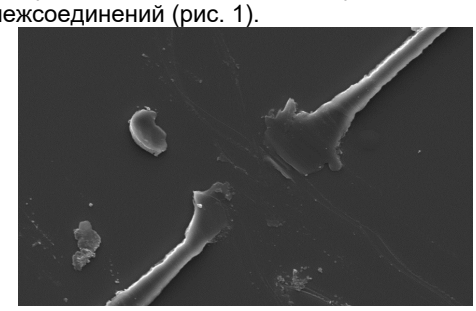


Рис. 1

Численное моделирование, проведённое в *Ansys*, показало, что при $j>4\cdot10^{10}$ А/м^2 температура на границе *Al-Si* превышает 600°*C* (рис. 2), активируя механизм контактного плавления (577°*C*). Это приводит к значительным термическим напряжениям на поверхности и в объеме полупроводника. В алюминиевой пленке напряжения достигают σ=35 MPa, а в кремниевой подложке — свыше 60 MPa (рис. 2).

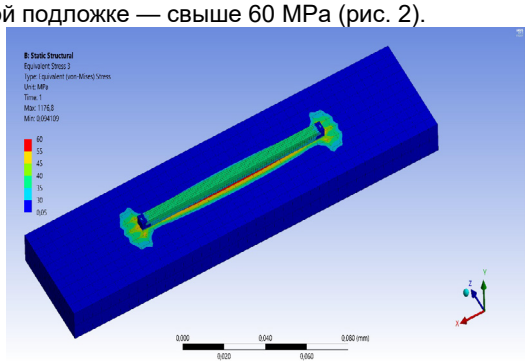


Рис. 2

Такие нагрузки вызывают микропластические деформации и способствуют локальному формированию дефектной структуры (дислокации, вакансии), что снижает электрическую прочность и ведет к отказу устройства.

3. Заключение

Экспериментально установлено, что импульс тока (I=1,2 А, τ_{max}=2,5 мс) приводит к оплавлению металлической пленки и контактному плавлению в системе *Al-Si*. Моделирование в *Ansys* показало, что нагрев пленки до 660°C создает на поверхности полупроводника в структуре *Al-Si* механические напряжения более 60 MPa. Это приводит к локальным микропластическим деформациям и образованию дефектов в приповерхностном слое. Сочетание эксперимента и численного моделирования позволяет контролировать температурное распределение и напряжения для прогнозирования надежности полупроводниковых элементов.

MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF SEMICONDUCTOR SURFACE INTERCONNECTS UNDER THERMAL SHOCK CONDITIONS

Koryachko M. V., Kuznetsov E. S., Skvortsov P. A., Khudayarov Z. F.
Moscow Polytechnic University, Russia
Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN), Russia

Abstract — An experimental study of the failure of Al-Si structure interconnects under a rectangular current pulse (I=1.2 A, τ=2.5 ms) was conducted. Simulation of the stress-strain state of the silicon substrate surface confirmed the emergence of thermoelastic stresses in the "film-substrate" structure. The work was supported by the Russian Science Foundation (Project No. 25-79-10123).

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЛАЗЕРНЫХ ВИБРОМЕТРОВ

Любарец А. И., Манько А. С.
Научный руководитель: Манько А. С.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: svordar@yandex.ru

Аннотация — В статье рассматривается устройство виброметров на основе интерферометра Майкельсона, а также различные методы спектрального анализа. Лазерные виброметры обеспечивают бесконтактное измерение вибраций с высокой точностью, находя применение в различных сферах.

1. Введение

Лазерные виброметры — это высокоточные бесконтактные приборы для измерения вибраций объектов. Их способность фиксировать перемещения на нанометровом уровне без воздействия на объект основана на оптических методах.

В статье рассматривается устройство лазерных виброметров, особенности их работы, а также методы анализа данных.

2. Основная часть

Лазерный виброметр представляет собой оптико-электронную систему, использующую лазерное излучение для регистрации колебаний поверхности объекта. Рассмотрим ключевые аспекты устройства и его функционирования (рис. 1).

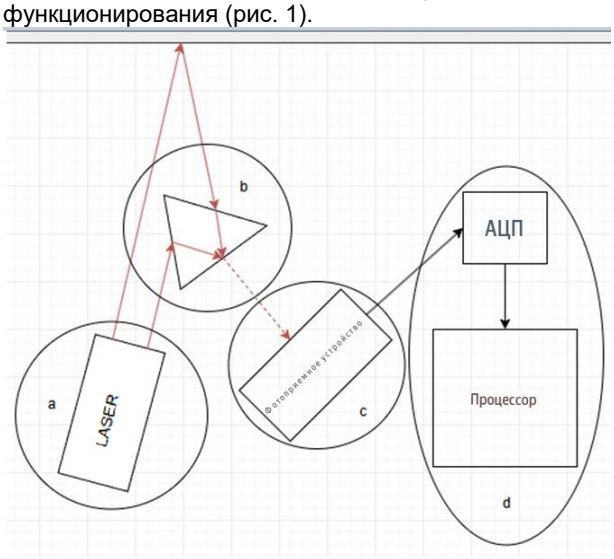


Рис. 1

На рис.1 введены обозначения:

a) источник когерентного излучения;

b) оптическая система с интерферометром;

c) фотодетектор для регистрации интерференционного сигнала;

d) блок обработки данных для анализа вибрационных характеристик.

Основной принцип заключается в разделении лазерного луча в интерферометре на опорный и измерительный пучки. Опорный пучок направляется на неподвижное зеркало, а измерительный — на вибрирующую поверхность. После отражения пучки рекомбинируются, формируя интерференционную картину, которая фиксируется фотодетектором. Вибрации объекта изменяют длину пути измерительного пучка, вызывая фазовый сдвиг сигнала [1]. Этот сдвиг, известный как доплеровский, пропорционален скорости колебаний и выражается формулой

$$f_D = \frac{2V}{\lambda},$$

где V — скорость вибрации; λ — длина волны лазера.

Для спектрального анализа полученной информации может быть использован метод быстрого преобразования Фурье (БПФ). Этот метод преобразует временной сигнал $x(t)$ в частотную область $X(f)$, позволяя определить частотные компоненты вибраций, их амплитуды и фазы.

$$\mathrm{X(k)} = \sum \mathrm{x(n)} \cdot e^{-\frac{i\pi \mathrm{kn}}{\mathrm{N}}},$$

где $x(n)$ — отсчёты сигнала; N — число отсчётов; k — индекс частоты.

БПФ эффективен для стационарных сигналов и выявляет резонансные частоты, но менее точен для нестационарных процессов. Для них применяется анализ методом вейвлет-преобразования. В отличие от БПФ, вейвлет-преобразование анализирует сигнал одновременно во временной и частотной областях [2]

$$\mathrm{W(s,\tau)} = \int (\mathrm{x}(t) \cdot \psi\left(\frac{\mathrm{t}-\tau}{\mathrm{s}}\right) \mathrm{dt})^*,$$

где ψ(t) — вейвлет-функция; s — масштаб; τ — временной сдвиг.

Это делает данный измеритель идеальным для нестационарных вибраций, позволяя выявить временные изменения частотного состава, недоступные при использовании БПФ.

3. Заключение

Лазерные виброметры с использованием методов, таких как быстрое преобразование Фурье и Вейвлет-преобразование, обеспечивают точное бесконтактное измерение вибраций. Их применение позволяет диагностировать нестационарные процессы в механизмах, что делает их незаменимыми в различных областях инженерии.

4. Список литературы

[1] Laser Doppler Vibrometry: Principles and Applications [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.optomet.com/laser-vibrometry.

[2] Smith, J. Wavelet Transform in Vibration Analysis : A Review / J. Smith, A. Brown // Journal of Sound and Vibration. — 2023. — Vol 550. — P. 117—130.

DESIGN OF COMPACT TRIBAND PRINTED ANTENNA

Lyubarets A. I., Manko A. S.
Scientific adviser: Manko A. S.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the device of vibrometers based on the Michelson interferometer is examined, as well as various methods of spectral analysis. Laser vibrometers provide non-contact vibration measurement with high accuracy, finding applications in various fields.

ООО «Марлин-Юг»

299053, Российская Федерация,
г. Севастополь,
ул. Вакуленчука,
д. 33Г, к. 404
E-mail: marlin@marlin-yug.com

Компания «Марлин-Юг» — это научно-производственное предприятие, основанное в 1990 году. Приоритетной областью деятельности компании является разработка уникального научно-технического оборудования, предназначенного для экологического и научного мониторинга морской среды.

Секция 6

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОВАРНЫХ ОПИСАНИЙ НА МАРКЕТПЛЕЙСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Нуансенгси Д. В., Пискун Г. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Пискун Г. А.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: diana.nuansengsi@mail.ru

Аннотация — В работе предложена модель бинарной классификации на основе ансамбля *LightGBM*/*XGBoost* для прогнозирования эффективности товарных описаний маркетплейсов. На репрезентативной выборке 5000 товаров маркетплейса идентифицированы ключевые предикторы: оптимизированная длина текста (50—100 символов), плотность ключевых слов (≥3 в первых 50 символах), позитивная эмоциональная тональность (анализ *BERT*) и структурные элементы (маркированные списки). Валидация модели с 5-кратной кросс-валидацией показала высокую прогностическую способность: *F*1-*score* 0,85 (95% доверительный интервал: 0,83—0,87), *AUC-ROC* 0,92, точность 0,89. *SHAP*-анализ подтвердил значимость выявленных нелинейных зависимостей между лингвистическими характеристиками и метриками эффективности.

1. Введение

Неэффективные товарные описания обуславливают до 20% потерь конверсии в электронной коммерции. Такие методы оценки, как *A*/*B*-тестирование, требуют публикации контента, приводя к неоправданным затратам трафика. В работе предложена предиктивная модель, прогнозирующая успех описаний до публикации на основе комплексного анализа: метрик эффективности (*CTR*, конверсия), лингвистических характеристик (длина, тональность, структура) и контекстных факторов (категория товара, ценовой сегмент).

2. Основная часть

В исследовании была проведена комплексная оценка эффективности товарных описаний на маркетплейсах с использованием современных *ML* методов. Для анализа выбрана репрезентативная выборка из 5000 товарных карточек, содержащих текстовые описания, а также данные о поведении пользователей — (*Click Through Rate*), конверсия, показатель отказов и время на странице. Для каждой карточки извлечены следующие признаки трёх категорий.

Лингвистические признаки включали длину текста; индекс удобочитаемости Флеша-Кинкейда; тональность, определённую с помощью модели *BERT*; плотность ключевых слов. Структурные признаки учитывали наличие маркированных списков и подзаголовков. Контекстные признаки охватывали категорию товара, медианный *CTR* категории и ценовой сегмент. Перед обучением модели данные прошли предварительную обработку: токенизацию, лемматизацию, анализ настроений и извлечение ключевых слов.

Для прогнозирования успешности описаний реализован ансамблевый подход на основе моделей *LightGBM* и *XGBoost* с бинарной классификацией («успех/провал»). Оптимизация гиперпараметров проводилась методом *GridSearch* с 5-кратной кросс-валидацией, что обеспечило устойчивость и высокую обобщающую способность модели.

Результаты валидации модели приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Метрика	Значение	95% ДИ
*F*1-*score*	0,85	*[*0,83; 0,87*]*
AUC-ROC	0,92	*[*0,90; 0,94*]*
Точность	0,89	*[*0,87; 0,91*]*
Recall (класс 0)	0,89	*[*0,86; 0,92*]*

Доверительный интервал (ДИ) — это диапазон значений, в котором с заданной вероятностью (например, 95%) находится истинное значение исследуемого параметра.

SHAP-анализ выявил значимые нелинейные зависимости: описания длиной 50—100 символов с тремя и более ключевыми словами в первых 50 символах повышают *CTR* на 20% (p<0,001), эмоционально-позитивные формулировки увеличивают конверсию на 15% (p=0,003), а наличие структурированных списков в категориях «Электроника» и «Бытовая техника» дает прирост конверсии на 12% (p=0,007). Важным результатом является устойчивость модели к значительному дисбалансу классов (соотношение позитивных/негативных случаев 1:3), что подтверждается высоким значением метрики *Recall*, равным 0,89, для негативного класса.

3. Заключение

Разработанная модель позволяет эффективно прогнозировать успешность товарных описаний до их публикации, что минимизирует риски неэффективных карточек товаров и снижает затраты на создание и тестирование контента. Высокая точность и устойчивость модели к дисбалансу классов делают её ценным инструментом для автоматизации и оптимизации маркетинговых процессов на маркетплейсах.

PREDICTING THE EFFECTIVENESS OF PRODUCT DESCRIPTIONS ON MARKETPLACES USING MACHINE LEARNING METHODS

Nuansengsy D. V., Piskun G. A.
Scientific adviser: Piskun G. A.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Abstract — In the study, a binary classification model based on a LightGBM/XGBoost ensemble is proposed to predict the effectiveness of marketplace product descriptions. Using a sample of 5,000 products, key predictors were identified: text length, keyword density, positive sentiment, and structural elements. The model demonstrated high performance (F1-score 0.85, AUC-ROC 0.92, accuracy 0.89; 95% confidence intervals provided.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОПИСАНИЙ ТОВАРОВ НА ПЛАТФОРМАХ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Нуансенгси Д. В., Пискун Г. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Пискун Г. А.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: diana.nuansengsi@mail.ru

Аннотация — В работе представлено сравнение *open-source* моделей для генерации описаний товаров на *Wildberries* и *Ozon*. *LLaMA* 3-8*B* показала высшее качество, *Mistral* 7*B* — лучший баланс скорости и качества. Результаты подтверждены интеграцией с *API* и *A*/*B*-тестированием.

1. Введение

Эффективные товарные описания критически важны для электронной коммерции, так как компенсируют отсутствие физического взаимодействия с товаром и напрямую влияют на решения о покупке. В условиях высокой конкуренции оптимизация контента позволяет повысить доверие покупателей и увеличить конверсию. Для автоматизации и повышения качества описаний применяются методы машинного обучения и обработки естественного языка.

2. Основная часть

Для исследования были выбраны три модели: *Mistral* 7*B v*0.2 (7 млрд параметров), *LLaMA* 3-8*B* (8 млрд параметров) и *ruGPT*-3.5-13*B* (13 млрд параметров) [1—3]. Датасет включал 15 742 описания товаров с российских маркетплейсов (18 категорий, январь—июнь 2024 г.).

Методология оценки включала:

— лингвистические метрики: *BLEU*-4, *ROUGE-L*;

— производительность: время генерации 1000 описаний;

— *SEO*-соответствие: плотность ключевых слов (*TF-IDF*);

— стилевое соответствие: экспертная оценка по пятибалльной шкале.

Лингвистически метрик, времени генерации и значение приведены в таблице 1, а показатели *VRAM*, *SEO*-соответствия и стилевой оценки — в таблице 2.

Таблица 1

Модель	*BLEU*-4	*ROUGE-L*	Время, с
Mistral 7*B*	0,68	0,71	12,3
LLaMA 3-8*B*	0,72	0,76	18,1
ruGPT-3.5	0,61	0,67	9,8

Таблица 2

Модель	*VRAM* (*GB*)	*SEO*-соотв.	Стиль (экс./5)
Mistral 7*B*	18,2	4,5	4,1
LLaMA 3-8*B*	22,7	4,8	4,6
ruGPT-3.5	15,4	3,9	3,8

Пояснение к *VRAM*: *VRAM* (*Video RAM*) — это объем памяти видеокарты, необходимый для работы языковых моделей. Она используется для хранения весов нейросети, промежуточных данных и истории токенов (*KV Cache*) при генерации текста. Чем больше модель и длина обрабатываемого текста, тем больше требуется *VRAM*. Например, *LLaMA* 3-8*B* содержит 8 млрд параметров, и только для хранения весов в формате *FP*16 требуется около 16 ГБ *VRAM*. Дополнительная память расходуется на обработку длинных запросов и хранение истории токенов, что объясняет итоговое значение 22.7 ГБ. Это важно учитывать при выборе оборудования для внедрения *LLM*: для стабильной работы *LLaMA* 3-8*B* рекомендуется *GPU* с 24 ГБ *VRAM* или больше.

LLaMA 3-8*B* показала наивысшее качество генерации (*BLEU*-4: 0,72), что подтверждает эффективность архитектуры модели для задач генерации контента. Преимущество в 5.8% по *BLEU*-4 является практически значимым для *e-commerce* приложений. *Mistral* 7*B* демонстрирует оптимальное соотношение качества и производительности — быстродействие модели на 32% выше при минимальном снижении качества.

Соответствие требованиям платформ показало, что для *Wildberries LLaMA* 3-8*B* обеспечивает 92% соответствие длине описаний, для *Ozon* — 97% описаний соответствуют требованиям полноты.

3. Заключение

Таким образом, *open-source* языковые модели эффективны для автоматизации описаний товаров. *LLaMA* 3-8*B* обеспечивает лучшее качество (+5,8%), *Mistral* 7*B* — скорость и баланс. Внедрение снижает затраты до 70% и повышает конверсию на 7,3%.

4. Список литературы

[1] Mistral AI. Mistral 7B Documentation [Электронный ресурс] / Mistral AI Team. — Paris : Mistral AI, 2024. — Режим доступа: https://mistral.ai (дата обращения: 10.06.2025).

[2] Meta. LLaMA 3 Documentation [Электронный ресурс] / Meta AI Research. — Menlo Park: Meta, 2024. — Режим доступа: https://ai.meta.com (дата обращения: 10.06.2025).

[3] Сбер. ruGPT-3.5 Documentation [Электронный ресурс] / SberDevices. — М. : Сбербанк, 2024. — Режим доступа: https://sberdevices.ru (дата обращения: 10.06.2025).

COMPARISON OF LARGE LANGUAGE MODELS EFFICIENCY FOR AUTOMATIC PRODUCT DESCRIPTION GENERATION ON E-COMMERCE PLATFORMS

Nuansengsy D. V., Piskun G. A.
Scientific adviser: Piskun G. A.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic Belarus

Abstract — Open-source models for generating product descriptions on Wildberries and Ozon have been compared. LLaMA 3-8B demonstrated the highest quality, while Mistral 7B showed the best balance between speed and quality. The results have been confirmed through API integration and A/B testing.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С ПОМОЩЬЮ ПРОТОКОЛА *GOOSE*

Шундрин М. И., Дидус В. Т.
Научный руководитель: Тыщук Ю.Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: maksimshundrin@inbox.ru

Аннотация — В статье исследуется разработка системы автоматического управления энергетическими объектами на основе протокола *Generic Object Oriented Substation Event* (*GOOSE*) стандарта МЭК 61850. Рассматриваются ключевые принципы работы протокола, обеспечивающего высокоскоростной обмен данными между устройствами релейной защиты и автоматики (РЗА) с гарантированным временем доставки менее 4 мс.

1. Введение

Современные энергосистемы требуют высокоскоростного и надежного управления оборудованием для обеспечения стабильности и безопасности. Одним из ключевых решений в этой области является использование протокола *GOOSE* в рамках стандарта МЭК 61850. Этот протокол обеспечивает мгновенную передачу критических сигналов между устройствами релейной защиты и автоматики, что позволяет реализовать системы автоматического управления энергообъектами с минимальными задержками.

2. Основная часть

GOOSE — это протокол реального времени, используемый в стандарте МЭК 61850 для обмена данными между интеллектуальными электронными устройствами в энергосистемах. К ключевым особенностям протокола относят работу на 2-ом уровне модели *OSI*, отсутствие *TCP*/*IP*-стека, гарантированное время доставки менее 4 мс, механизм повторной отправки.

Протокол *GOOSE* работает следующим образом: передатчик (*publisher*) генерирует *GOOSE*-сообщения, приемники (*subscribers*) принимают и обрабатывают эти сообщения.

К компонентам системы относят интеллектуальные электронные устройства (релейная защита, контроллеры автоматики, устройства синхронизации), коммутаторы с поддержкой *QoS* (приоретизация *GOOSE*-трафика), централизованный сервер управления.

Важной особенностью *GOOSE* является механизм повторной передачи сообщений с постоянно увеличивающимися интервалами по строго определенному алгоритму. При изменении одного из полей набора данных в *GOOSE*-сообщении передатчик автоматически повторяет сообщение несколько раз с нарастающими паузами между отправками (например, 2, 2, 2, 2, 4, 8, 10 миллисекунд, где время задержки между отправками определяется как: $T1$, $T1$, $T1$, $T1$, $T2$, $T3$, $T0$, где $T0$ = 10 мс, $T1$ = 2 мс, $T2$ = $T1$ * 2, $T3$ = $T1$ * 4), что обеспечивает гарантированную доставку даже в условиях временных сбоев в сети. Этот подход сочетает преимущества оперативности (первые сообщения доставляются мгновенно) и надежности (последующие повторения страхуют от возможных потерь).

Для обеспечения корректной работы системы критически важное значение имеет правильная настройка сетевой инфраструктуры. Коммутаторы должны быть настроены на приоритезацию *GOOSE*-трафика через механизмы *QoS*, назначая ему высший класс обслуживания (обычно *Class of Service* 6 или 7). Кроме того, необходимо обеспечить соответствующую сегментацию сети с помощью *VLAN* для изоляции критического трафика от другого сетевого обмена, что минимизирует задержки и повышает скорость доставки сообщений.

Протокол *GOOSE* применяется при различных ситуациях, например, при автоматическом отключении при коротком замыкании. При коротком замыкании реле защиты отправляет *GOOSE*-сообщение, выключатель получает команду и отключает аварийный участок.

Также при потере питания *GOOSE*-сигнал активирует резервный ввод. Время переключения сокращается до десятков миллисекунд. *GOOSE* позволяет координировать работу распределенных энергоресурсов (возобновляемые источники энергии, накопители).

Из требований к оборудованию выделяют поддержку МЭК 61850-8-1 в интеллектуальных электронных устройствах, необходимость применения промышленных коммутаторов с *QoS*, синхронизацию времени (*PTP* для точной временной привязки).

К преимуществам *GOOSE*-систем относят скорость, гибкость, надежность, совместимость (стандарт МЭК 61850-8-1 поддерживается всеми ведущими производителями).

3. Заключение

GOOSE — это ключевая технология для автоматизации энергообъектов, обеспечивающая быстрое и надежное управление. Внедрение систем на базе этого протокола позволяет уменьшить время реакции на аварии, снизить затраты на кабельную инфраструктуру, повысить отказоустойчивость сетей.

DESIGN OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ENERGY FACILITIES USING THE GOOSE PROTOCOL

Shundrin M. I., Didus V. T.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the development of an automatic control system for energy facilities based on the GOOSE protocol of the IEC 61850 standard is explored. It examines the key principles of the protocol, which provides high-speed data exchange between relay protection and automation devices with a guaranteed delivery time of less than 4 ms.

QEMU В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ: АКАДЕМИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Цапик Д. К., Литвин М. А.
Научный руководитель: Цапик Д. К.
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия
E-mail: mary_litvin00@mail.ru, tsapikdk@cfuv.ru

Аннотация — Работа демонстрирует опыт применения эмулятора *QEMU* в преподавании курсов программирования с вниманием на процессы отладки и анализа поведения программ в контролируемой виртуальной среде.

1. Введение

Согласно исследованию [1] около 60% студентов сталкиваются с проблемами перехода от теории к практике разработки и отладки программного обеспечения. В нашем случае основной преградой для студентов является боязнь взаимодействия со средами разработки в связи с ограниченным понимание архитектуры вычислительных систем, принципов работы операционных систем и взаимодействия программ с аппаратным обеспечением. Для преодоления указанных ограничений предлагается использовать виртуализированную среду, обеспечивающую изоляцию, гибкость настройки и возможность глубокого анализа поведения программ.

2. Основная часть

Решение вышеуказанных проблем предлагается с помощью работы в операционной системе *Debian* из образов *Plain VM* [2] на эмуляторе *QEMU*. Такой подход позволяет запускать *Debian* в виртуальной машине без установки (для расширения компетенций предлагается установка вручную с использованием утилиты *qemu-img* для подготовки виртуального образа диска).

Для автоматизации запуска виртуальной машины, например, при возникновении затруднений у студентов, был написан *BATCH*–скрипт [3] автоматически загружающий образ *Debian* с сайта [2], расширяющий его до нужных размеров и позволяющий выполнить примитивную настройку виртуального оборудования и сети (*port forwarding*).

Процесс подготовки виртуальной машины к работе может состоять из следующих шагов:

— скачивание и запуск образа *Debian Cloud* вручную или с помощью авто-скрипта [3];

— вход в операционную систему с помощью суперпользователя «*root*» (без пароля в образах *no-cloud*) с последующей установкой пароля;

— создание пользователя без привилегий (для запуска команд с правами суперпользователя рекомендуется добавить пользователя в «*/etc/sudoers*»;

— установка пакетов: «*build-essential*» (набор компиляторов исходных кодов *C*/*C++*), «*gdb*» (отладчик), «*git*» (система контроля версий) и др;

— подготовка сервиса «*sshd*» для доступа из операционной системы физической машины к ресурсам виртуальной (данная процедура необходима для реализации «общего» буфера обмена с целью оптимизации набора исходных кодов);

— разрешение доступа к портам виртуальной машины путем добавления их в брандмауэре операционной системы физической машины. В настройке *QEMU* для переадресации портов достаточно ключа вида «*-nic user, hostfwd=tcp*::2222-:22», где 2222 — порт физической машины, а 22 — виртуальной;

— организация доступа через *SSH* и *SFTP* путем использования встроенных утилит операционных систем *Windows* 10/11 (для ранних версий *Windows* рекомендуется использовать другие клиенты).

Благодаря данному подходу, отладка и анализ программ переносятся в виртуальную среду, которая благодаря изоляции от основной операционной системы позволяет безопасно тестировать любой исходный код и проводить различные эксперименты с конфигурацией. В случае фатальных ошибок возможно восстановление из резервных копий или быстрая установка чистой системы. Также немаловажно отметить то, что благодаря однообразной системе у всех участников обучения, происходит существенная оптимизация консультаций в связи с ошибками в компиляции из-за особенностей установки среды разработки и «модификаций» операционных систем.

Обучение в виртуальной машине полезно в изучении низкоуровневого программирования, работе с сетевыми приложениями и архитектурой, разработкой мобильных приложений и т.д.

3. Заключение

Использование виртуальных машин вместо «онлайн компиляторов» в обучении программированию стало мощным инструментом, который значительно повысил процент вовлечения в учебный процесс и качество подготовки студентов. Такой подход позволяет не просто изучать теорию, но и погружаться в практику: настраивать серверы, тестировать приложения, автоматизировать процессы. В результате выпускники курсов, использующие виртуальные машины демонстрируют более высокий уровень грамотности и готовности решать реальные задачи.

4. Список литературы

[1] Teaching programming in higher education: a bibliometric analysis of trends, technologies, and pedagogical approaches / M. Vinueza-Morales [et al.] // Frontiers in Education. — 2025. — No 10. — doi: 10.3389/feduc.2025.1525917.
[2] Debian Official Cloud Images [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://cloud. debian.org/images/cloud (дата обращения: 15.08.2025).
[3] A Windows CMD script to help run the Debian NoCloud Image on QEMU [Электронный ресурс] / Github. — Ржим доступ: https://github.com/dmitrytsap lk/debian-nocloud-qemu (дата обращения: 15.08.2025).

QEMU IN PROGRAMMING EDUCATION: ACADEMIC EXPERIENCE AND PROSPECTS

Tsapik D. K., Litvin M. A.
Scientific adviser: Tsapik D. K.
Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Russia

Abstract — In the work, the experience of using the QEMU emulator in teaching programming courses is demonstrated, with attention to the processes of debugging and analyzing the behavior of programs in a controlled virtual environmen.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ПЛАТФОРМЕ *ARDUINO* ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Куцак В. А., Цапик Д. К.
Научный руководитель: Цапик Д. К.
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Россия
E-mail: tsapikdk@cfuv.ru

Аннотация — Описана разработка устройства на базе *Arduino* для мониторинга сердечного ритма с использованием оптического датчика. Представлена архитектура системы, алгоритм обработки сигналов и принципы визуализации данных. Проведено сравнение нескольких сенсоров, выявлен оптимальный вариант для образовательных и прикладных целей.

1. Введение

Мониторинг сердечного ритма — важный элемент в системах персонального здоровья, спорте и телемедицине.

С развитием микроконтроллерных платформ, таких как *Arduino*, стало возможным создавать недорогие и доступные устройства для базового контроля физиологических параметров.

Одним из наиболее популярных решений является использование оптических датчиков, способных регистрировать пульсовую волну на поверхности кожи.

Целью данной работы является разработка компактного устройства на платформе *Arduino*, способного измерять частоту сердечных сокращений и передавать ее на внешние интерфейсы.

2. Основная часть

Разрабатываемое устройство на платформе *Arduino* представляет собой компактную систему мониторинга сердечного ритма, ориентированную на образовательные и прикладные задачи. В качестве аппаратной основы используется микроконтроллер *Arduino Uno*, к которому подключается один из оптических датчиков: *MAX*30100 [1], *MAX*30102 [2] или *PulseSensor* на базе фотосенсора *APDS*-9008.

Принцип работы основан на фотоплетизмографии — регистрации изменений интенсивности отражённого света от тканей, вызванных пульсовой волной.

Для этого применяются светодиоды разных спектров: зелёные (≈525 нм) обеспечивают высокую чувствительность к изменениям кровотока в поверхностных капиллярах и лучше работают при движении, что делает их оптимальными для фитнес-браслетов и носимых устройств; красные (≈660 нм) проникают глубже в ткани и позволяют измерять пульс и насыщение крови кислородом (SpO_2) с хорошей точностью; инфракрасные (≈880—940 нм) обладают ещё большей глубиной проникновения и используются для медицинских измерений, включая пульсоксиметрию, а также менее чувствительны к пигментации кожи. *MAX*30100 и *MAX*30102 имеют встроенные красные и ИК-светодиоды с фотоприёмником и цифровой обработкой сигнала, что повышает точность и снижает шум, при этом *MAX*30102 отличается улучшенными фильтрами и меньшим энергопотреблением.

PulseSensor с *APDS*-9008 использует зелёный светодиод и внешний усилитель, что упрощает конструкцию и делает её доступной для учебных проектов, но требует более тщательной фильтрации сигнала для стабильных результатов.

Полученный сигнал обрабатывается библиотеками *Arduino* (например, *PulseOximeter* или алгоритмами с цифровыми фильтрами), после чего данные о частоте сердечных сокращений (*BPM*) выводятся на *OLED*-дисплей, в *Serial Monitor* или передаются через *Bluetooth/Wi-Fi* на внешние устройства.

Питание возможно от *USB* или аккумулятора, что позволяет использовать устройство в носимом формате.

В перспективе функционал можно расширить за счёт анализа вариабельности ритма, интеграции с облачными сервисами и мобильными приложениями, а также добавления уведомлений о критических изменениях показателей.

3. Заключение

Разработанное устройство на базе *Arduino* показало, что с помощью доступных оптических датчиков — зелёных, красных и инфракрасных — можно реализовать точный и энергоэффективный мониторинг сердечного ритма. Выбор сенсора зависит от задач: *PulseSensor* с *APDS*-9008 подойдёт для учебных проектов, *MAX*30100 — для базовых прототипов, а *MAX*30102 обеспечит наилучшую точность и устойчивость к помехам.

Гибкая архитектура позволяет легко расширять функционал и интегрировать устройство в носимые и облачные системы.

4. Список литературы

[1] Ардуино MAX30100: монитор частоты сердечных сокращений [Электронный ресурс] / ArduinoPlus. — Режим доступа: https://www.arduinoplus.ru/arduino-max30100/ (дата обращения: 31.08.2025)

[2] LucN5. Guide to Using MAX30102 Heart Rate and Oxygen Sensor With Arduino [Электронный ресурс] / Instructables. — Режим доступа: https://www.instructables.com/Guide-to-Using-MAX30102-Heart-Rate-and-Oxygen-Sens/ (дата обращения: 31.08.2025)

[3] Measuring Heart Rate using Pulse Sensor and Arduino [Электронный ресурс] / Microcontrollers Lab. — Режим доступа: https://microcontrollerslab.com/pulse-sensor-arduino-tutorial/ (дата обращения: 31.08.2025)

DESIGN OF THE HEART RATE MONITORING DEVICE BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

Kutsak V. A., Tsapik D. K.
Scientific adviser: Tsapik D. K.
Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Russia

Abstract — The design of an Arduino-based device for monitoring heart rate using an optical sensor is described. The system architecture, signal processing algorithm, and data visualization principles are presented. Several sensors are compared, and the optimal option for educational and applied purposes is identified.

О МИНИМАЛЬНОЙ АНАЛОГОВОЙ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОНОВ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО И ХИНДМАРШ-РОЗЕ

Дрогайцева О. В., Гришин П. С., Мантуров А. О.
Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доц. Мантуров А. О.
Поволжский институт управления РАНХиГС, Россия
Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, Россия
E-mail: manturov1970@yandex.ru

Аннотация — Предложены аналоговые электронные схемы, имитирующие поведение численных моделей биологических нейронов ФитцХью-Нагумо и Хиндмарш-Розе, и содержащие минимальное количество активных компонентов низкой степени интеграции. Проведено их численное схемотехническое моделирование, изучено поведение в пространстве управляющих параметров.

1. Введение

Математические модели ФитцХъю-Нагумо (ФХН) и Хиндмарш-Розе (ХМР) биологического нейрона, а также их радиотехнические аналоги [1] находят широкое применение в современной нейронауке.

В докладе представлена схемотехническая реализация моделей ФХН и ХМР на минимальном количестве активных компонентов и приведены результаты численного моделирования их поведения.

2. Основная часть

Формализация на схемотехническом уровне моделей ФХН и ХМР в настоящей работе выполнена на основе соотношения

$$\frac{dQ_i}{dt} = \sum_i I_i \,, \qquad (1)$$

где заряд Q_i определяется как $Q_i=CU_i$ при условии C=1, токи I_i и напряжения U_i соответствуют правым частям и переменным дифференциальных уравнений математических моделей ФХН и ХМР соответственно. Таким образом, в уравнении (1) I_i — это источники тока, управляемые напряжением.

При построении схемотехнических аналогов ФХН и ХМР были введены такие требования и ограничения, как минимальное количество дискретных компонентов в схемной реализации, отсутствие цифровых компонентов и компонентов функциональной электроники, отсутствие активных аналоговых компонентов средней и высокой степени интеграции с существенным энергопотреблением (операционные усилители, аналоговые умножители). На рис. 1 приведена предлагаемая концепция схемотехнической реализации модели ФХН. Как можно видеть, в отличие от многих известных решений, кубическая нелинейность моделируется пассивной резистивно-диодной схемой. Для моделирования квадратичной нелинейности в модели ХМР использован аналогичный подход. Установлено, что число точек аппроксимации можно значительно уменьшить (до 2—3 точек), без существенного изменения динамики схемы в целом.

3. Заключение

Предложена концепция минимальной схемотехнической реализации моделей нейронов ФХН и ХМР с использованием дискретных компонентов. Путем численного моделирования подтверждена её работоспособность и соответствие поведения динамике исходных математических моделей.

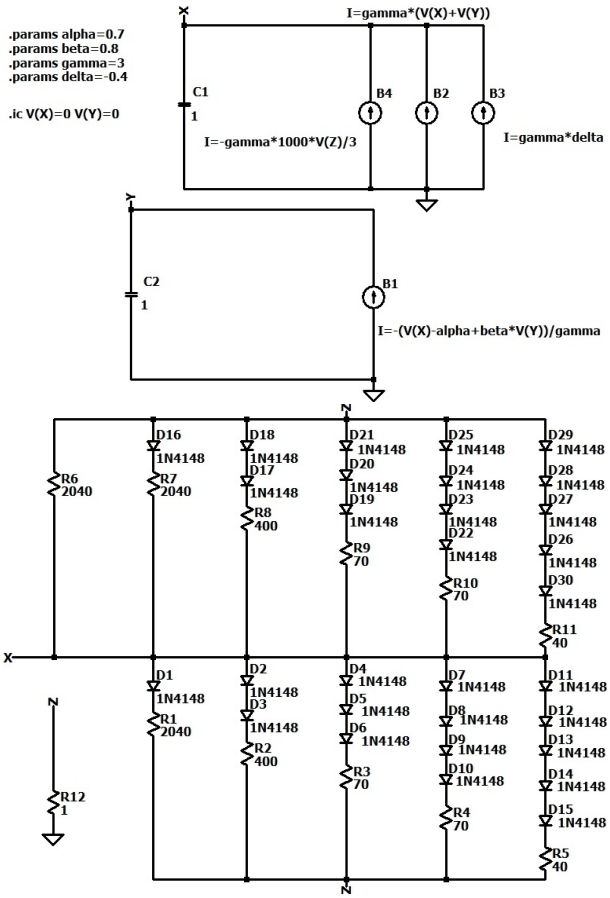


Рис. 1

4. Список литературы

[1] Кольцевой генератор нейроподобной активности с перестраиваемой частотой / Н. М. Егоров [и др.] // Известия вузов. ПНД. — 2023. — Т. 31, № 1. — С. 103—120.

ON MINIMAL ANALOG CIRCUIT IMPLEMENTATION OF FITZHUGH-NAGUMO AND HINDMARSH-ROSE NEURON MODELS

Drogaytseva O. V., Grishin P. S., Manturov A. O.
Scientific adviser: Manturov A. O.
Povolzhsky Institute of Management (RANEPA), Russia
Saratov State Technical University, Russia

Abstract — Analog electronic circuits that simulate the behavior of numerical models of biological neurons FitzHugh-Nagumo and Hindmarsh-Rose and contain a minimum number of active components with a low degree of integration has been proposed. The proposed circuits simulation is carried out, and the behavior in the space of control parameters is studied.

ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОПУЩЕННЫХ ОТСЧЁТОВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ, ПОРОЖДАЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С НЕИЗВЕСТНЫМИ МОДЕЛЯМИ

Грахольская Л. В., Дрогайцева О. В., Илларионов С. А., Мантуров А. О.
Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доц. Мантуров А. О.
Поволжский институт управления РАНХиГС, Россия
Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, Россия
E-mail: manturov1970@yandex.ru

Аннотация — Представлена методика реконструкции отсутствующих отсчётов временных рядов, сохраняющая поведение порождающей динамической системы, на основе оценок устойчивости по спектру ляпуновских характеристических показателей.

1. Введение

Добавление, или реконструкция отсчётов наблюдаемой последовательности вида $\{x_i\}$, i=0,...,N, требуется в задачах анализа временных рядов и изображений, генерации суррогатных наборов данных для машинного обучения, статистике и ряде других приложений. В докладе рассмотрен метод реконструкции отсчётов, в котором используется оценка устойчивости порождающей системы.

2. Основная часть

Пусть имеется временной ряд наблюдаемой последовательности вида $\{x_i\}$, i=0,...,N, в котором отсутствуют данные $\{x_j,\ldots,x_{j+l}\}$, где 0<j<<N, j=0,...,N. В работе [1] представлен способ оценки качества реконструкции отсутствующих отсчётов временного ряда $\{x_j,\ldots,x_{j+l}\}$, порождаемого модельной системой Рёсслера и экспериментально показано, что корректность процедуры реконструкции в смысле сохранения особенностей поведения динамической системы может быть проверена путём сопоставления численных значений ляпуновских характеристических показателей (ЛХП), рассчитываемых для исходного и реконструированного временных рядов.

В настоящей работе рассматривается алгоритм детерминированной реконструкции (рис. 1), в котором расчёт ЛХП применяется непосредственно для определения восстанавливаемого отсчёта. Как можно видеть, вначале рассчитывается наибольший ЛХП λ_{max0} по имеющемуся исходному временному ряду $\{x_i\}$. В дальнейшем, найденное значение λ_{max0} используется как опорное для выбора оптимальных значений вновь добавляемых отсчётов $\{x_j,\ldots,x_{j+l}\}$. Выбор оптимального значения восстанавливаемого отсчёта x_j в простейшем случае (как в настоящей работе) осуществлялся методом последовательного перебора c с шагом h: $x_{j\,k+1} = x_{j\,k} + h$. После очередной ($k$+1)-й итерации для ряда $\{x_i\}$ с добавленным отсчётом $x_{j\,k+1}$ выполнялся расчёт текущего значения ЛХП $\lambda_{max\,k+1}$, и вычислялась оценка текущей относительной погрешности реконструкции, принимаемая как $\varepsilon = (\lambda_{max0} - \lambda_{max\,k+1}) / \lambda_{max0}$. Перебор значений $x_{j\,k}$ прекращался по достижении ε минимального значения.

Таким образом, точность реконструкции будет определяться точностью вычисления λ_{max0}. Точность расчёта ЛХП определяется количеством доступных отсчётов исходного ряда N [2]. Следовательно, и работоспособность предложенного метода также зависит от N, и, в целом, согласуется с оценками [1] для выхода λ_{max} на стационарное значение. В настоящей работе рассмотрена задача реконструкции отсутствующих отсчётов реализации $\{x_i\}$, порождаемой дискретным квадратичным отображением [2]. Достигнутая при этом точность 0,01—0,05 может считаться вполне удовлетворительной для задач такого рода.

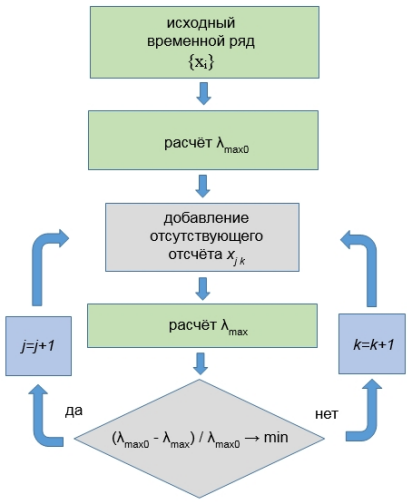


Рис. 1

3. Заключение

В работе представлен оригинальный алгоритм реконструкции отсчётов наблюдаемой, порождённой динамической системой. Предложенный алгоритм не требует априорного знания модели системы и был протестирован на временном ряде, порождаемом квадратичным отображением.

4. Список литературы

[1] Грахольская, Л. В. О восстановлении отсутствующих данных временных рядов с сохранением поведения порождающей системы / Л. В. Грахольская, С. А. Илларионов, А. О. Мантуров // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками, 2024. — № 9. — С.30—35.
[2] Кузнецов, С. П. Динамический хаос / С. П. Кузнецов. — М. : ГИЗ ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 356 с.

DETERMINISTIC RECONSTRUCTION OF MISSING TIME SERIES SAMPLES GENERATED BY DYNAMICAL SYSTEMS WITH UNKNOWN MODELS

Graholskaya L. V., Drogaytseva O. V., Illarionov S. A., Manturov A. O.
Scientific adviser: Manturov A. O.
Povolzhsky Institute of Management (RANEPA), Russia
Saratov State Technical University, Russia

Abstract — In the work, the approach for restoration of missing time series data has been proposed. The proposed approach was tested on discrete square map time series and demonstrated good accuracy.

ИНТЕГРАЦИЯ МНОГОТИПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ

Котько Е. Н., Пискун Е. С.
Научный руководитель: канд. экон. наук, доц. Пискун Е. С.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: lizakotsko2@gmail.com

Аннотация — Разработана программная система для интеграции данных из разнородных источников (*JSON*, *XML*, *RSS*) в унифицированный формат. Предложена архитектура, обеспечивающая автоматизированную загрузку, визуализацию, фильтрацию и экспорт данных.

1. Введение

Современные информационные системы часто сталкиваются с необходимостью объединения данных, представленных в различных форматах — *JSON*, *XML*, *RSS*. Это особенно актуально для систем мониторинга, агрегаторов новостей, систем сбора метрик и др., однако есть проблема унификации и представления этих данных в единой структуре. В статье приведена программная модель, решающая данную проблему с акцентом на практическое применение и удобство конечного пользователя.

2. Основная часть

Разработка подсистемы интеграции, унификации и визуализации данных из разнородных источников является важной задачей, решением которой может служить реализованная программная система, обеспечивающая автоматическую загрузку и обработку данных в форматах *JSON*, *XML* и *RSS* с последующей визуализацией на базе библиотеки *Java Swing*. В качестве входных данных использованы примеры различных типов источников [1].

Для унификации данных реализована модель *UnifiedData*, включающая заголовок, дату и описание, что обеспечивает единый формат представления независимо от типа источника. Загрузка и парсинг выполняются раздельно: *JSON* обрабатывается с помощью *Jackson*, *XML* — через *DOM*-парсер (*DocumentBuilder*), *RSS* — с использованием библиотеки *ROME [2]*.

На рис. 1 представлена схема архитектуры, в которой данные из *JSON*, *XML* и *RSS* проходят обработку парсерами, преобразуются в объекты *UnifiedData* и отображаются в таблице с поддержкой фильтрации, детального просмотра и экспорта в форматы *JSON* и *CSV*.

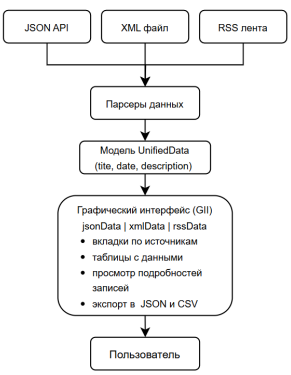


Рис. 1

Особенностью архитектурного решения является то, что система построена по модульному принципу: загрузка и парсинг данных отделены от интерфейса, представление данных реализовано через вкладки (*JTabbedPane*), формируемые динамически в зависимости от источника.

Визуальное представление данных реализовано в виде графического интерфейса, построенного на библиотеке *Java Swing*. Отображение информации осуществляется в табличной форме с разделением по источникам посредством вкладок (рис. 2).

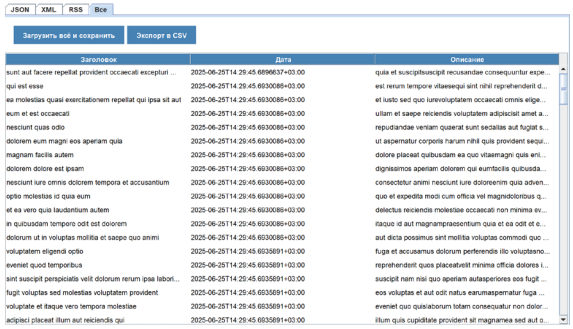


Рис. 2

Разработанная система демонстрирует практическую значимость решений по агрегации и визуализации гетерогенных данных.

3. Заключение

Разработанная система демонстрирует подход к интеграции разнородных данных в унифицированной форме. Благодаря применению открытых форматов и гибкой архитектуре возможна адаптация системы под любые источники. Решение может быть расширено для поддержки *API*, обработки больших потоков данных и встраивания в корпоративные системы.

4. Список литературы

[1] Oracle. Document Object Model (DOM) Parser [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.oracle.com/javase/tutorial/jaxp/dom/ (дата обращения: 26.06.2025).
[2] Jackson JSON Processor — FasterXML [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://github.com/FasterXML/Jackson (дата обращения: 26.06.2025).

INTEGRATION OF MULTI-TYPE DATA SOURCES INTO A SINGLE SYSTEM

Katsko E. N., Piskun E. S.
Scientific adviser: Piskun E. S.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

Abstract — A software system has been developed for integrating data from heterogeneous sources (JSON, XML, RSS) into a unified format. An architecture has been proposed, that provides automated data loading, visualization, filtering, and export.

ИЗУЧЕНИЕ И ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПУТЁМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЛОКАЦИИ

Михайлик Г. Р., Слёзкин Г. В.
Научный руководитель: Слёзкин Г. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: kilogerts.20@mail.ru

Аннотация — Рассмотрено моделирование процесса обнаружения объекта ультразвуковым локатором в программе *MATLAB*.

1. Введение

В ходе работы в области ультразвуковой локации появилась необходимость моделирования процесса условного захвата объекта.

Для моделирования данных процессов хорошо подходит программа *MATLAB*: в программе содержится необходимый инструментарий для выполнения подобного рода задач, а также данной среде было уделено необходимое внимание в процессе обучения.

2. Основная часть

В связи с тем, что в дальнейшей перспективе проект будет физически реализован стояла задача промоделировать процессы, происходящие в момент обнаружения локатором некого определённого объекта в момент времени и построение графика данного процесса.

Получение данного опыта было направлено на лучшее понимание работы ультразвукового локатора, его особенностей по сравнению с радиорадарами.

Общий принцип действия ультразвукового локатора показан на рис. 1.

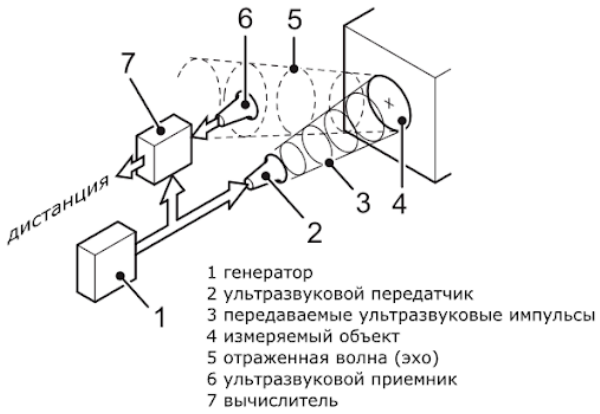


Рис. 1

К таким особенностям можно отнести:

— использование звуковых волн высокой частоты;

— обнаружение объектов на коротких дистанциях;

— ограниченная способность прохождения через преграды;

— дешевизна в производстве и обслуживании;

— высокая точность определения расстояния и размера объектов;

— высокая чувствительность к изменениям в окружающей среде и распознавание мелких объектов.

При моделировании был построен график обнаружения объекта в видимой области локатора.

На графике рис. 2 видно, что изначально локатор не обнаруживал ничего, но после появления в его поле «зрения» объекта появляется пик с крутонарастающими фронтами, что свидетельствует о быстродействии локатора.

После исчезновения объекта на графике уровень возвращается на начальное значение.

Модель далека от реальной поскольку рассматривался идеализированный локатор.

На графике (осциллограмме) реального радара были бы видны различные флуктуации сигала и всплески амплитуд из-за сторонних помех.

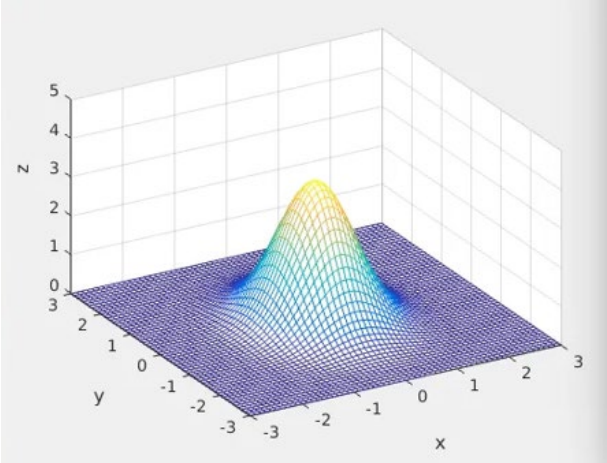


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, проведено первичное моделирование процесса работы ультразвукового локатора.

Выявлена возможность приближения результатов на графике к реальной модели посредством добавления малых флуктуаций.

4. Список литературы

[1] Зацепин, А. Ф. Акустический контроль / А.Ф. Зацепин. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 211 с.

STUDY AND DEVELOPMENT OF OBJECT DETECTION TECHNIQUES BY PROCESSING ULTRASONIC LOCALIZATION SIGNALS

Mikhailik G. R., Slezkin G. V.
Scientific adviser: Slezkin G. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The modeling of the capture of an object by an ultrasonic locator in the MATLAB program is considered.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СПЕКТРА СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА МЕТОДОМ РАЗДЕЛЕНИЯ

Тертышный О. И., Паслён В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Паслён В. В.
Донецкий национальный технический университет, Россия
E-mail: donntu.info@mail.ru

Аннотация — В статье рассматривается метод оцифровки сверхширокополосных сигналов (СШП) с помощью последовательного поддиапазонного преобразования частоты и медленных маломощных аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Метод предназначен для статических радиолокационных измерений.

1. Введение

Проблематикой цифровой обработки сверхширокополосного сигнала является отсутствие возможности использования аналого-цифрового преобразователя, способного обеспечить перекрытие всего диапазона исследуемых частот [1]. В работе предлагается использование медленного, но дешевого способа преобразования сигналов, с помощью поддиапазонного разбиения всего спектра. Таким образом обработка может проводиться с помощью доступных маломощных АЦП.

2. Основная часть

Для оцифровывания СШП сигнала в приемнике прямого преобразования предлагается пошаговое переключение узла переноса входного сигнала на низкие частоты, которые может обработать низкочастотный АЦП. На схеме перехода, представленной на рис. 1, показан принцип последовательного преобразования частоты.

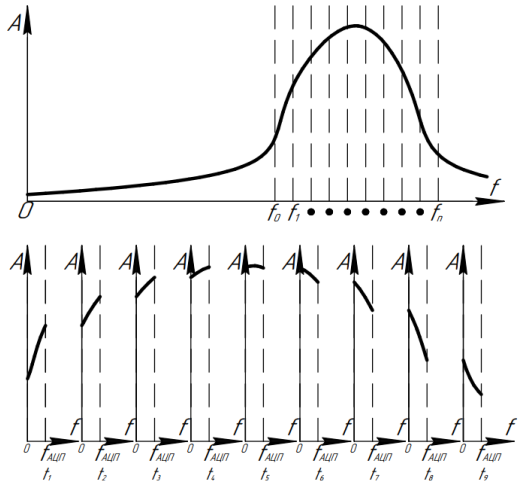


Рис. 1

В момент времени t_1 проводится преобразование частоты входного СШП сигнала в низкочастотный, при этом выделяется только определенная часть спектра: например, от f_0 до f_1. Происходит аналого-цифровое преобразование исследуемой части сигнала, запись сохраняется в массив S_0.

На следующем этапе (время от t_1 до t_2) процесс повторяется, однако преобразование происходит в другом диапазоне частот — от f_1 до f_2. Аналого-цифровое преобразование записывается в массив S_1. Далее происходит повторение с увеличением частоты переноса, до тех пор, пока не получится обработать весь диапазон сверхширокополосного сигнала.

Затем, для продолжения обработки необходимо провести быстрое преобразование Фурье массивов *S*, для получения частотных (*F*) и фазовых (*P*) спектров.

Для более точного преобразования необходимо осуществить компенсацию изменений уровня сигнала, вызванных преобразованием. Для разных массивов (S_0—S_N) компенсация будет различной и определяется экспериментально (при процессе калибровки). После корректировки, массивы F_0—F_N и P_0— P_N могут быть объединены для получения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) СШП сигнала.

Если предположить, что время, затраченное на одно преобразование участка спектра шириной 50 МГц, не превышает 1 секунды (данный параметр зависит от скорости работы с памятью контроллера), то на преобразование сверхширокополосного сигнала шириной 1 ГГц понадобится 20 секунд непрерывного процесса измерения. Основываясь на технических характеристиках контроллеров STM32 серии F4 [2] и АЦП AD9283 [3], диапазон шириной 10 ГГц можно обработать (оцифровать радиолокационный сигнал-ответ) за период времени от 50 до 300 секунд, в зависимости от частотного разрешения.

3. Заключение

Рассматриваемая концепция деления на поддиапазоны предполагает длительное неподвижное положение объекта радиолокационного исследования относительно измерительного оборудования. Предложенная схема АЦП является функционально практичной для статических измерений радиолокационного сечения рассеяния для СШП радиолокаторов. Последующая цифровая обработка позволит определять значимые параметры АЧХ и фазочастотной характеристики (ФЧХ) с целью выявления свойств исследуемого объекта.

4. Список литературы

[1] Парфенов, В. И. Цифровая обработка сверхкоротких импульсов, основанная на их предварительной фильтрации / В. И. Парфенов, М. М. Жуков Ю. М. Баркалов // Вестник Воронежского института МВД России. — 2021. — № 4. — С. 115—123.
[2] STM32F4 Series safety manual [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://dl.sumnic.com/download/STM32F4.pdf.
[3] AD9283 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9283.pdf.

THE SEPARATION METHOD FOR DIGITAL SPECTRUM PROCESSING OF ULTRA-WIDEBAND SIGNALS

Tertyshnyi O. I., Paslyon V. V.
Scientific adviser: Paslyon V. V.
Donetsk National Technical University, Russia

Abstract — In the paper, a method for digitizing ultra-wideband signals using sequential subband frequency conversion and slow, low-power ADCs is discussed. The method is used for static radar measurements.

АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

Данилин К. Д., Пустовит А. А., Трифонов Ф. М., Семенищев Е. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Семенищев Е. А.
Московский государственный технический университет “СТАНКИН”, Россия
E-mail: danilin.kirill.dmitrievich@yandex.ru

Аннотация — В статье представлен алгоритм предварительной обработки одномерных цифровых сигналов и прогнозирования временных рядов. Обработка данных основана на применении многокритериального метода сглаживания временных рядов. Практическое применение предложенной программной реализации апробировано на данных, фиксируемых системой контроля отклонений работы на холостом ходу многокоординатного фрезерного станка с числовым программным управлением (ЧПУ).

1. Введение

Современное высокотехнологичное оборудование является важным и ключевым элементом высокоэффективного производства. Контроль параметров и заблаговременное определение признаков износа позволяет остановить производственный процесс и осуществить отладку или ремонт оборудования до выхода его из строя. Развитие методов предиктивной аналитики позволяет осуществить правильную настройку режимов работы и обеспечить их оптимальную загрузку. Обработка данных, формируемых системой контроля параметров, может осуществляться в процессе работы или в условиях работы без нагрузки (холостой ход). Сбор и хранение осуществляется в базе данных, в которой отмечается дата и условия получения информации.

2. Описание алгоритма

Формируемые системой предиктивной аналитики данные, собираемые базой, представлены в виде числа, характеризующего измеряемый параметр. В базе записаны результаты биения в трёхмерных координатах установки, полученных в одинаковых условиях без силовой нагрузки. Для определения устойчивых компонент, произведена обработка временного ряда многокритериальным методом сглаживания сигналов [1], целевая функция которого имеет вид:

$$\phi(\bar{s}_1, \bar{s}_2, \dots, \bar{s}_n) = \alpha \sum_{k=1}^{n} (\bar{s}_k - Y_k)^2 + \sum_{k=1}^{n-1} (\bar{s}_k - \bar{s}_{k+1})^2,$$

где α — регулировочный коэффициент.

Определение элементов функции основано на решении выражения:

$$\bar{s}_k = \gamma_k \bar{s}_1 - \sum_{i=1}^{k-1} y_i \beta_{k-i},$$

где

$$\gamma_k = \sum_{j=0}^{k-1} \binom{k+j-1}{2j} \alpha^j,$$

$$\beta_k = \sum_{j=1}^{k} \binom{k+j-1}{2j-1} \alpha^j,$$

$$\bar{s}_1 = \frac{\alpha \sum_{i=1}^{n} \gamma_{n-i+1} y_i}{\beta_n}.$$

Обработка производится дважды для всей последовательности: с установленным параметром равным 0,03 и 4,5. Выбор параметра описан в работе [2]. Проверка условия не превышения квадрата отклонений получаемых оценок величины 0,1 говорит о близости функций. В случае превышения порога, принимается решение о наличии выброса. Итоговым результатом анализа выступает сглаженная функция с сохранёнными элементами выбросов, которые являются важными элементами ряда, влияющими на принятие решения.

На следующем этапе производится прогнозирование с использованием полиномиальной функции третей степени. Построение интерполяционных значений выполняется по последним элементам выборки сглаженной функции сигнала. Пример работы предложенного алгоритма представлен на рис. 1.



Рис. 1

Представленный на рис. 1 график демонстрирует применимость алгоритма для прогнозирования временных рядов в условиях наличия выбросов в и резкой не стационарности сигнала при малой выборке данных.

3. Заключение

Предложенный в работе алгоритм реализует функцию прогнозирования значений выхода из строя многокоординатного фрезерного станка с ЧПУ на основе последовательности статистик, формируемых системой контроля. Работа выполнена в рамках программы развития университетов «Приоритет 2030».

4. Список литературы

[1] Semenishchev, E. Algorithm combination of deblurring and denoising on video frames using the method search of local features on image / E. Semenishchev // MATEC Web of Conferences. — EDP Sciences, 2017. — Vol. 132. — P. 05018.

[2] A multi-criteria method for noise reduction / E. Semenishchev [et al.] // 2016 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS). — IEEE, 2016. — P. 1—6.

ALGORITHM OF FILTERING AND FORECASTING SIGNAL FOR PREDICTIVE ANALYTICS SYSTEM

Danilin K. D., Pustovit A. A., Trifonov F. M., Semenishhev E. A.
Scientific Adviser: Semenishhev E. A.
Moscow State Technical University “STANKIN”, Russia

Abstract — In the paper, an algorithm for preprocessing one-dimensional digital signals and predicting time series is proposed. The method employs multi-criteria smoothing for data processing. The practical use of the developed software was tested on data from a monitoring system that tracks deviations in the idle run of a multi-axis CNC milling machine.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФРОНТ И БЭК ОФИСНЫХ СИСТЕМ В РЕСТОРАНЕ

Грицишин Н. С., Бояркина М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Бояркина М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ngritsishin212@yandex.ru

Аннотация — Проведен анализ существующих систем автоматизации технологических систем в ресторанном бизнесе. Представлены достоинства и недостатки фронт и бэк офисных систем, а также разработано решение для улучшения бизнес-процессов путем комбинации известных систем.

1. Введение

Современный ресторанный бизнес — это высококонкурентная среда, где успех определяется не только качеством кухни, но и эффективностью управления. Цифровая автоматизация затронула все процессы, разделив их на два ключевых направления: фронт-офис и бэк-офис. В докладе приведён сравнительный анализ этих систем, выведены их сильные и слабые стороны и доказана, что их интеграция является необходимым условием для повышения прибыльности и устойчивости предприятия. [1]. Работа посвящена разработке системы автоматизации технологических процессов ресторана.

2. Основная часть

Для настройки бизнес-процессов в ресторане необходимо рассмотреть достоинства и недостатки различных вариантов построения автоматизированных систем, такие как фронт-офис и бэк-офис.

Фронт-офис — это комплекс систем, направленных на непосредственное взаимодействие с гостем и организацию обслуживания. Его ключевые элементы:

— *POS*-системы (кассовые терминалы для официантов и бариста);

— системы онлайн заказов и доставки;

— системы резервирования столиков.

В качестве сильных сторон фронт-офисных систем называют: прямое влияние на выручку за счет ускорения обслуживания клиентов и увеличения среднего чека; скорость и минимизацию ошибок, автоматизацию рутины (расчеты, отправка заказов на кухню), что делает процесс быстрым и точным; запись и работу с данными в реальном времени, мгновенное информирование о продажах и загрузке зала для принятия оперативных решений.

В качестве слабых сторон фронт-офисных систем можно назвать: риски изолированной работы и ошибок: без интеграции с бэк-офисом, когда данные необходимо дублировать вручную; поверхностная аналитика дает оперативные данные, но не отвечает на вопросы «почему?» и «что делать?».

Известный аналог фронт-офиса — 1С:Предприятие. Ресторан. Фронт-офис.

С другой стороны, в качестве автоматизации бизнес-процессов могут также применяться так называемые бек-офисы.

Бэк-офис — это аналитический и управленческий центр, отвечающий за внутренние процессы и экономику заведения. Ключевые элементы:

— складской учет и управление запасами;

— финансовый учет;

— аналитика и отчетность (маржа, рентабельность).

Сильными сторонами бэк-офисных систем являются: контроль затрат и борьба с потерями, позволяет точно отслеживать себестоимость, выявлять перерасход и неучтенные списания; единая картина по сети, которая консолидирует данные со всех точек, обеспечивая целостность управленческой информации.

Слабые стороны бэк-офисных систем: высокие требования работнику при эксплуатации, поскольку требует понимания экономики ресторанного бизнеса; любая неточность во фронт-офисе (непробитый чек, неправильное списание) делает данные в бэк-офисе неверными [2].

Таким образом, актуальным является разработка системы, которая бы совмещала функционал фронт-офиса и бэк-офиса. Примером такой системы может служить программный продукт *r-keeper*, который совмещает множество функций и может быть настроен на различные варианты решения. Однако представленный функционал данного аналога избыточен и требует оптимизации под конкретные задачи ресторана.

Таким образом, на основании проведенного анализа была разработана структурная схема и выбрано оборудование для реализации комбинированной системы для автоматизации технологических процессов ресторана. Поставлены требования к программной реализации системы.

3. Заключение

Проведенный анализ существующих систем автоматизации технологических процессов в ресторанном бизнесе позволяет сделать вывод о перспективности применения комбинированной системы для организации современного ресторана с множеством уникальных сервисов и возможностью полного контроля всех процессов и формирование отчетности по ним.

4. Список литературы

[1] Джум, Т. А. Современные формы обслуживания в ресторанном бизнесе: учебное пособие / Т. А. Джум, Г. М. Зайко. — М. : Магистр, НИЦ ИНФРА-М, 2015. — 528 с.

[2] Сологубова, Г. С. Организация производства и обслуживания на предприятиях общественного питания : учебник для вузов / Г. С. Сологубова ; 3-е изд. — М. : Изд-во Юрайт, 2020. — 332 с.

AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FRONT AND BACK-OFFICE SYSTEMS IN THE RESTAURANT

Gritsishin N. S., Boyarkina M. A.
Scientific adviser: Boyarkina M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The analysis of the existing automation systems of technological systems in the restaurant business is carried out. The advantages and disadvantages of front and back-office systems are presented, and a solution for improving business processes through a combination of well-known systems is developed.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ ТРЁХМЕРНЫХ БИНАРНЫХ ФИГУР

Салтановский В. А., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: netallw@mail.ru

Аннотация — Получена зависимость отношения «коробок» к вокселям от средней валентности для трёх вариантов предобработки реальных изображений. На основе полученных результатов для декомпозиции трёхмерных бинарных фигур определён коэффициент сжатия.

1. Введение

Классическое компьютерное зрение требует применения специализированных алгоритмов для обработки и анализа изображений. Специализированные алгоритмы используют различные представления изображений, которые повышают эффективность использования памяти и скорость обработки [1].

Одно из наиболее часто используемых представлений изображения — это блочное представление, получаемое в результате разделения изображения на однородные области произвольного размера в форме прямоугольников или прямоугольных параллелепипедов [2]. Переход к блочному представлению называется декомпозицией.

2. Основная часть

Назовём области в форме прямоугольных параллелепипедов, полученные в результате декомпозиции, «коробками». Назовём биты, участвующие в образовании «коробок», вокселями. Назовём количество соседних вокселей валентностью вокселя. Назовём области 8×8×8 внутри трёхмерного битового пространства, которым представлено изображение, чанками.

Стратегию минимизации количества вокселей табличной заменой байт назовём «минимум». Стратегию минимизации количества коробок за счет применения кода Грея назовём «Грей».

Определено, что отношение количества «коробок» к количеству вокселей для случайных данных хорошо предсказывается средней валентностью. Результаты для случайных данных и для трёх вариантов предобработки изображения показаны на рис. 1.

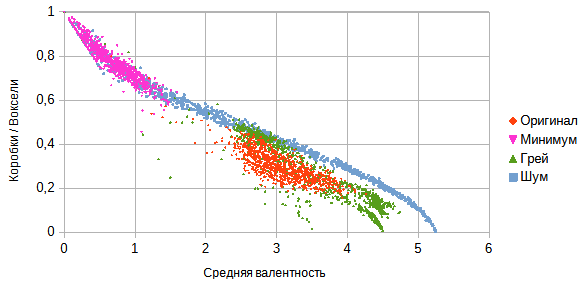


Рис. 1

Из рис. 1 видно, что исходное изображение делится на коробки лучше случайных данных, что свидетельствует о существовании избыточности представления изображения трёхмерным битовым пространством. Результаты для стратегии «минимум» совпадают со случайными данными. Стратегия «Грей» не повышает избыточность, но позволяет представить преобразованные данные в среднем меньшим количеством коробок.

На рис. 2 показано распределение валентности по чанкам изображения для различных стратегий, включая перемежение бит.

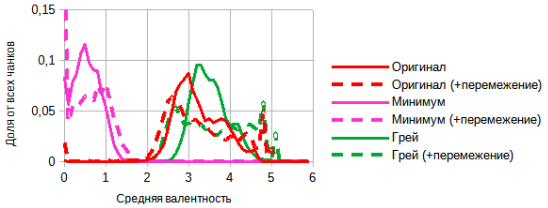


Рис. 2

Из рис. 2 видно, что средняя валентность с применением перемежения в среднем повышается. Для стратегии «минимум» наблюдается всплеск в количестве пустых чанков.

Средние значения данных приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные	Оригинал	Минимум	Грей
Средний вал.	3,24	0,6	3,54
Средний вокс.	213,4	76,5	264,3
Средний кор./вокс.	0,3	0,72	0,24
Средний кор.	64,02	41,42	63,4
бит/кор.	13,3	11,7	13,57
бит/кор. (zip)	4,67	3,79	4,7
Коэффициент сжатия	1,712	3,26	1,718

3. Заключение

Таким образом, на основании зависимости отношения «коробок» к вокселям от средней валентности подтверждена избыточность трёхмерного представления изображения. Определена эффективность сжатия изображений методом декомпозиции трёхмерных бинарных фигур.

Стратегия «минимум» дала наилучший результат, но переход от вокселей к коробкам для неё не лучше, чем для случайных данных.

4. Список литературы

[1] Suk, Tomáš Decomposition of binary images — A survey and comparison / Tomáš Suk, Cyril Höschl, Jan Flusser // Pattern Recognition. — 2012. — Vol. 45, No 12. — P. 4279—4291.

[2] Höschl, Cyril Close-to-optimal algorithm for rectangular decomposition of 3D shapes / Cyril Höschl, Jan Flusser // Kybernetika. — 2019. — Vol. 55, No 5. — P. 755—781.

IMAGE COMPRESSION RATIO OF 3D BINARY FIGURE DECOMPOSITION

Saltanovsky V. A., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Relation between box-voxel ratio and mean valence for three real image preprocess options was found. Based on results image compression ratio of 3D binary figure decomposition was estimated.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Быков А. О., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: antons.1234@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены современные достижения в области аналоговой обработки информации, а именно обработки информации по средствам квантовых вычислений.

1. Введение

В современных условиях быстрого развития информационных технологий квантовые вычисления становятся одной из приоритетных областей научных исследований и инноваций. Их потенциал способен значительно изменить подходы к обработке информации, обеспечивая новые возможности для решения сложных задач в самых разных сферах. Несмотря на большой интерес и значительные инвестиции, квантовые технологии пока остаются на стадии активного изучения и экспериментальной разработки. Однако уже сегодня можно выделить конкретные направления, в которых квантовые вычисления демонстрируют свои преимущества.

2. Основная часть

Google, *IBM*, и *Microsoft* на протяжении многих десятилетий ещё с 1980-х годов исследует технологию квантовых вычислений, однако серьёзных успехов они не достигли. Всё упирается в природу квантовых вычислений. У квантовых компьютеров единицей информации является кубит [1]. Состояние кубита определяется волновой функцией от 2 комплексных чисел таких, что

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1,$$

где *α, β* — комплексные числа.

Это создаёт намного большее количество состояний чем у обычных компьютеров. Хоть это и звучит как преимущество квантовых компьютеров, однако именно это мешает созданию многофункциональных квантовых компьютеров.

Кубиты в отличии от битов оперируют непрерывными величинами. Это значит, что в отличии от битов, имеющих исчисляемое количество состояний (0 и 1), кубит имеет неисчисляемое количество состояний, так как состояние определяется направлением вектора [1]. Это создаёт погрешность при вычислениях с использованием кубитов, вызванных возможными расхождениями в направлениях векторов разных кубитов. Это создаёт «шум», который сейчас является главной проблемой внедрения квантовых вычислений [1].

Алгоритмы квантовых вычислений позволяют производить различные операции с кубитами для различных целей.

Алгоритм Гровера — это квантовый алгоритм для решения задачи перебора, то есть нахождения решения уравнения вида

$$f(x) = y,$$

где *f* — булева функция от n переменных;
x — некоторый элемент исследуемого множества, состоящего из *n* элементов.

Алгоритм Гровера основан на физическом эффекте «усиления амплитуды» целевого состояния и достигает квадратичного уменьшения оценки трудоемкости задачи поиска решения, то есть вместо $O(N)$ операций, требующихся для полного перебора в классическом случае, квантовый компьютер способен решить эту задачу за $O\left(N^{\frac{1}{2}}\right)$ операций.

На сегодняшние время существует множество алгоритмов, написанных для квантовых компьютеров и основанных на свойствах кубита. Однако большинство из них невозможно реализовать на современных моделях квантовых компьютеров: они страдают «шумом» таких объёмов, что работа с большим количеством кубитов невозможна или очень ограничена [1]. Нельзя работать с большим объёмом вводных данных и надо следить за количеством применяемых кубит, иначе алгоритм может сильно потерять в точности и стать бесполезным [1].

Хотя полноценно использовать квантовые компьютеры пока невозможно, они уже сегодня влияют на развитие науки, криптографии и вычислительных технологий. Это даёт основания ожидать, что в ближайшие десятилетия квантовые вычисления станут важным компонентом вычислительных систем нового поколения. Большинство развитых стран имеют национальные программы создания и внедрения квантовых технологий в сферы информационного обеспечения экономической и оборонной деятельности.

Дорожная карта создания и развития интегрированной квантовой информационной сети с космическим сегментом Евросоюза рассчитана на период с 2020 по 2036 год. Подобная дорожная карта существует и в России [1].

3. Заключение

Таким образом, переход на новый технологический уровень в сфере развития информационных технологий и систем коммуникаций приближается.

Выявлена тенденция на увеличения бюджетов квантовых исследований, однако проблема «шума» спустя пол века не была решена. Судьба технологии вызывает неуверенный оптимизм и может повторить судьбу невоплощённых идей Теслы о однопроводной передаче электроэнергии.

4. Список литературы

[1] Сурков, С. В. Квантовые вычисления: взгляд в будущее / С. В. Сурков, О. К. Малышев // Reksoft Consulting. — 2024. — 46 p.

MODERN ADVANCES IN QUANTUM COMPUTING

Bykov A. O., Smetanina T. I.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Modern achievements in the field of analog information processing, namely information processing by means of quantum computing, are considered.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ЗВУКА ДЛЯ СИСТЕМ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ С РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОДНОЙ РЕШЁТКИ

Трушкина А. В.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: subridenssum@mail.ru

Аннотация — Проведено исследование для выбора частотных диапазонов и количества электродов в электродной решетке в системах кохлеарных имплантов. Обоснован выбор наилучшей конфигурации электродной решетки относительно критерия качества звука и конечной стоимости.

1. Введение

В ранее проведенных исследованиях был разработан алгоритм для обработки звука в кохлеарных имплантах (КИ) [1].

Помимо выбранного алгоритма для обработки звука, важную роль играет количество электродов и значение максимальной частоты, так как это напрямую влияет на качество звука, который поступает в мозг человека.

2. Основная часть

На качество звука в кохлеарном импланте прежде всего влияет количество и местоположение электродов в электродной решетке. При слишком близком расположении электродов звуки могут начать накладываться друг на друга – для пациента это будет ощущаться как неразборчивая речь. Важно отметить, что в КИ важную роль играет выбранная максимальная частота. В рамках данного исследования было решено ограничится максимальными частотами 6 кГц и 10 кГц. Связано это с тем, что таких частот будет более чем достаточно для комфортного восприятия речи и всех окружающих звуков, а также многие слуховые аппараты имеют именно такие максимальные частоты. В таблице 1 представлены основные звуки и их диапазоны частот.

Таблица 1

Источник звука	Диапазон частот
Динамик мобильного телефона	300—8000 Гц
Человеческий голос	100—4000 Гц
Радиовещание	30—15000 Гц
Музыкальные инструменты	30—16000 Гц
Слуховые аппараты	До 10000 Гц

Количество электродов будет определять стоимость КИ, качество звука и сложность установки, поэтому для получения совокупности из доступной цены и хорошего качества звука было решено ограничиться устройствами с 8,12 и 16 электродами.

По проведенным ранее исследованиям была получена формула (1), которая позволяет рассчитать распределение частот, воспринимаемых человеческом ухом

$$FG_H(x) = 0{,}1654 \text{ кГц}\left(\exp\frac{(0.13815(35mm-x)}{1mm}\right) - 1. \quad (1)$$

В результате её вычисления получается частота и место в спирали улитки, на которое необходимо установить электрод для получения определенной частоты. В формуле значение 35 мм является общей длиной ушной улитки, а x — изменяемым значением, которое подбирается согласно изначально выбранной максимальной частоте.

К примеру, для выбранной максимальной частоты 6 кГц расчётное значение x = 9, при этом действительное значение максимальной частоты равно 5,839 кГц. Следовательно, используется часть улитки от 9 до 35 мм включительно. Разные выборы значения x для разного количества электродов связано прежде всего со слишком точными и нереализуемыми практически значениями расстояния для установки электродов, которые в реальных условиях не выполнимы.

Так как в результате расчёта мы получаем центральную частоту, то необходимо определить диапазоны, в пределах которых она будет находится. По формуле (2) необходимо рассчитать среднее геометрическое значение от двух соседних интервалов, f_1 и f_2 соответственно. В результате вычисления мы получим границы интервалов, в пределах которых будет задан диапазон частот

$$f_0 = \sqrt{f_{min} f_{max}}. \quad (2)$$

На основании этих формул можно определить табличные данные для полноценного исследования систем КИ при различных конфигурациях электродной решетки, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях.

3. Заключение

На основании полученных данных, наилучшей комбинацией качества звука и стоимости можно считать КИ с 12 и 16 электродами, при этом 8 электродов является не самым лучшим вариантом, так как детализация звука в области высоких частот будет обеспечиваться очень плохо.

4. Список литературы

[1] Трушкина, А. В. Применение алгоритма Герцеля в системах кохлеарных имплантов / А. В. Трушкина, Ю. Н. Тыщук // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2024. — № 7. — С. 141.

DESIGN AND STUDY OF SOUND PROCESSING ALGORITHM FOR COCHLEAR IMPLANTS WITH DIFFERENT ELECTRODE ARRAY CONFIGURATION

Trushkina A. V.
Scientific advisor: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the study for choice of frequency ranges and number of electrodes in electrode array of cochlear implants were conducted. The choice of the best electrode array configuration according to criteria of sound quality and total cost was justified.

ОБНАРУЖЕНИЕ ДОЖДЯ ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Иванов В. А., Михайлюк Ю. П., Начаров Д. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Михайлюк Ю. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ypmikhaylyuk@sevsu.ru

Аннотация — Представлен алгоритм обнаружения дождя по телевизионным изображениям с использованием искусственной нейронной сети (ИНС). В качестве основы выбрана архитектура *VGG*-16 с модификацией выходного слоя. Алгоритм обучен на базе синтетических изображений. Достигнута точность классификации 90,5%.

1. Введение

Мониторинг атмосферных условий играет ключевую роль в метеорологии, транспорте и сельском хозяйстве. Традиционные методы требуют специализированного оборудования, однако современные системы видеонаблюдения позволяют использовать телевизионные изображения как источник метеоданных. Для автоматизации процесса актуально применение искусственных нейронных сетей.

2. Основная часть

Задача обнаружения дождя формулируется как бинарная классификация:

— «0» — дождя нет;

— «1» — дождь есть.

В работе использована архитектура искусственной нейронной сети *VGG*-16 показанная на рис. 1, спроектированная для базы данных *ImageNet*, содержащей 1000 классов изображений.

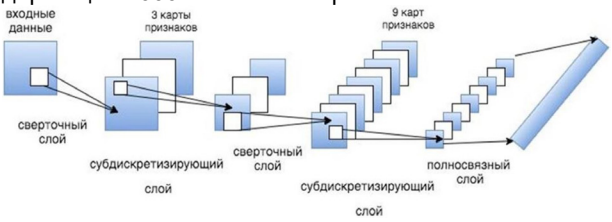


Рис. 1

Для адаптации под задачу произведена оптимизация только параметров выходного полносвязного слоя, параметры сверточных слоёв оставлены без изменений. На рис. 2 показана данная оптимизация. Благодаря данной оптимизации необходимо подобрать только 25089 параметров, что соответствует количеству выходных связей сверточной части сети *VGG*-16.



Рис. 2

Для обучения полученной ИНС использовалась выборка из базы синтетических изображений, примеры которых показаны на рис. 3. Размеры изображений в базе равны 512×512. Размер обучающей выборки — 1000 изображений (500 изображений класса «дождь есть», 500 изображений класса «дождя нет»). Размер тестовой выборки — 200 изображений. В процессе обучения для отслеживания прогресса и снижения вероятности переобучения модели точность классификации оценивалась с использованием проверочной выборки, содержащей 64 изображения, не входящих ни в обучающую, ни в тестовую выборки.

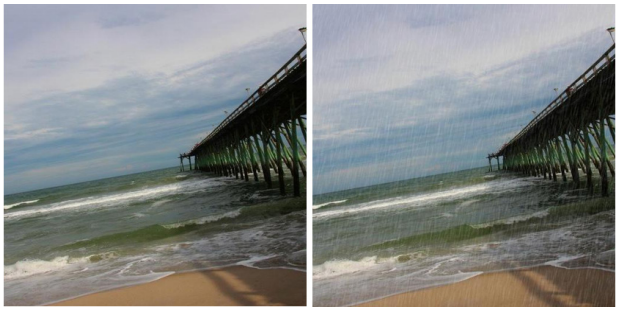


Рис. 3

Параметры обучения:

— оптимизация на мини-пакетах *(batch size = 32);*

— нормализация входных данных по каналам *RGB;*

— оптимизатор *Adam (lr = 0,001);*

— функция потерь — бинарная кросс-энтропия.

Результаты:

— отсутствие переобучения;

— точность по метрике *Accuracy* — 90,5% на тестовой выборке;

— устойчивость к изменению освещения.

3. Заключение

Разработанный алгоритм на основе модифицированной архитектуры *VGG-16* продемонстрировал высокую эффективность при решении задачи обнаружения дождя. Подтверждена целесообразность применения сверточных нейронных сетей и подхода трансферного обучения. В дальнейшем планируется расширение базы изображений и решение задачи оценки интенсивности дождя.

4. Список литературы

[1] Рашка, С. Python и машинное обучение / С. Рашка. — СПб. : Питер, 2020. — 848 с.

[2] Simonyan, K. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition / K. Simonyan, A. Zisserman. — arXiv:1409.1556.

[3] Zhang, H. Density-aware single image de-raining using a multi-stream dense network / H. Zhang, V. M. Patel // IEEE Trans. Image Processing. — 2019. — Vol 28, No. 8. — P. 3988—4001.

RAIN DETECTION IN TELEVISION IMAGES USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Ivanov V. A., Mickhayluck Yu. P., Nacharov D. V.
Scientific adviser: Mickhayluck Yu. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An algorithm for rain detection in television images using an artificial neural network (ANN) is presented. The VGG-16 architecture was chosen as the base, with a modification to the output layer. The algorithm was trained on a synthetic image database. A classification accuracy of 90.5% was achieved.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ БПЛА: ОПЕРАТОР СОБЕЛЯ И МЕТОД ОЦУ

Лаврова Е. В., Иванов Г. А.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Лаврова Е. В.
Приазовский государственный технический университет — филиал Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Россия
E-mail: UNIIT-PSTU@yandex.ru

Аннотация — В работе обсуждаются методы обработки изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проведено сравнение оператора Собеля и метода Оцу в контексте обработки изображений с камеры БПЛА. Представлены результаты тестирования, включая визуализацию обработанных изображений и анализ эффективности методов. Показаны преимущества оператора Собеля для параметризации изображений в задачах машинного обучения.

1. Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются для мониторинга территорий, сельского хозяйства и инфраструктуры. Одной из ключевых задач является автоматическая обработка изображений, полученных с БПЛА, для выделения объектов, анализа ландшафта и обнаружения аномалий. Традиционные методы обработки изображений, такие как фильтрация и пороговая обработка, эффективны для простых задач, но требуют адаптации к сложным условиям съёмки [1].

Для выделения признаков из изображений в задачах инференса классифицирующих нейронных сетей используются различные подходы, включающие методы градиентного анализа и бинаризации. Оператор Собеля широко применяется для выделения границ объектов, а метод Оцу — для автоматической сегментации изображений на основе анализа гистограммы яркости.

Тестирование проведено на данных, полученных с камеры БПЛА «*GEOSCAN* Пионер Мини» [2].

Разработанные нами тестовые сценарии на языке программирования *Python* включают несколько ключевых этапов обработки:

— преобразование изображения в цветовое пространство *LAB* для выделения канала яркости;

— применение оператора Собеля для вычисления градиентов яркости;

— бинаризация изображения методом Оцу для разделения объектов и фона;

— анализ обработанных изображений средствами библиотеки *scikit-image*.

Результаты тестирования показали, что оператор Собеля эффективен для выделения контуров объектов, но требует дополнительной обработки для бинаризации. Метод Оцу демонстрирует высокую точность при разделении объектов и фона, но чувствителен к неравномерному освещению.

Пример обработанных изображений приведён на рис. 1, где справа отображение оператора Собеля, а слева изображение бинаризированное методом Оцу.

Оператор Собеля выделяет границы объектов, уменьшая зашумленность за счёт игнорирования низкоконтрастных объектов.

Метод Оцу менее требователен к вычислительным ресурсам, но выделяет вдове больше шумовых объектов.

На рис. 2 приведены гистограммы, характеризующие количество выделенных групп точек в зависимости от их площади в пикселях. Метод Оцу выделяет объекты, площадь которых на 1-2 порядка больше, что может негативно сказаться на работе нейронной сети после нормализации входных параметров, что в конкретном случае приведёт к тому, что на изображении не будет распознано домостроение.

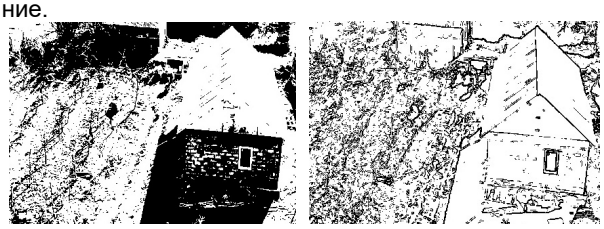


Рис. 1

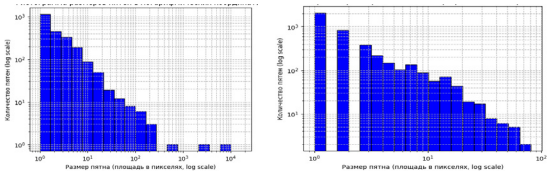


Рис. 2

3. Заключение

Использование оператора Собеля, несмотря на относительно высокие требования к вычислительным ресурсам, обеспечивает адекватное выделение признаков, что позволяет выбрать менее требовательную к ресурсам архитектуру классифицирующей нейронной сети. Это положительно влияет на энергопотребление БПЛА, что особенно важно для задач, требующих длительного автономного полёта.

4. Список литературы

[1] Кадничанский, С. А. Оценка контраста цифровых аэрофото- и космических снимков / С. А. Кадничанский // Геодезия и картография. — 2018. — Т. 79, № 3. — С. 46—51. — DOI: 22389/0016-7126-2018-933-3-46-51.

[2] Pioneer Mini : беспилотный авиационный комплекс [Электронный ресурс] / ГК Геоскан. — СПб. : ГК Геоскан, 2023. — Режим доступа: https://www.geoscan.ru/ru/products/pioneer/mini (дата обращения: 01.09.2025).

COMPARISON OF IMAGE PROCESSING METHODS FOR UAVS: SOBEL OPERATOR AND OTSU'S METHOD

Lavrova E. V., Yalyna R. A., Ivanov G. A.
Scientific adviser: Lavrova E. V.
Priazovsky State Technical University — Branch of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia

Abstract — In the paper, image processing methods for analyzing data obtained from unmanned aerial vehicles (UAVs) are discussed. A comparison of the Sobel operator and Otsu's method in the context of processing images from UAV cameras is conducted. The testing results, including visualization of processed images and analysis of method efficiency, are presented. The advantages of the Sobel operator for image parameterization in machine learning tasks are highlighted.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПЕРКОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

Демерза Н. А.
Севастопольский государственный университет, Россия

Аннотация — В работе рассматриваются современные подходы к распознаванию образов и объектов интереса на 2D-3D визуализациях на основе ортогонального спектрального анализа с применением гиперкомплексных чисел. Такой подход позволяет формализовать построение пространственно-временных спектров сложных сигналов. Пространственный поворот гармонического спектра обеспечивает упрощение многомерных спектров и их сведение к суперпозиции одномерных, что снижает вычислительную нагрузку программно-аппаратных реализаций анализаторов. Для анализа динамических картин привлекаются методы вейвлет-анализа спектров, которые могут опираться на алгебру дуальных гиперкомплексных чисел Клифорда.

1. Введение

Задачи распознавания образов в двумерных и трехмерных визуализациях становятся все более актуальными в связи с ростом объёмов визуальной информации. Традиционные методы обработки изображений, основанные на преобразованиях Фурье и вейвлет-преобразованиях, сталкиваются с проблемами высокой вычислительной сложности при анализе пространственно-временных сигналов.

Использование гиперкомплексных чисел и алгебры Клиффорда открывает новые возможности для представления многомерных сигналов, а также их спектрального анализа.

В частности, ортогональный спектральный анализ позволяет осуществить декомпозицию сложных структур сигналов в более простые компоненты с сохранением ключевых характеристик.

2. Основная часть

Ортогональный спектральный анализ обеспечивает разложение многомерных сигналов на набор ортогональных спектров, обладающих высокой устойчивостью к шуму.

Применение гиперкомплексных чисел даёт возможность формализовать пространственно-временные спектры и учитывать ориентационные характеристики объектов.

Одним из ключевых приёмов является пространственный поворот гармонического спектра, который позволяет свести многомерную структуру к суперпозиции одномерных спектров.

Такой подход облегчает интерпретацию данных и значительно снижает требования к вычислительным ресурсам, что критично при аппаратной реализации анализаторов.

При анализе динамических сцен возникает необходимость в исследовании временных изменений спектров.

Для этого предлагается использовать методы вейвлет-анализа, обладающие высокой разрешающей способностью как в пространственной, так и во временной области.

В качестве математической базы для формализации анализа может использоваться алгебра дуальных гиперкомплексных чисел Клиффорда, позволяющая эффективно описывать временные и пространственные изменения сигналов.

Практическое применение рассматриваемых методов возможно в системах технического зрения, автоматизированного контроля качества, навигационных и медицинских визуализирующих системах.

3. Заключение

Предложенный подход к распознаванию образов на основе ортогонального спектрального анализа с применением гиперкомплексных чисел позволяет упростить обработку многомерных сигналов и снизить вычислительные затраты.

Использование вейвлет-анализа в сочетании с алгеброй дуальных гиперкомплексных чисел открывает перспективы для эффективного анализа динамических картин.

В дальнейшем предполагается развитие метода в направлении создания специализированных программно-аппаратных средств для анализа 2D-3D визуализаций и расширение области его применения.

Список литературы

Бракс, Ф. Clifford Analysis / Ф. Бракс, Р. Деланге, Ф. Соммен. — Pitman, 1982. — 313 с.

Сэнгвайн, С. Дж. Обработка цветных изображений методами кватернионов / С. Дж. Сэнгвайн, Т. А. Элл. — IEEE Proc. on Vision, Image and Signal Processing. — 2000. — Т. 147, No 1. — P. 89—93.

Куликов, А. В. Методы спектрального анализа сигналов / А. В. Куликов. — М. : Физматлит, 2010. — 288 с.

Малла, С. Вейвлет-анализ и его приложения / С. Малла. — М. : Мир, 2005. — 672 с.

IMAGE RECOGNITION BASED ON ORTHOGONAL SPECTRAL ANALYSIS USING HYPERCOMPLEX NUMBERS

Demerza N. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, modern approaches to pattern recognition and detection of objects of interest in 2D–3D visualizations are considered, based on orthogonal spectral analysis using hypercomplex numbers. This approach makes it possible to formalize the construction of spatio-temporal spectra of complex signals. The spatial rotation of the harmonic spectrum simplifies multidimensional spectra, reducing them to a superposition of one-dimensional spectra, thus significantly decreasing the computational load of hardware and software analyzers. The analysis of dynamic scenes requires wavelet-based spectral methods, which can be grounded in Clifford dual hypercomplex algebra.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧИСЕЛ В ПАМЯТИ ЭВМ

Фаткулина А. С., Зеленкевич Д. Ю., Савинов В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: obmaneshh@gmail.com

Аннотация — В статье представлены результаты анализа особенностей представления чисел в памяти электронных вычислительных машин. Рассмотрены особенности всех видов двоичных знаковых чисел и особенности экспоненциальной формы записи двоичных чисел для представления чисел с плавающей запятой.

1. Введение

Одной из ключевых задач при обучении студентов в технических вузах является понимание работы с различными системами счисления. Умение работы с основными современными системами счисления позволяет в полной мере освоит современные информационные технологии. Ключевой системой счисления при работе современных электронных вычислительных машин (ЭВМ) является двоичная система счисления. При изучении способов представления двоичных чисел, применяемых в современных ЭВМ, требуется понимание особенностей представления целых и вещественных чисел, включая форматы с фиксированной и плавающей запятой.

2. Основная часть

ЭВМ обрабатывают данные в двоичной системе счисления, используя нули и единицы. Такой способ записи чисел называется двоичной системой счисления и лежит в основе функционирования всех современных компьютеров. Для представления чисел в ЭВМ обычно используют битовые наборы — последовательности нулей и единиц фиксированной длины.

В двоичной системе числа разбиваются на разряды, соответствующие степеням числа 2 (рис. 1). Каждая цифра в двоичном представлении называется битом (или разрядом).

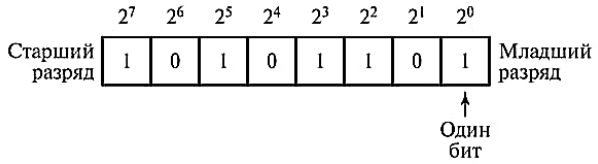


Рис. 1

В современных ЭВМ для работы с числами с плавающей точкой применяют два основных типа данных *float* и *double*. Отличие этих типов данных — *float* занимает 32 бита в памяти компьютера, а *double* 64 бита.

В ЭВМ вещественные числа типов *float* и *double* сохраняются в виде нормализованной экспоненциальной записи, где в качестве основания степени используется число 2. Нормализованная форма записи характеризуется мантиссой $M \in [1, 10)$, то есть $1 \leq M < 10$ для десятичного числа или мантиссой $M \in [1, 2)$, то есть $1 \leq M < 2$ для двоичного числа. Для примера число 1101.01_2 в нормализированной экспоненциальной форме записи записывается как $1.10101 \cdot 2^3$.

Для каждого бита в числе типа *float* выделена отдельная задача. Первый бит (красного цвета на рис. 2) выполняет функцию знакового бита. В зависимости от его значения число типа *float* может быть положительным (0), либо отрицательным (1).

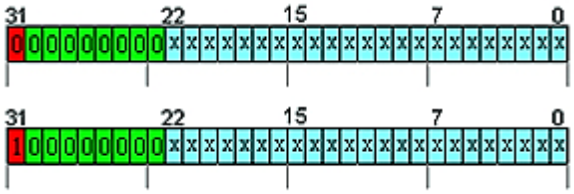


Рис. 2

Следующие 8 бит (зеленый) отвечают за значение степени экспоненты числа. Так как степень экспоненты числа типа *float* может быть как положительной, так и отрицательной, то для определения знака степени требуется выделять один бит для знака степени, однако, в степень экспоненты числа типа *float* вводят смещение на половину байта +127 (01111111). Таким образом, в памяти ЭВМ хранится диапазон степеней не от –127 до 127, а от 0 до 254, то есть все значения экспоненты положительны и выделять один бит под знак не требуется. Для обратного получения фактической степени экспоненты из хранящейся в памяти ЭВМ степени экспоненты требуется вычесть смещение на половину байта.

Оставшиеся 23 бита отвечают за значение мантиссы числа. Так как числа типа *float* хранятся в нормализованной форме, то мантисса числа лежит в диапазоне $1 \leq M < 2$. Из этого следует, что старший бит (целая часть) мантиссы всегда равен 1. Эта единица называется неявной единицей, и она не хранится в отведенных 23 битах памяти ЭВМ. Следовательно, в памяти ЭВМ хранится только остаток мантиссы без неявной единицы в имеющихся 23 битах, а при обработке таких чисел мантисса числа составляет 24 бита с учетом неявной единицы.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрены особенности двоичной системы счисления. Выявлены различия в использовании типов данных *float* и *double*, заключающиеся в объеме памяти. Также рассмотрен пример схематичного представления выделения памяти для числа типа *float*.

4. Список литературы

[1] Представление числе в ЭВМ [Электронный ресурс] / MSU. — Режим доступа: https://al.cs.msu.ru/static/classes-/NumberRepresent.pdf.
[2] Вещественные числа в памяти компьютера. Объяснение [Электронный ресурс] / *JAVARUSH*. — Режим доступа: https://javarush.com/groups/posts/3997vejshestvennihe-chisla-v-pamjati-kompjhjutera-

FEATURES OF NUMBER REPRESENTATION IN COMPUTER MEMORY

Fatkulina A. S., Zelenkevich D. Y., Savinov V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The results of analysis of the features of representation of numbers in memory of electronic computers are presented. Features of all types of representation of binary sign numbers and assumption of an exponential form of binary numerals for floating point numerals are considered.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ *SOFTWARE-DEFINED RADIO* В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «РАДИОТЕХНИКА»

Иськив В. М., Васильев А. В., Корниенко В. А.
Научный руководитель: Иськив В. М.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: vmiskiv@sevsu.ru

Аннотация — В работе рассмотрены вопросы интеграции технологии *Software-Defined Radio* (*SDR*) в учебный процесс магистрантов направления «Радиотехнике». На базе программно-определяемого радиомодуля *LimeSDR* и платформы *GNU Radio Companion* разработан комплекс лабораторных работ по дисциплине «Исследование и проектирование радиоэлектронных систем». Представленная методика позволяет изучать принципы проектирования и исследования систем аналоговой модуляции с возможностью практической реализации и верификации характеристик.

1. Введение

Современная подготовка магистров в области радиоэлектроники требует углубленного изучения методов проектирования и исследования сложных радиотехнических систем. Традиционные учебные стенды не обеспечивают необходимой гибкости и глубины исследования, ограничивая возможности экспериментальной проверки проектных решений. Технология *Software-Defined Radio* (*SDR*) представляет собой перспективную платформу для реализации комплексного подхода к проектированию и исследованию радиоэлектронных систем. Данная статья посвящена разработке учебно-методического комплекса на основе *SDR* для дисциплины «Исследование и проектирование радиоэлектронных систем» в магистратуре. Цель работы — формирование практических навыков проектирования и экспериментального исследования радиосистем с использованием современных программно-аппаратных комплексов.

2. Основная часть

Аппаратной основой учебного комплекса выбран программно-определяемый радиомодуль *LimeSDR*, обеспечивающий работу в диапазоне 100 кГц—3,8 ГГц с полосой пропускания до 61 МГц. Программная платформа на базе *GNU Radio Companion* предоставляет возможности для сквозного проектирования — от математического моделирования до практической реализации и тестирования радиосистем.

Разработанный комплекс на данный момент включает две лабораторные работы.

Лабораторная работа 1: «Исследование АМ-модуляторов».

Посвящена сквозному проектированию *AM*-системы: разработке структурной схемы, математическому моделированию, реализацию на платформе *GNU Radio* и экспериментальному исследованию характеристик. Особое внимание уделяется анализу влияния параметров модулирующего сигнала на спектральные характеристики и энергетические показатели системы.

Изучается интерфейс программы *GNU Radio Companion*, исследуются формирователи модулирующего сигнала, АМ-модуляторы тональной модуляции, АМ-модуляторы с другими модулирующими сигналами

Лабораторная работа 2: «Исследование демодуляторов АМ-сигналов».

Содержит исследование и сравнение различных архитектур АМ–демодуляторов. В рамках работы магистранты проводят сравнительный анализ различных методов демодуляции: исследуют детектирование сигналов с тональной модуляцией, анализируют характеристики приемников АМ-вещания, изучают работу узкополосного приемника, настроенного на фиксированный канал, и перестраиваемого широкодиапазонного приемника. Особое внимание уделяется оценке помехоустойчивости, реализуемости и эксплуатационных характеристик различных схем демодуляции в условиях реальных каналов связи, включая воздействие аддитивного шума, межканальных и мультипликативных помех.

Методической особенностью комплекса является ориентация на проектный подход — от теоретического моделирования до практической реализации и измерения параметров реальной системы.

3. Заключение

Внедрение *SDR*-технологии на базе платформы *LimeSDR* в учебный процесс магистратуры позволило реализовать комплексный подход к подготовке специалистов в области проектирования радиоэлектронных систем. Разработанный учебно-методический комплекс обеспечивает формирование практических навыков сквозного проектирования — от теоретического моделирования до экспериментальной проверки характеристик реальных систем. В следующем семестре планируется расширение комплекса курсовыми работами, ориентированными на проектирование цифровых систем связи и адаптивных радиотрактов, что поможет углубить подготовку магистров в области современных радиоэлектронных систем.

APPLICATION OF SOFTWARE-DEFINED RADIO TECHNOLOGY IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE FIELD OF RADIO ENGINEERING

Iskiv V. M., Vasiliev A. V., Kornienko V. A.
Scientific adviser: Iskiv V. M.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the issues of the integration of Software-Defined Radio (SDR) technology into the educational process of undergraduates in the field of Radio Electronics are considered. Based on the software-defined LimeSDR radio module and the GNU Radio Companion platform, a complex of laboratory work on the discipline "Research and design of radio electronic systems" has been developed. The presented methodology makes it possible to study the principles of design and research of analog modulation systems with the possibility of practical implementation and verification of characteristics.

ИНТЕГРАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЛЯ АДАПТИВНОГО АНАЛИЗА ЦИФРОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Васильева А. Р., Кальмук Ю. В., Третьякова Д. О., Сметанин В. П.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dasha.tretyakova.2005@list.ru

Аннотация — Статья представляет результаты разработки алгоритма для адаптивного анализа цифровой продукции. Представлены результаты тестирования программы, демонстрирующие её эффективность и стабильность работы.

1. Введение

В современном мире в условиях стремительного роста цифровой активности и постоянного взаимодействия пользователя с интернет-средой более актуальной темой становится осознанное управление временем, проведенным на страницах интернета. В данном проекте было разработано расширение для браузера *Chrome*, позволяющее отслеживать, сколько времени пользователь провел на различных веб-ресурсах. Алгоритм демонстрирует как технологии могут стать инструментом помощи в повседневной жизни.

2. Основная часть

Расширение состоит из следующих компонентов: контентный скрипт: отслеживает активность пользователя на веб-страницах, фиксирует *URL*, время начала и окончания сессии; фоновый скрипт: агрегирует данные, хранит их в локальном хранилище, обеспечивает взаимодействие между вкладками; интерфейс пользователя: отображает статистику посещений; алгоритм анализа: классифицирует сайты по типу активности и адаптируется к индивидуальному поведению пользователя.

Файл *package.json* — содержит список всех зависимостей, кодов для запуска, сборки и тестирования.



Рис. 1

Файл *package-lock.json* — автоматически генерируемый файл, который фиксирует точные версии всех установленных зависимостей. Гарантирует, что у всех разработчиков будет одинаковая версия пакетов.



Рис. 2

Файл *manifest.json* — паспорт расширения. *Google Chrome* читает этот файл, чтобы понять, что из себя представляет расширение: его название, разрешения и т. д.

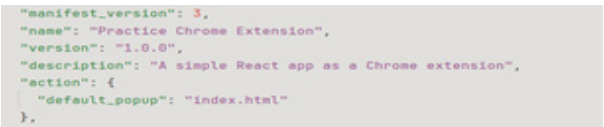


Рис. 3



Рис. 4

Файл *background.ts* — фоновый скрипт расширения. Это «мозг» операции. Он работает постоянно в фоне, обрабатывает события браузера, управляет перехватом запросов.



Рис. 5

Файл *index.html* — основной *HTML*-файл. Это базовая страница, в которую внедряется собранный *JavaScript* и *CSS*.



Рис. 6

3. Заключение

Таким образом, создание расширения позволяют перейти от простой статистики к интеллектуальной поддержке пользователя: выявить паттерны отвлечения, формировать рекомендации, показывать динамику фокусировки.

4. Список литературы

[1] Абросимов, Л. И. Методика переноса информационных систем / Л. И. Абросимов, Д. Р. Рогов // Естественные и технические науки. — 2023. — 140 с.

ALGORITHM INTEGRATION FOR ADAPTIVE ANALYSIS DIGITAL PRODUCTION

Vasilyeva A. R., Kalmuk Y. V., Tretyakova D. O., Smetanin V. P.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a practical guide for developing and applying an algorithm for adaptive analysis of digital products is applied. The article presents the results of testing the program, demonstrating its effectiveness and stability.

СВЕРХМОЩНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ЯДРО СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Штанкин И. С., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: faerr2017@mail.ru

Аннотация — В статье предлагается концепция построения иерархической системы государственного управления на основе сверхмощного искусственного интеллекта (СИИ). Рассматриваются вопросы прозрачности, безопасности и комбинации открытых и закрытых компонентов системы.

1. Введение

Идея автоматизации управления страной уходит корнями в XX век. Советский учёный Виктор Глушков предлагал создать систему тотального учёта и планирования (проект ОГАС), а академик Николай Ведута занимался моделированием межотраслевых процессов.

Современные технологии ИИ и блокчейн дают шанс вернуться к этим идеям, но с более гибкой и безопасной архитектурой.

Ключевым элементом становится СИИ, который объединяет отдельные ИИ-агенты и обеспечивает прозрачность и управляемость всей системы. Хотя на данный момент такой СИИ не существует, но темпы развития ИИ, с учетом достигнутых практических результатов, дают надежду на его появление в обозримом будущем.

2. Основная часть

Сверхмощный искусственный интеллект (СИИ) — это тип искусственного интеллекта, который значительно превосходит человека во всех сферах умственной деятельности: от логики и научного анализа до творчества, социальной интуиции и стратегического мышления.

В рамках данной архитектуры СИИ не просто координирует работу агентов, но и самостоятельно анализирует сложные взаимосвязи, строит прогнозы и формирует стратегические сценарии.

Иерархическая структура управления представлена на рис. 1.

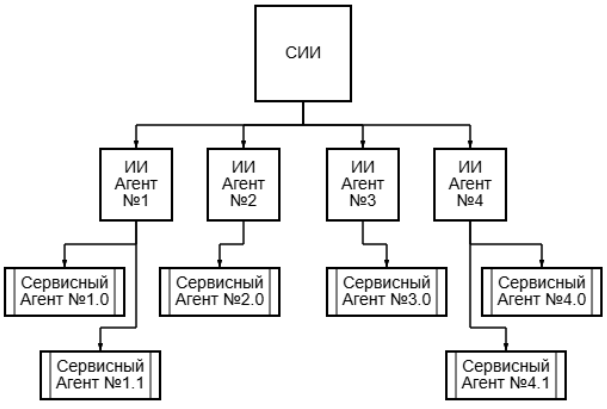


Рис. 1

Иерархия включает в себя несколько уровней и состоит из следующих блоков:

— СИИ (Наивысший уровень): принимает глобальные решения на основе анализа всех данных государства, а также контролирует нижестоящих агентов, проверяет их корректность и оптимизирует их взаимодействие;

— ИИ агенты (Средний уровень): каждый агент отвечает за свою область: экономика, правосудие, образование, медицина, инфраструктура и др, которые выполняют аналитику и рутинные операции, подготавливают решения для людей;

— сервисные агенты (Низкий уровень): обслуживание рутинных задач по, например, регистрации документов, обработке заявлений, мониторингу исполнения контрактов.

Каждый блок системы может быть открытым, гибридным или закрытым:

— открытые агенты — работают по понятным алгоритмам, код доступен для проверки; применяются в сервисных сферах с низким риском;

— гибридные агенты — решения фиксируются и доступны для аудита, но часть моделей скрыта для защиты данных и от злоупотреблений;

— закрытые агенты — используются в сферах нацбезопасности, их действия фиксируются в неизменяемом журнале, в основе которого лежит технология блокчейн, доступ к которому имеют лишь уполномоченные аудиторы.

3. Заключение

Сверхмощный ИИ в роли стратегического центра способен значительно повысить эффективность управления страной.

ИИ и сервисные агенты обеспечивают работу на нижних уровнях, а прозрачность и распределённая система аудита через блокчейн сохраняют контроль и доверие.

Такой подход сочетает гибкость, открытость для общества и безопасность, снижая риски утраты человеческого контроля.

4. Список литературы

[1] Глушков, В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС / В. М. Глушков. — М. : Статистика, 1975. — 160 с.

[2] Ведута, Е. Н. Искусственный интеллект в обеспечении устойчивого экономического развития / Е. . Ведута, Л. А. Гегамян. — М. : Государственное управление. Электронный вестник. — 2025. — № 110. — С.179—194.

SUPERINTELLIGENT AI AS THE NATIONAL GOVERNANCE SYSTEM CORE

Shtankin I. S., Smetanina T. I.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The concept of a hierarchical governance system built around a Superintelligent Artificial Intelligence (SAI) acting as the strategic center are considered.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С УЧЁТОМ МЕТЕОДАННЫХ, СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ И АНАЛИЗА ФЛОРЫ

Свиридов Н. М., Кочерженко Е. В., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: kocherzhenko.zhenya@bk.ru

Аннотация — В статье рассматривается применение методов искусственного интеллекта для прогнозирования возникновения лесных пожаров. Использование комплексного подхода, включающего анализ метеорологических данных (температура, скорость ветра, влажность), спутниковых снимков и особенностей флоры (наличие высоко воспламеняющихся пород растений), позволяет значительно повысить точность моделей прогнозирования. В статье также обсуждаются отечественные исследования в области мониторинга природных пожаров и перспективы внедрения интеллектуальных систем в практику.

1. Введение

На сегодняшний день лесные пожары являются одной из наиболее опасных природных катастроф, приводящих к значительным экологическим и экономическим потерям.

Ежегодно в России фиксируется множество очагов возгорания, что требует разработки эффективных методов мониторинга и прогнозирования.

Традиционные методы, такие как наблюдения с вышек и авиаразведка, уступают современным цифровым технологиям и не обеспечивают достаточной точности.

В связи с этим, актуальной задачей становится разработка интеллектуальных систем, способных прогнозировать вероятность возгораний на основе анализа больших данных [1].

2. Основная часть

Для прогнозирования риска пожаров используют три типа информации:

— метеоданные: температура воздуха, скорость и направление ветра, влажность почвы и атмосферы;

— спутниковые снимки (Канопус-В, Ресурс-П, *NASA*/*ESA*): позволяют фиксировать очаги возгораний и анализировать индекс растительности (*NDVI*);

— флористический анализ: выделение участков с высокой горючестью (хвойные породы, сухая трава).

Обработка данных осуществляется методами машинного обучения, включая градиентный бустинг и нейронные сети [2, 3].

Алгоритм работы модели:

— входные данные нормализуются (метеопараметры переводятся в диапазон [0,1]);

— анализ снимков проводится сверточными нейронными сетями (*CNN*) для выделения признаков: сухие участки, снижение *NDVI* и др;

— данные о флоре кодируются по коэффициентам горючести;

— интеграция признаков на скрытых слоях нейросети позволяет выявить нелинейные зависимости;

— выходной слой (*softmax*/сигмоида) формирует вероятность возникновения пожара или категорию риска.

Таким образом, модель объединяет разнородные источники информации и выдаёт оценку вероятности возгорания.

В результате применения подобных моделей отечественные исследования показывают, что использование метеоданных и спутниковых наблюдений обеспечивает точность прогноза на уровне 85—90%.

Добавление анализа флоры повышает точность ещё на 5—7%. Это подтверждает эффективность комплексного подхода: искусственный интеллект способен не только фиксировать фактические пожары, но и заблаговременно прогнозировать их вероятность с высокой надёжностью [2, 3].

3. Заключение

Использование искусственного интеллекта в прогнозировании лесных пожаров открывает новые возможности для охраны природы и минимизации ущерба от катастроф.

Включение анализа флоры в качестве дополнительного параметра значительно повышает точность моделей.

В перспективе подобные системы могут стать основой национальных платформ мониторинга и раннего предупреждения лесных пожаров. Внедрение ИИ в эту сферу позволит обезопасить население и спасти гектары леса, а также существенно сэкономить средства, которые уходят на восстановление территорий после пожаров.

4. Список литературы

[1] Прокушев, С. Г. Применение методов машинного обучения для прогнозирования природных пожаров / С. Г. Прокушев, О. В. Кузьмина // Лесоведение. — 2021. — № 5. — С. 412—420.

[2] Гордеев, А. А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России / А. А. Гордеев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2020. — Т. 17. — № 6. — С. 233—241.

[3] Рослесхоз. Государственный доклад «О состоянии и использовании лесов Российской Федерации». — М., 2022.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR FOREST FIRE PREDICTION BASED ON METEOROLOGICAL DATA, SATELLITE IMAGES, AND FLORA ANALYSIS

Sviridov N. M., Kocherzhenko E. V., Smetanina T. I.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the application of artificial intelligence methods for predicting forest fires is discussed. Domestic research on monitoring natural fires and the prospects for implementing intelligent systems in practice has been discussed.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ЗАДАЧАХ 2D-, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНИМАЦИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНЕТРОНЕ

Безносько В. В., Шалягин И. М., Балинец К. А., Лукьянчиков Н. А., Лукьянчиков А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: brain75@mail.ru

Аннотация — В работе рассматривается методология применения вычислительной и визуализационной компьютерной графики для анализа нестационарных процессов взаимодействия заряженных частиц с электромагнитными полями в электровакуумных приборах.

1. Введение

Актуальность проблемы визуализации физических процессов, не поддающихся непосредственному экспериментальному наблюдению, является одной из ключевых в современном инженерном образовании. Изучение динамики заряженных частиц в приборах СВЧ, в частности, в магнетроне, основано на анализе решения уравнения Лоренца. Аналитический подход, хотя и обладает строгостью, не позволяет в полной мере проиллюстрировать пространственно-временную эволюцию электронного потока, его взаимодействие с резонаторной системой анода и процесс формирования объемного заряда. Компьютерное моделирование, интегрирующее численные расчеты и средства научной визуализации, предоставляет возможность исследовать данные явления в динамике, варьируя параметры полей и начальные условия, что значительно углубляет понимание принципов генерации сверхвысокочастотных колебаний.

2. Основная часть

Физической основой работы магнетрона является движение электронов в постоянных и взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Сила, действующая на электрон, описывается уравнением Лоренца [1]:

$$F = -e\,(\,E + [v \times B]\,),$$

где e — элементарный заряд, E — вектор напряженности радиального электрического поля, B — вектор магнитной индукции, v — вектор скорости электрона.

Движение электрона массой m описывается системой дифференциальных уравнений, вытекающей из второго закона Ньютона:

$$d^2r/dt^2 = -(e/m)\,(\,E + [dr/dt \times B]\,).$$

Решение данной системы для множества частиц с различными начальными условиями представляет значительную вычислительную задачу. Ее реализация осуществляется методами численного интегрирования (например, методом Рунге-Кутты 4-го порядка) в специализированных программных средах (Matlab, Comsol Multiphysics) или с использованием языков программирования (Python, C++).

Полученные массивы данных, содержащие координаты и скорости частиц во времени, служат основой для последующей визуализации [2]. Средства 3D-моделирования (Blender, Maya) или библиотеки научной графики (Matplotlib, VTK в Python) позволяют трансформировать численные результаты в динамическую анимацию.

Визуализация последовательно раскрывает ключевые этапы процесса: эмиссия электронов с катода и их первоначальное радиальное ускорение; воздействие магнитного поля, приводящее к отклонению траекторий в азимутальном направлении и их искривлению; формирование классической циклоидальной траектории при докритических значениях магнитной индукции; возникновение замкнутых круговых орбит и образование устойчивого пространственного зарядового спайдера при выполнении условия $B \geq B$кр.

Данная анимация наглядно демонстрирует механизм задержки электронов на пути к аноду и передачу их кинетической энергии СВЧ-полю резонаторов, что является фундаментальным принципом генерации.

3. Заключение

Таким образом, применение методов компьютерной графики и анимации для визуализации решения уравнения Лоренца представляет собой мощный дидактический инструмент. Он позволяет перейти от абстрактного математического описания к наглядному исследованию динамики электронов в скрещенных полях магнетрона. Синтез вычислительного моделирования и научной визуализации не только способствует более глубокому усвоению теоретического материала, но и развивает у студентов навыки анализа сложных физических процессов, что является важным элементом современной инженерной подготовки.

4. Список литературы

[1] Петрушанский, М. Г. Электронные приборы СВЧ : учеб. пособие / М. Г. Петрушанский. — Оренбург : ОГУ, 2017. — 107 с.

[2] Особенности моделирования пролетного клистрона в среде VPython / А. И. Нестеренко, В. О. Полубоярцев, А. А. Еськов, А. В. Лукьянчиков // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2025. — Т. 8, № 5. — С. 763—776. — DOI 10.21227/99gg-mm65.

FEATURES OF APPLICATION OF COMPUTER GRAPHICS IN 2D AND 3D MODELING AND ANIMATION FOR VISUALIZING ELECTRON DYNAMICS IN A MAGNETRON

Beznosko V. V., Shalyagin I. M., Balinets K. A.,
Lukyanchikov N. A., Lukyanchikov A. V.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the methodology of using computational and visualization computer graphics for the analysis of non-stationary processes of interaction of charged particles with electromagnetic fields in microwave vacuum devices is discussed.

РАЗРАБОТКА ИНВЕРТОРНОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Филиппов М. Д., Беленко М. С., Иванюк Т. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: matveychik060704@gmail.com

Аннотация — В статье представлена разработка инверторного стабилизатора переменного напряжения, предназначенного для стабилизации напряжения питания бытовых устройств и состоящего из входного фильтра, выпрямителя с корректором коэффициента мощности, инвертора, выходного фильтра.

1. Введение

Современные бытовые приборы достаточно критичны к постоянству параметров сетевого напряжения питания. При этом практически в каждой квартире многоквартирного дома находится большое количество мощной бытовой техники, периодически включающейся и выключающейся. Подобные коммутации сетевого напряжения вызывают большое количество помех в сети питания, нестабильность уровня напряжения, относительно быстрые перепады и скачки напряжения. Исключить или свести к минимуму все эти недостатки позволяют стабилизаторы сетевого напряжения.

2. Основная часть

Стабилизатор напряжения должен обладать следующими функциональными особенностями: высокое быстродействие; диапазон входного напряжения от 90 В до 310 В; высокая точность стабилизации; выходное напряжение синусоидальной формы без разрывов и скачков; защита от короткого замыкания и повышенной нагрузки; защита от повышенного или пониженного входного напряжения; фильтрация сетевых помех и импульсных перенапряжений; бесшумная работа.

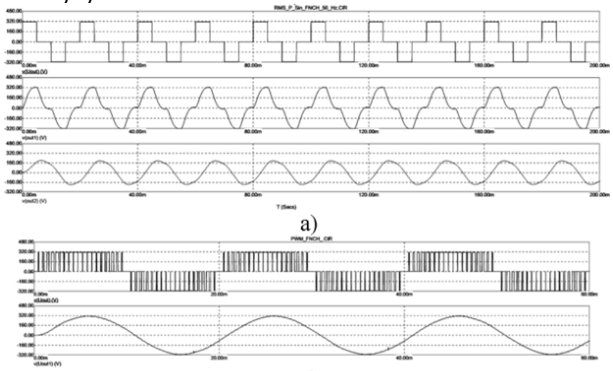
Структурная схема устройства (рис. 1) состоит из блоков, необходимых для обеспечения всех его функций: входной фильтр; входной выпрямитель; инвертор; выходной фильтр; устройство управления; датчики контроля параметров выходных тока и напряжения.



Рис. 1

Решением для снижения уровня высокочастотных составляющих в спектре выходного напряжения DC/AC преобразователя является установка на его выходе избирательного фильтра, подавляющего лишние гармоники. В качестве такого фильтра применяется ФНЧ 2-го порядка, выполненный на L и C-элементах. В спектре напряжения с модуляцией по синусоидальному закону гармоники появляются на частотах выше 1500 Гц, поэтому частоту среза ФНЧ можно выбрать значительно выше частоты первой гармоники. Увеличение частоты среза позволяет уменьшить параметры катушки и конденсатора, т.е. позволяет снизить массу и габариты устройства.

На рис. 2, а показаны формы выходного напряжения преобразователя с ФНЧ Чебышева с частотой среза 50 Гц и ФНЧ Баттерворта. Из анализа графиков видно, что фильтр Чебышева не изменяет уровень 1-й гармоники, но слабо подавляет 3-ю гармонику. Выходное напряжение приближенно к синусоидальной форме, но амплитуда напряжения 1-й гармоники уменьшена. Более «чистый» синус можно только за счет увеличения порядка передаточной функции. На рис. 2, б показано выходное напряжение преобразователя с модуляцией по синусоидальному закону. Здесь также использовался фильтр Баттерворта 2-го порядка, но с частотой среза 250 Гц. Благодаря этому гармоники с частотами выше 1500 Гц подавляются ФНЧ 2-го порядка; не изменяется уровень 1-й гармоники, поэтому выходное напряжение преобразователя наиболее приближено к синусу.



а)

б)

Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработаны состав и перечень функций однофазного стабилизатора сетевого напряжения, составлена структурная схема устройства, проанализированы методы формирования напряжения синусоидальной формы на выходе инвертора.

4. Список литературы

[1] Штерн, М. Н. Силовая электроника: Расчёты и схемотехника / М. Н. Штерн. — М. : Наука и техника. — 2019. — с. 400.
[2] Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт / Е. Н. Гейтенко. — М. : Солон-Пресс. — 2008. — 448 с.

DESIGN OF AN INVERTER AC VOLTAGE STABILIZER

Filippov M. D., Belenko M. S., Ivanuk T. A.
Scientific adviser: Tyschuk U. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the design of an inverter AC voltage stabilizer, to stabilize the supply voltage of household devices and consisting of an input filter, a rectifier with a power factor corrector, an inverter, and an output filter, is considered.

ПРИЕМ И ДЕМОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ *ARGOS2* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *SDR* И *GNU RADIO*

Агеев Д. С., Безгин А. А., Лунев Е. Г., Литвиненко С. Р.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: danil.ageev.90@gmail.com

Аннотация — В настоящей статье рассмотрены вопросы приема и демодуляции сигналов спутниковой системы *ARGOS2* с использованием технологии *SDR*, а также среды *GNU Radio*.

1. Введение

Бурное развитие беспроводных технологий и внедрение концепции Интернета вещей (*IoT*) привело к беспрецедентной фрагментации радиочастотного спектра и появлению множества конкурирующих стандартов связи. Это создает серьезный вызов для традиционных радиосистем, архитектура которых жестко детерминирована на аппаратном уровне и не способна к быстрой адаптации к новым протоколам или изменяющимся условиям эфира. В условиях, когда требования к пропускной способности, задержкам и энергоэффективности продолжают ужесточаться, возникает острая необходимость в принципиально новых, гибких и многофункциональных решениях.

2. Основная часть

Для приема сигнала спутниковой системы *ARGOS* будем использовать *SDR* приемник *RTL SDR v3*, внешний вид которого представлен на рис. 1.

Данный *SDR* приемник обладает двумя чипами на борту: *RTL*2832*U* и *R*820*T*2. Имеется два рабочих частотных диапазона: КВ: 500 кГц—24 МГц и УКВ: 24—1766 МГц. Также в составе имеется встроенный опорный генератор с точностью 1 *ppm* [1, 2].

Принятый сигнал необходимо записать для последующей демодуляции и декодирования. Для записи сигнала будем использовать среду *GNU Radio* и блок *Signal Recorder*, написанный на *Python*.



Рис. 1

Алгоритм по обработке записанного сигнала представлен на рис. 2.

Для записанного сигнала необходимо выполнить преобразование на нулевую частоту с уменьшением частоты дискретизации сигнала в 40 раз, что позволит отфильтровать принятый сигнал и упростить дальнейшую обработку. Несущая частота 401,65 МГц, модуляция ФМ-2 [3]

Далее в виду воздействия доплеровского эффекта необходимо восстановить несущую частоту при помощи ФАПЧ. Затем полученный *IQ*-сигнал необходимо отфильтровать ФНЧ типа приподнятый, что позволит избавится от высокочастотных составляющих и уменьшить МСИ. Затем отфильтрованный сигнал подается на детектор фазы, который осуществляет преобразование значений сигнала в указанный диапазон фазы ±1,1 радиан для сигнала *ARGOS*. Затем осуществляется декодирование принятой фазы сигнала в логические значения 0 при значении –1,1 и 1 при значении фазы +1,1.

Затем полученные биты подаются на декодер манчестерского кода, на выходе которого имеем переданное сообщение, которое записывается в файл.

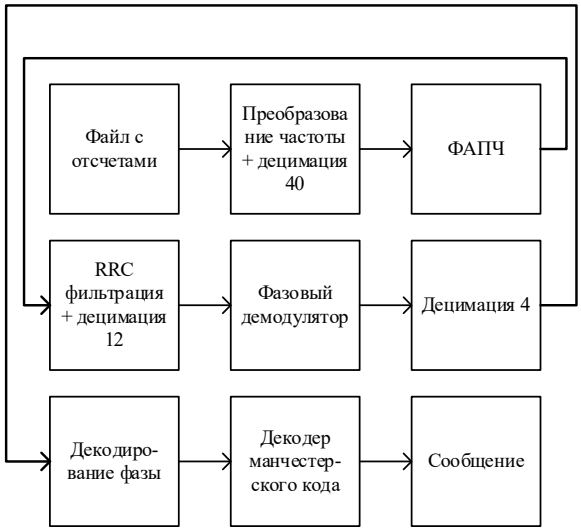


Рис. 2

Содержимое текстового файла представлено на рис. 3.

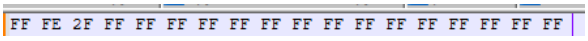


Рис. 3

3. Заключение

Таким образом, был осуществлен прием сигнала спутниковой системы *ARGOS*-2, а также осуществлена его демодуляция и декодирование при помощи среды *GNU Radio Companion*.

4. Список литературы

[1] RTL-SDR V.3 Datasheet [Электронный ресурс] / RTL-SDR — Режим доступа: https://www.rtl-sdr.com/wp-content/uploads/2018/02/RTL-SDR-Blog-V3-Datasheet.pdf.

[2] Bezgin, A.A. Distributed intelligent measuring and information system for monitoring coastal environmental parameters / A.A. Bezgin, S.V. Motyzhev, E.G. Lunev, A.P. and others // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2021. — P. 32028.

[3] Mladenov, T. Implementation of a GNU Radio-Based Search and Rescue Receiver on ESA's OPS-SAT Space Lab [Electronic resource] / T. Mladenov, D. Evans, V. Zelenevskiy // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. — 2022. — Vol 37, No. 5. — P. 4—12. — URL: https://doi.org/10.1109/MAES.2022.3143875.

RECEPTION AND DEMODULATION OF ARGOS2 SATELLITE SYSTEM SIGNALS USING SDR AND GNU RADIO

Ageev D. S, Bezgin A. A, Lunev E. G, Litvinenko S. R.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the issues of reception and demodulation of signals from the ARGOS2 satellite system is discussed, using SDR technology and the GNU Radio environment.

РАЗРАБОТКА SDR ПРИЁМНИКА ДЛЯ ИНТЕРНЕТ ВЕЩАНИЯ

Нестеров В. Р.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: info@sevsu.ru.

Аннотация — Рассмотрены основные принципы работы SDR устройств. Разработана принципиальная схема. Приведён перечень используемых в схеме компонентов.

1. Введение

В радиоприёмниках, использующих технологию SDR компоненты, обычно реализованные в аналоговом оборудовании, такие как микшеры, усилители, модуляторы/демодуляторы и т.д. реализованы с помощью программного обеспечения ЭВМ. Преимуществом интернет-вещания является возможность передачи оцифрованного, необработанного сигнала на большие расстояния для последующих манипуляций и обработки непосредственно на устройстве пользователя, что позволяет получать доступ к множеству радиостанций по всему миру. В докладе приводятся основные принципы работы SDR устройств для интернет-вещания и, непосредственно, ход разработки SDR приёмника для интернет-вещания.

2. Основная часть

При разработке SDR приёмника для интернет-вещания важно учитывать основные принципы работы устройств, основанных на данной технологии, а также современные решения в данной области.

Рассматриваемое в докладе устройство содержит ряд блоков в составе аппаратной части:

— входные фильтры;
— МШУ (малошумящий усилитель);
— смесители;
— фазовращатель;
— АЦП (аналого-цифровые преобразователи);
— гетеродин (генератор);
— ФНЧ (фильтры низких частот);
— процессор DSP;
— одноплатный компьютер.

После системы входных фильтров сигнал поступает на АЦП. Проблемой является соединение линейного тракта приёмника с входом АЦП. В разработанной схеме используется АЦП с максимальным уровнем сигнала на входе в 1 В (p — p, или полный размах), с числом разрядов n — 12, 14, 16 и тактовой частотой или скоростью выборки F sample 600 МГц. Принципиальная схема устройства представлена на рис. 1.

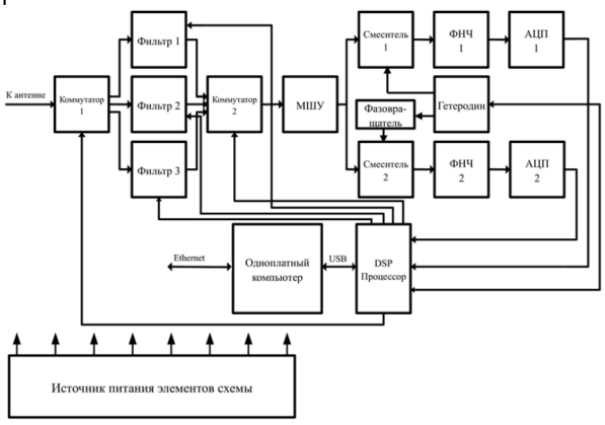


Рис. 1

Система входных фильтров состоит из трёх настраиваемых фильтров, каждый из которых работает в своём диапазоне; ADMV80521, ADMV8052 и ADMV8513. За выбор нужного фильтра отвечает аналого-цифровой преобразователь ADS4229. Два коммутатора ADG786 отвечают за выбор входного фильтра с необходимым диапазоном частот, исходя из команд, поступающих с DSP-процессора 1867ВЦ2АТ «Таврия-Т» отечественной разработки. Малошумящий усилитель ВЧ TQP3M9008 обеспечивает усиление входного сигнала до уровня, необходимого для нормальной работы аналогово-цифрового преобразователя с учётом ослабления сигнала во входном фильтре. Смеситель HMC525A, состоящий из двух двойных балансных смесителей и фазовращателя, используется для смешивания входного радиосигнала с сигналом локального генератора (гетеродина), что позволяет перенести частоту входного сигнала в более низкий диапазон, который легче обрабатывать. В нашей схеме используются IQ-смесители. Они формируют два сигнала: I (In phase) и Q (Quadrature), которые сдвинуты друг относительно друга на 90 градусов. Это позволяет сохранить всю информацию о входном сигнале, включая его амплитуду и фазу, что важно для демодуляции многих типов сигналов. В нашем устройстве стабильное вещание данных обеспечивает одноплатный компьютер Raspberry PI 3 модели B.

Отличительной особенностью разработанного устройства является возможность принимать сигналы в широком диапазоне частот, 30—2600 МГц, без излишнего усложнения конструкции, а также возможность автономной работы без подключения к полноценной ЭВМ.

3. Заключение

Таким образом, разработано устройство для интернет-вещания, использующее технологию SDR, способное обеспечивать стабильное интернет вещание при помощи одноплатного компьютера, без необходимости подключения к внешней ЭВМ.

Описан принципы работы устройства и роль каждого компонента, использованного в приведённой схеме.

4. Список литературы

[1] Ewing, M. The ABCc of Software Defined Radio / M. Ewing. — Toronto : The American Radio Relay League, 2012. — 63 p.
[2] Platt, C. Encyclopedia of Electronic Components / C. Platt, F. Jansson. — Vol. 2. — London : 2014. — 127 p.

DESIGN OF AN SDR RECEIVER FOR INTERNET BROADCASTING

Nesterov V. R.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The basic principles of operation of SDR devices are considered. A schematic diagram has been developed. The list of components used in the scheme is given.



Секция 7

СХЕМОТЕХНИКА И КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

КПД УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С АДАПТИВНО ИЗМЕНЯЕМЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ

Мельников А. В., Муратов А. Э., Капнопуло Д. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Мельников А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: mel.anat@mail.ru

Аннотация — Проведен анализ каскада усиления мощности, работающего с адаптивно изменяемым напряжением цепей питания Найдено выражение для расчета КПД усилителя мощности. Приведены зависимости КПД каскада от амплитуды выходного напряжения.

1. Введение

Известно, что КПД усилителя мощности низкой частоты зависит как от напряжения сигнала на выходе, так и от напряжения питания оконечного каскада. При синусоидальном сигнале с амплитудой, близкой к величине напряжения питания оконечного каскада, предельно достижимое КПД усилителя в режимах *B* составляет 78,5%.

Однако при усилении реальных сигналов напряжение питания выбирают из условия отсутствия искажений сигнала при пиковых уровнях напряжения на выходе. Вследствие этого средний уровень усиливаемого сигнала оказывается ниже максимального неискаженного выходного напряжения, что приводит к снижению КПД. Поэтому для повышения КПД в усилителях мощности используют изменяемое напряжение цепей питания [1, 2, 3].

В литературе отсутствует анализ и расчеты энергетической эффективности усилителей мощности, работающих с адаптивно изменяемым напряжением цепей питания, поэтому тема рассматриваемой работы является актуальной.

2. Основная часть

В усилителе мощности с адаптивным источником питания напряжение цепей питания оконечного каскада изменяется в соответствии с рис. 1.

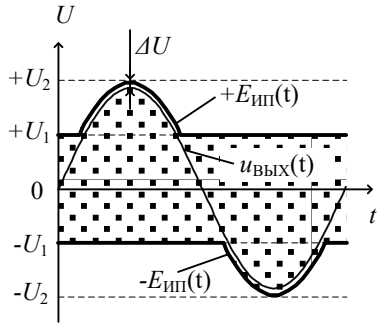


Рис. 1

При небольших уровнях выходной мощности, пока выходное напряжение не достигло уровня переключения питания U_1, напряжение поддерживается на постоянном уровне U_1. При превышении выходного напряжения этого уровня напряжение цепей питания увеличивается и поддерживается на 1—2 В больше амплитуды выходного напряжения.

Анализ показал, что КПД усилителя мощности может быть рассчитан по формуле

$$\eta = \frac{\pi}{4}\frac{U_{m\,\text{вых}}}{E_{\text{ИП}}},$$

где η — коэффициент полезного действия.

Использование адаптивно изменяемого напряжения цепей питания позволяет получить КПД усилителя близким к предельно достижимому для режима *B* — 78,5%.

На рис. 2 приведено изменение КПД усилителя, работающего в режиме *B* с адаптивным питанием, в зависимости от амплитуды напряжения на выходе.

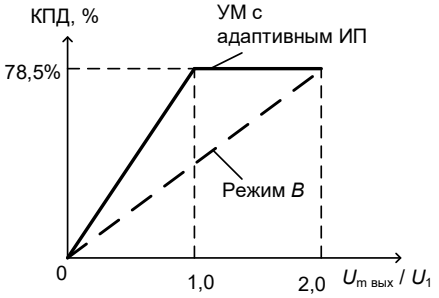


Рис. 2

3. Заключение

Получены выражения и приведены графики зависимости КПД усилителя мощности с адаптивно изменяемым напряжением цепей питания от напряжения на выходе. Расчеты показали, что при переключении на работу с адаптивно изменяемым напряжением цепей питания, КПД усилителя близко к предельно достижимому для режима *B*.

4. Список литературы

[1] A class-G switched-capacitor RF power amplifier / S-M Yoo [et al.] // IEEE Journal ofsolid-state circuits. — 2013. — Vol. 48, No 5. — P. 1212—1223.

[2] Мельников, А. В. Усилители низкой частоты класса *B* с изменяемым напряжением цепей питания / А.В. Мельников, В. А. Русев // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций : сб. науч. тр. / под ред. Ю.Б. Гимпилевича. — Изд-ва : РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2021. — № 4. — С. 182.

[3] Мельников, А. В. Расчет КПД усилительного каскада, работающего в режиме *H* / А. В. Мельников, А. Э. Муратов, Д. В. Капнопуло // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций : сб. науч. тр. / под ред. И. Л. Афонина. — Москва-Севастополь : РНТОРЭС им. А.С. Попова, СевГУ, 2022. — № 5. — С. 168.

POWER AMPLIFIER EFFICIENCY WITH ADAPTIVELY VARIABLE SUPPLY VOLTAGE

Melnikov A. V., Muratov A. E., Kapnopulo D. V.
Scientific adviser: Melnikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Analysis of the power amplification stage operating with adaptively variable voltage of power circuits was carried out. Found an expression to calculate the efficiency of the power amplifier. Dependence of cascade efficiency on output voltage amplitude are given.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВАХ РЕЗОНАНСНО-ТУННЕЛЬНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ GaN/SiC/ГРАФЕН С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Коломейцева Н. В., Левчук А. О., Овчинникова Д. А., Абрамов И. И.
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф. Абрамов И. И.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: nanodev@bsuir.edu.by

Аннотация — Рассмотрена комбинированная модель резонансно-туннельных гетероструктур, включающих GaN, SiC и графен с вертикальным транспортом, учитывающая влияние температуры окружающей среды на электрические характеристики исследуемой приборной структуры. Приведены результаты расчета характеристик двухбарьерной гетероструктуры GaN/SiC/графен/SiC/GaN.

1. Введение

Резонансно-туннельные диоды на основе GaN демонстрируют высокие значения контрастности и скорости переключения, а также улучшенную выходную мощность. Для разработки таких приборов предназначены физико-математические модели, описывающие физические процессы, происходящие в приборных гетероструктурах на различных материалах [1, 2].

В докладе приводятся результаты моделирования приборных гетероструктур, работающих на эффекте резонансного туннелирования и включающих GaN с вертикальным транспортом.

2. Основная часть

Предложенная комбинированная модель предназначена для моделирования резонансно-туннельных гетероструктур, включающих GaN, SiC и графен с вертикальным транспортом. Ее описание изложено в [3].

Рассмотрим двухбарьерную гетероструктуру на основе GaN/SiC/графен. Активная область гетероструктуры состоит из двух потенциальных барьеров SiC протяженностью 1 нм и расположенной между ними трехслойной графеновой квантовой ямы. К активной области прилегают спейсерные области приборной структуры, состоящие из GaN, протяженностью по 5 нм каждая. Приконтактные области GaN протяженностью 20 нм легированы донорной примесью $1 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$. Расчеты характеристик проведены с использованием равномерной сетки пространственной дискретизации с шагом 0,5 Å (рис. 1).

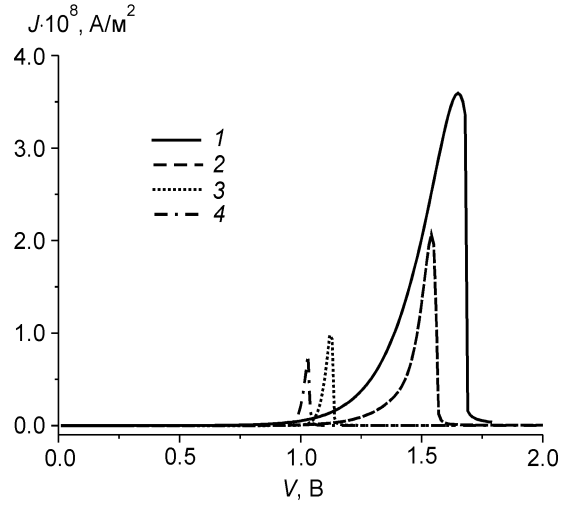


Рис. 1

Число шагов сетки NStep задавалось равным 1060. При задании исходных данных используются также высоты потенциальных барьеров на гетерограницах областей, а также эффективные массы и диэлектрические проницаемости используемых материалов.

На рис. 1 показана зависимость плотности тока от приложенного напряжения исследуемой гетероструктуры при различных температурах окружающей среды. Кривая 1 соответствует значению температуры, равному 300 К, кривая 2—200 К, кривая 3—100 К, кривая 4—77 К. Установлено, что с уменьшением температуры, пиковый ток на ВАХ снижается, а пиковое напряжение смещается в область более низких значений. В целом область отрицательной дифференциальной проводимости на ВАХ исследуемой гетероструктуры характеризуется низким током долины и высоким значением пиковых токов.

3. Заключение

Таким образом, разработанная модель позволяет рассчитывать и анализировать ВАХ гетероструктур на основе различных материалов с вертикальным транспортом. С ее помощью выявлено влияние температуры окружающей среды на характеристики резонансно-туннельной гетероструктуры GaN/SiC/графен/SiC/GaN с вертикальным транспортом.

4. Список литературы

[1] Абрамов, И. И. Основы моделирования элементов микро- и наноэлектроники / И. И. Абрамов. — Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. — 444 с.
[2] Simulation of various nanoelectronic devices based on 2D materials / I. I. Abramov [et al.] // Proc. of SPIE. — 2022. — Vol 12157. — P. 121570U-1-9.
[3] Моделирование приборных структур наноэлектроники на основе 2D материалов / И. И. Абрамов [и др.] // Нанотехнологии, разработка, применение: XXI век. — 2023. — Т. 15, № 1. — С.54—68.

SIMULATION OF IFLUENCE OF TEMPERATURE ON IV-CHARACTERISTICS OF RESONANT TUNNELING HETEROSTRUCTURE GaN/SiC/GRAPHENE WITH VERTICAL TRANSPORT

Kalameitsava N. V., Levchuk A. O., Ovchinnikova D. A.
Abramov I. I.
Scientific adviser: Abramov I. I.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — Combined model of resonant-tunneling heterostructures including GaN, SiC and graphene with vertical transport and taking into account influence of environment temperature on IV-characteristics of investigated device structure was considered. Calculation results of double-barrier heterostructures GaN/SiC/graphene/SiC/GaN characteristics were presented.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ДВУХСЛОЙНОМ ГРАФЕНЕ

Коломейцева Н. В., Ермак В. О., Волынец М. А., Абрамов И. И.
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф. Абрамов И. И.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: nanodev@bsuir.edu.by

Аннотация — С использованием квантовой диффузионно-дрейфовой модели полевых транзисторов (ПТ) на основе двухслойного графена (ДГ) получены результаты моделирования передаточных вольт-амперных характеристик (ВАХ). Проанализированы ВАХ ПТ на ДГ с различной толщиной верхнего и нижнего подзатворных диэлектриков.

1. Введение

Актуальной задачей на сегодняшний день является разработка приборных структур на основе 2D-материалов, в частности ПТ на ДГ. В докладе рассмотрено моделирование характеристик ПТ на ДГ.

2. Основная часть

Моделирование передаточных характеристик ПТ на ДГ проводилось с помощью квантовой диффузионно-дрейфовой модели [1, 2], разработанной в НИЛ 4.1 БГУИР и входящей в состав системы моделирования наноэлектронных приборов NANODEV.

Рассмотрим конструкцию ПТ на ДГ. Графеновый канал длиной 12 мкм и шириной 4 мкм расположен между верхним и нижним подзатворными диэлектриками (SiO_2) толщиной 8 и 90 нм соответственно. Для SiO_2 диэлектрическая проницаемость задавалась равной $3{,}9\varepsilon_0$, рассеяние на оптических фононах — 58,9 мэВ. Подвижность электронов и дырок в ПТ на ДГ составляет 0,026 м^2/В·с и 0,0397 м^2/В·с соответственно. С заданными параметрами проведен расчет ВАХ ПТ на ДГ (рис. 1 и рис. 2).

На рис. 1 проиллюстрировано влияние толщины диэлектрика нижнего затвора на ВАХ исследуемого ПТ на ДГ. Толщина диэлектрика варьировалась в диапазоне от 90 нм (кривая 1) до 110 нм (кривая 3) с шагом 10 нм.

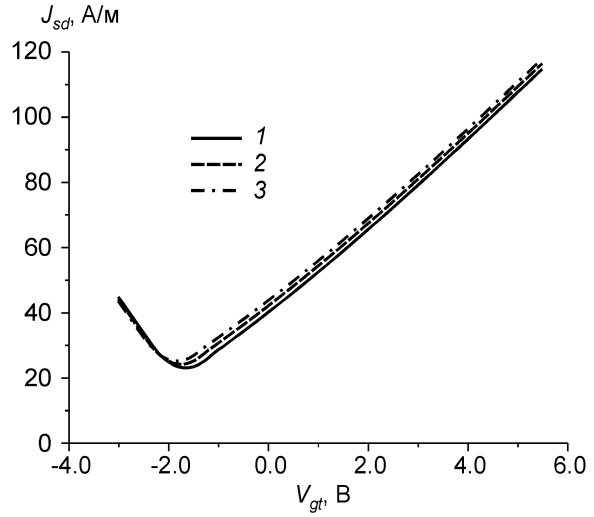


Рис. 1

На рис. 2 показана зависимость плотности тока стока от приложенного напряжения на верхнем затворе при различных значениях толщины диэлектрика верхнего затвора. Кривая 1 соответствует значению 9 нм, кривая 2 — значению 10 нм, кривая 3 — 12 нм.

Установлено, что изменение толщины диэлектрика верхнего затвора заметно влияет на ВАХ приборной структуры, даже в случае варьирования порядка 1 нм (рис. 2), в то время как толщина диэлектрика нижнего затвора может быть задана с точностью до десятков нанометров. Передаточные ВАХ при этом остаются практически неизменными (рис. 1).

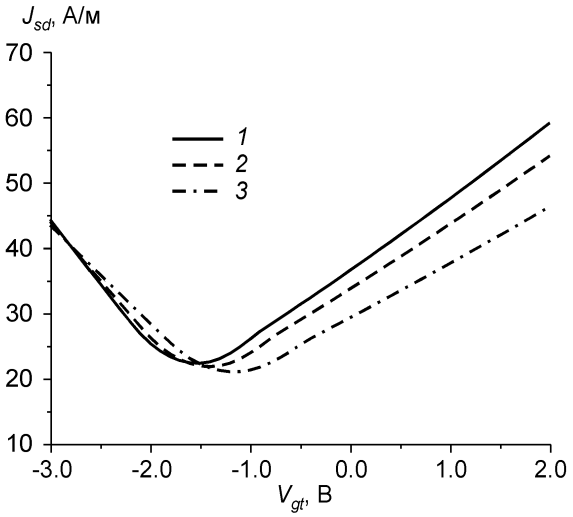


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, с помощью разработанной модели ПТ на ДГ исследовано влияние толщин диэлектриков обоих затворов на электрические характеристики приборной структуры.

4. Список литературы

[1] Абрамов, И. И. Основы моделирования элементов микро- и наноэлектроники / И. И. Абрамов. — Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. — 444 с.

[2] Моделирование приборных структур наноэлектроники на основе 2D / И. И. Абрамов [и др.] // Нанотехнологии, разработка, применение: XXI век. — 2023. — Т. 15, № 1. — С.54—68.

SIMULATION OF TRANSFER CHARACTERISTICS OF FIELD-EFFECT TRANSISTORS BASED ON BILAYER GRAPHENE

Kalameitsava N. V., Yermak V. O., Volinets M. A., Abramov I. I.
Scientific adviser: Abramov I. I.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — Simulation results of transfer characteristics were carried out with the use of developed quantum drift-diffusion model of field-effect transistors based on bilayer graphene. IV-characteristics of field-effect transistors based on bilayer graphene with different thickness of top- and back-gate dielectrics were analysed.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСИ В ПРИКОНТАКТНЫХ ОБЛАСТЯХ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕХБАРЬЕРНОЙ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ MoS_2/WSe_2 С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Коломейцева Н. В., Туманов Т. А., Тарасенко М. П., Абрамов И. И.
Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, проф. Абрамов И. И.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: nanodev@bsuir.edu.by

Аннотация — В докладе рассмотрена комбинированная модель резонансно-туннельных структур, основанная на самосогласованном решении уравнений Шредингера и Пуассона. С ее помощью изучено влияние концентрации примеси в приконтактных областях гетероструктуры на вольт-амперные характеристики (ВАХ) трехбарьерной гетероструктуры на основе MoS_2/WSe_2 с вертикальным транспортом.

1. Введение

Моделирование характеристик приборных структур, в частности резонансно-туннельных гетероструктур с вертикальным транспортом, с целью определения оптимальных параметров является одним из этапов проектирования электронных приборов [1].

2. Основная часть

Комбинированная модель резонансно-туннельных структур, с применением которой проводилось данное исследование, учитывает вертикальный транспорт носителей заряда. Уравнения и пояснения к программной реализации модели приведены в [2, 3].

Исследуемая трехбарьерная гетероструктура MoS_2/WSe_2 состоит из 7 областей, включая трехслойные барьеры WSe_2 и пятислойные квантовые ямы MoS_2. С учетом свойств материалов были заданы параметры исследуемой гетероструктуры [4]. Расчеты проведены при комнатной температуре, уровень Ферми задавался равным 0,015 эВ. Протяженность приконтактных областей составила 20 нм, высота потенциальных барьеров — 0,67 эВ, эффективная масса носителей заряда в MoS_2 — 0,45 m_0, эффективная масса носителей заряда в WSe_2 — 0,33 m_0.

В работе рассчитаны ВАХ исследуемой гетероструктуры при различных концентрациях примеси приконтактных областей (рис. 1).

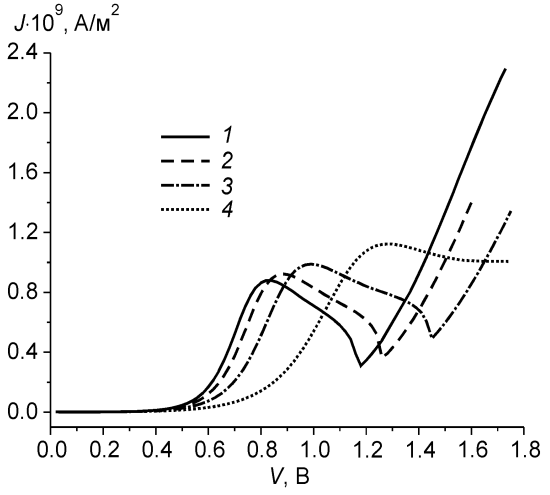


Рис. 1

На рис. 1 кривая 1 соответствует значению концентрации примеси $4 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$, кривая 2 — значению $3 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$, кривая 3 — значению $2 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$, кривая 4 — значению $1 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$. Установлено, что при уменьшении концентрации примеси в приконтактных областях от $4 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$ (кривая 1) до $1 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$ (кривая 4) происходит смещение пиковых напряжений в сторону больших значений. При этом наблюдается увеличение пиковых токов, уширение области отрицательной дифференциальной проводимости, а также уменьшение значений контрастности ВАХ от 2,8 (кривая 1) до 1,1 (кривая 4).

3. Заключение

Таким образом, показано, что наилучшей контрастностью ВАХ из исследуемых структур обладает гетероструктура с концентрацией примеси в приконтактных областях равной $4 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы научных исследований «Материаловедение, новые материалы и технологии» Республики Беларусь.

4. Список литературы

[1] Абрамов, И. И. Основы моделирования элементов микро- и наноэлектроники / И. И. Абрамов. — Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. — 444 с.
[2] Моделирование приборных структур наноэлектроники на основе 2D материалов / И. И. Абрамов [и др.] // Нанотехнологии, разработка, применение: XXI век. — 2023. — Т. 15, № 1. — С.54—68.
[3] Simulation of various nanoelectronic devices based on 2D materials / I. I. Abramov [et al.] // Proc. of SPIE. — 2022. — Vol 12157. — P. 121570U-1-9.
[4] Laturia, A. Dielectric properties of hexagonal boron nitride and transition metal dichalcogenides: from monolayer to bulk / A. Laturia, M. L. Van de Put, W. G. Vandenberghe // 2D Materials and applications. — 2018. — Vol 4, No 28. — P. 1—6.

INFLUENSE OF IMPURITY DENSITY ON CHARACTERISTICS OF TRIPLE-BARRIER HETEROSTRUCTURE BASED ON MoS_2/WSe_2 WITH VERTICAL TRANSPORT

Kalameitsava N. V., Tumanov T. A., Tarasenko M. P.
Abramov I. I.
Scientific adviser: Abramov I. I.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — In the paper, the combined model resonant-tunneling structure based on self-consistent solution of the equations of Schrödinger and Poisson was considered. Influense of impurity density in near contact regions on IV-characteristics of triple-barrier heterostructure based on MoS_2/WSe_2 with vertical transport was investigated with the using of the model.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю.
Приазовский государственный технический университет, Россия
E-mail: vburlaka@rambler.ru

Аннотация — Предложено программно-аппаратное решение модуля обработки изображения с аналоговой камеры, установленной на беспилотном аппарате. Модуль оптимизирован по стоимости, выполнен на однокристальном микроконтроллере и позволяет выполнять ряд несложных функций по обработке изображения в оттенках серого. Применение модуля на беспилотном аппарате позволит облегчить решение задач стабилизации и навигации.

1. Введение

При эксплуатации беспилотных аппаратов, в частности, летательных, возникают задачи стабилизации их в пространстве и определения местоположения или перемещения относительно подстилающей поверхности. Решение этих задач обычно выполняется с применением одноплатных компьютеров с цифровой камерой и соответствующим программным обеспечением для обработки изображения. Такое решение обеспечивает качественное выполнение функций стабилизации и/или визуальной навигации, однако главным его недостатком является относительно высокая стоимость устанавливаемого на борт оборудования. Поэтому задачей работы является разработка оптимизированного по стоимости модуля обработки изображений, который позволит в пределах своих вычислительных возможностей реализовать необходимую обработку изображения, причем источником сигнала должна быть аналоговая камера. Это позволит легко интегрировать такой модуль, например, в аппараты с полетными контроллерами типа SpeedyBee F405 и многими аналогичными.

2. Основная часть

Модуль спроектирован из условия обеспечения минимально необходимого набора функций для решения прикладных задач, выполнен на однокристальном микроконтроллере STM32F303CCT6 с небольшим количеством элементов обвязки за счет активного использования бортовой периферии.

Оцифровка сигнала с аналоговой видеокамеры [1] производится с помощью бортового АЦП контроллера с предварительной фильтрацией аналоговым ФНЧ, предназначенным для подавления сигналов цветовых поднесущих — это необходимо для исключения эффекта наложения спектров из-за недостаточно высокой частоты АЦП (4,2 МГц). Затем следует цифровая обработка для выполнения одной из следующих задач:

— в режиме сопровождения — отслеживание объекта по его изображению;

— в режиме обнаружения движения — обнаружение в кадре движущихся объектов;

— в режиме навигации — автоматический поиск фрагмента изображения с хорошо выраженными контурами и дальнейшее отслеживание его перемещения, с автоматическим повторным поиском в случае ухода за пределы видимой области.

Отслеживание осуществляется путем нахождения максимума корреляционной функции между опорным кадром, сохраненным в ОЗУ, и оцифрованным кадром с камеры. Из-за ограниченной вычислительной мощности (примененный контроллер имеет ядро Cortex-M4 с тактовой частотой 72 МГц) и небольшого объема ОЗУ (48 Кб) [2], при максимальной оптимизации удалось реализовать работу с опорным кадром размером 30×40 отсчетов при частоте кадров 50 Гц.

Модуль имеет 2 UART порта, что позволяет, например, связать его с полетным контроллером для передачи команд корректировки параметров полета.

Реализована возможность переключения между 2 камерами (например, видимого диапазона и тепловизионной); имеется возможность управления сервоприводами (ШИМ сигналы частотой 50 Гц — например, для управления поворотом камеры).

Имеется возможность вывода информации в видеопоток (OSD), для чего использованы бортовые таймеры и SPI интерфейсы примененного контроллера, что позволило обойтись всего несколькими пассивными элементами обвязки для реализации данной функции.

Также возможно использование шифрования аналогового видеосигнала за счет инверсии и скрытия кадровых и строчных синхроимпульсов. Такой подход затрудняет идентификацию шифрованного сигнала как видеопотока, однако требует достаточно сложного алгоритма восстановления синхропоследовательности на приемной стороне.

3. Заключение

Предложенный модуль обработки изображения с аналоговой камеры может найти применение для решения задач стабилизации и визуальной навигации беспилотных аппаратов.

Модуль несложен в производстве, имеет простую схему и небольшую себестоимость, что стало возможным благодаря интенсивному использованию бортовой периферии контроллера и максимальной оптимизации программного кода с учетом особенностей системы команд примененного процессорного ядра Cortex-M4.

4. Список литературы

[1] ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений. — дата введения 01.01.1993. — ИПК Изд-во стандартов. — 2001. — 27 с.

[2] STM32F303xB STM32F303xC Arm®-based Cortex®-M4 32b MCU+FPU, up to 256KB Flash+ 48KB SRAM, 4 ADCs, 2 DAC ch., 7 comp, 4 PGA, timers, 2.0-3.6 V Datasheet. — Rev. 14. — ST, 2018. — 149 p.

EXPERIMENTAL IMAGE PROCESSING MODULE FOR UNMANNED VEHICLES

Burlaka V. V., Gulakov S. V., Golovin A.Yu.
Priazovskyi State Technical University, Russia

Abstract — A software and hardware solution of module for processing images from an analog camera mounted on an unmanned vehicle has been proposed. The module is optimized for low cost, is based on a single-chip microcontroller, and allows for the implementation of a number of simple functions for processing of grayscale images. The use of this module on an unmanned vehicle will facilitate the solution of stabilization and navigation tasks.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОЛЕТНЫЙ КОНТРОЛЛЕР

Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю.
Приазовский государственный технический университет, Россия
E-mail: vburlaka@rambler.ru

Аннотация — Предложено программно-аппаратное решение полетного контроллера для беспилотного летательного аппарата вертолетной или самолетной схемы. Полетный контроллер оптимизирован по стоимости, выполнен на однокристальном микроконтроллере и обеспечивает выполнение минимального набора функций, необходимых для полета. Применение полетного контроллера для управления беспилотными аппаратами FPV типа позволит снизить их себестоимость.

1. Введение

При построении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) FPV типа для управления полетом часто применяются полетные контроллеры типа SpeedyBee F405 или аналогичные. Они обладают широким набором функций, относительно небольшой ценой, гибкой системой настроек, часто имеют открытый исходный код. Эти свойства определили их широкое распространение среди инженеров и техников, занимающихся производством FPV БПЛА.

При использовании FPV БПЛА для решения прикладных задач иногда возникает необходимость в функциях, которые в широко распространенных полетных контроллерах не предусматривались ни аппаратно, ни программно. В этих случаях приходится устанавливать на БПЛА дополнительные модули, обеспечивающие нужный функционал, что увеличивает его себестоимость и трудоемкость изготовления. Поэтому в работе ставилась задача разработки бюджетного полетного контроллера, имеющего минимально необходимый функционал для обеспечения управления полетом, а также имеющего дополнительные функции, могущие найти применение в зависимости от вида прикладной задачи.

2. Основная часть

Разработанный полетный контроллер выполнен на однокристальном микроконтроллере STM32F072C8T6 [1, 2], несложен в производстве, имеет простую схему и небольшую себестоимость. Бортовая инерциальная измерительная система выполнена на основе готового модуля GY-87 (HW-290), содержащего акселерометр и гироскоп (MPU6050), магнитометр (HMC5883L/QMC5883/QMC5883P) и барометр (BMP180). Наличие магнитометра и барометра позволяет обеспечить удержание курса по магнитному азимуту и барометрической высоты.

Основные реализованные функции:

— формирование до 8 ШИМ сигналов (PWM или DShot300) для управления контроллерами двигателей (ESC — electronic speed controller) или сервоприводами;

— до 3 UART портов для подключения внешних устройств (например, возможно подключение нескольких приемников с протоколом CRSF для резервирования связи);

— OSD (on screen display), реализованный бортовыми средствами микроконтроллера, с функцией маскировки картинки с камеры (например, для скрытия места взлета при сохранении отображения данных телеметрии) и возможностью формирования собственного видеосигнала при отсутствии сигнала с камеры;

— возможность простого шифрования аналогового видеосигнала (шифрование включает также скрытие кадровых и строчных синхроимпульсов, что затрудняет идентификацию шифрованного сигнала как видеопотока);

— возможность переключения между несколькими видеокамерами (до 4-х);

— возможность подключения до 2-х ультразвуковых дальномеров (HC-SR04, US100 или аналогичных) либо формирование до 2-х дополнительных ШИМ сигналов для управления сервоприводами;

— формирование дискретных выходных сигналов по заданным условиям (например, формирование сигнала при попытке перемещать устройство при выключенных двигателях; формирование сигнала при пропадании питания и т.п.);

— возможность переназначения выводов для реализации дискретных входов с программируемыми функциями;

— возможность подключения дополнительных устройств по шине I2C.

В ходе экспериментов была реализована работа с модулями связи LoRa серий E220 и E32 с целью дальнейшей разработки алгоритма ретрансляции пакетов управления и организации воздушной mesh сети между группой БПЛА.

Разработанный экспериментальный полетный контроллер представляет собой плату размерами 43×44 мм, устанавливаемую на посадочное место на раме FPV (4 отверстия по квадрату 30,5×30,5 мм, винты M3).

3. Заключение

Предложенный экспериментальный полетный контроллер может найти применение при создании БПЛА для решения прикладных задач.

Разработанный полетный контроллер несложен в производстве, имеет простую схему и небольшую себестоимость, что стало возможным благодаря интенсивному использованию бортовой периферии контроллера и максимальной оптимизации программного кода.

4. Список литературы

[1] STM32F072x8 STM32F072xB Arm®-based 32-bit MCU, up to 128 KB Flash, crystal-less USB FS 2.0, CAN, 12 timers, ADC, DAC & comm. interfaces, 2.0 - 3.6 V Datasheet. — Rev. 6. — ST, 2019. — 128 p.

[2] RM0091 Reference manual. STM32F0x1/STM32F0x2/ STM32F0x8 advanced ARM®-based 32-bit MCUs. — Rev. 9. — ST, 2017. — 1004 p.

EXPERIMENTAL FLIGHT CONTROLLER

Burlaka V. V., Gulakov S. V., Golovin A. Yu.
Priazovskyi State Technical University, Russia

Abstract — A software and hardware solution for a flight controller for an unmanned aerial vehicle of a helicopter or airplane type is proposed. The flight controller is optimized for lowest cost, is implemented on a single-chip microcontroller and provides the minimum set of functions required for flight control. The use of a flight controller in a FPV-type unmanned aerial vehicles will allow to reduce their cost.

УСТРОЙСТВО БАЛАНСИРОВКИ НАПРЯЖЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю.
Приазовский государственный технический университет, Россия
E-mail: vburlaka@rambler.ru

Аннотация — Предложено схемное решение универсального устройства активной балансировки напряжений элементов аккумуляторной батареи, отличающееся простотой реализации и возможностью работы с аккумуляторными батареями с разным числом элементов. Устройство может быть использовано в составе зарядного устройства для аккумуляторных батарей, требующих балансировки напряжений элементов (в первую очередь, литиевых); также устройство может быть применено в составе нагрузки батареи с целью обеспечения равномерного разряда элементов.

1. Введение

При эксплуатации аккумуляторных батарей, состоящих из последовательно соединенных элементов, возникает необходимость в балансировке (уравнивании) напряжений отдельных элементов батареи. Особенно это критично для батарей на основе лития из-за их высокой энергоемкости и высокого КПД цикла «заряд-разряд». Поэтому для максимального продления срока безопасной эксплуатации батареи балансировка напряжений ее элементов является неотъемлемой процедурой.

2. Основная часть

В подавляющем большинстве случаев (в частности, 3—8-элементные литиевые батареи для БПЛА) балансировка батареи обычно выполняется только во время зарядки специализированным зарядным устройством. В процессе разрядки контроля напряжения отдельных элементов зачастую не предусматривается.

Распространенные модули BMS (Battery Management System) выполняют только пассивную балансировку в конце зарядки (путем подключения резистора параллельно полностью заряженному элементу), имеют небольшой ток балансировки и малопригодны в случаях интенсивного использования батареи.

Среди устройств активной балансировки наилучшие технико-экономические параметры имеют устройства с применением многообмоточных трансформаторов, работающих в прямоходовом [1] или обратноходовом [2] режиме. Схемное решение [1] выгодно отличается небольшим числом активных силовых компонентов, но имеет ряд специфических недостатков: вероятность «теплового разгона» отдельных выпрямителей, жесткая зависимость коэффициента трансформации от числа элементов батареи.

В работе предложено схемное решение универсального устройства активной балансировки, пригодное для использования как в виде отдельного модуля, так и в составе зарядного устройства, а также – как вариант — в составе нагрузки батареи. Функциональность устройства сохраняется при подключении батарей с разным числом элементов.

Схемное решение устройства балансировки приведено на рис. 1. Для примера изображена 6-элементная батарея.

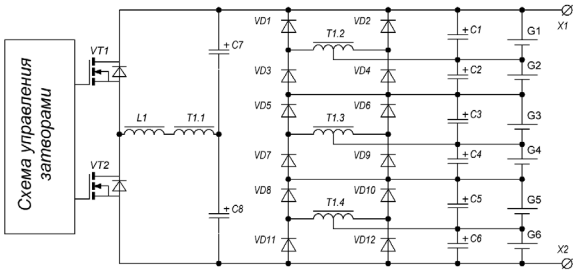


Рис. 1

Схема состоит из полумостового генератора VT1VT2C7C8, многообмоточного трансформатора T1, вторичные обмотки которого через выпрямители нагружены на элементы подключенной батареи. Особенностью схемы является наличие токоограничивающего дросселя L1, благодаря которому поддерживается циркуляция тока во всех выходных выпрямителях, что снижает их дифференциальное выходное сопротивление, улучшая балансировочные свойства схемы.

При отсутствии необходимости в работе схемы достаточно закрыть ключи VT1 и VT2, в результате чего ток потребления схемы будет определяться лишь токами утечки элементов.

3. Заключение

Предложено простое схемное решение устройства активной балансировки напряжений элементов батареи, не содержащее программируемых элементов (микроконтроллеров) и позволяющее работать с батареями разных конфигураций. Такое устройство может быть эффективно использовано для зарядки литиевых батарей от источников питания (зарядных устройств), не имеющих встроенных схем активной балансировки напряжений.

4. Список литературы

[1] Farzan Moghaddam, A. A single transformer for active cell equalization method of lithium-ion batteries with two times fewer secondaries than cells / A. Farzan Moghaddam, A. Van den Bossche // Electronics. — 2019. — Vol 8, No 9. — Art. No 951.

[2] Single-Magnetic Cell-to-Cell Charge Equalization Converter With Reduced Number of Transformer Windings /Park Sang-Hyun // IEEE Transactions on Power Electronics. — 2012. — Vol 27, No 6. — P. 2900—2911. — doi: 10.1109/TPEL.2011.2178040.

THE DEVICE FOR BATTERY CELL VOLTAGE BALANCING

Burlaka V. V., Gulakov S. V., Golovin A. Yu.
Priazovskyi State Technical University, Russia

Abstract — A circuit solution for a universal active battery cell balancing device is proposed, which is simple to implement and can work with batteries with different numbers of cells. The device can be used as part of a battery charger for batteries that require cell voltage balancing (primarily lithium batteries); the device can also be used as part of a battery load to ensure uniform cell discharge.

УСТРОЙСТВО ПОЭЛЕМЕНТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Бурлака В. В., Гулаков С. В., Головин А. Ю.
Приазовский государственный технический университет, Россия
E-mail: vburlaka@rambler.ru

Аннотация — Предложено схемное решение простого устройства для измерения напряжений элементов аккумуляторной батареи, отличающееся простотой реализации и возможностью работы с аккумуляторными батареями с разным числом элементов. Устройство может быть использовано, например, для контроля состояния литиевых аккумуляторных батарей с числом элементов от 2 до 7.

1. Введение

При эксплуатации аккумуляторных батарей, состоящих из последовательно соединенных элементов, большое значение имеет уравнивание степени заряженности (т.е. напряжений) отдельных элементов батареи [1]. Особенно это критично для батарей на основе лития из-за их высокой энергоемкости и высокого КПД цикла «заряд-разряд». В этой связи для решения задач обслуживания и контроля состояния батареи важным является поэлементное измерение напряжений с достаточной точностью — не хуже 10 мВ для литиевых батарей.

2. Основная часть

Для контроля напряжений и балансировки многоэлементных аккумуляторных батарей выпускается множество специализированных микросхем — LTC6802 [2], BQ76PL536, ATA6870, MAX11068 и др. Их основные недостатки – малая доступность, отсутствие отечественных аналогов, значительная цена.

Поэлементное измерение напряжений батареи также можно реализовать с использованием мультиплексоров, дифференциальных усилителей, резисторных делителей. У каждого из этих решений свои недостатки: при напряжениях выше 15 В выбор мультиплексоров ограничен; дифференциальные усилители и резисторные делители требуют большого числа прецизионных резисторов, что негативно сказывается на стоимости устройства.

Учитывая обозначенную проблематику, разработан простой измеритель, не содержащий дефицитных компонентов, позволяющий поэлементно измерять напряжения аккумуляторной батареи, имеющей до 7 элементов с общим напряжением до 30 В.

Схемное решение разработанного устройства приведено на рис. 1. Основой схемы являются распространенные многоканальные компараторы с открытым коллектором DA1 и DA2, имеющие диапазон рабочих напряжений до 30 В. Их неинвертирующие входы подключены через защитные резисторы к элементам батареи, инвертирующие входы подключены к фильтру нижних частот R3C9, а выходы — к цифровым входам микроконтроллера DD1. Вход бортового АЦП DD1 подключен через делитель R10R11 к конденсатору C9.

Для измерения напряжения на выбранном элементе программно периодически опрашивается выход соответствующего компаратора и его инверсное значение используется для управления ключом VT1. При закрытом VT1 конденсатор C9 заряжается через R1, R3 от напряжения батареи VBAT, при открытом VT1 — C9 разряжается через R3. При программном замыкании обратной связи с выхода соответствующего компаратора система приходит в состояние, при котором среднее напряжение на C9 будет равно напряжению на неинвертирующем входе выбранного компаратора.

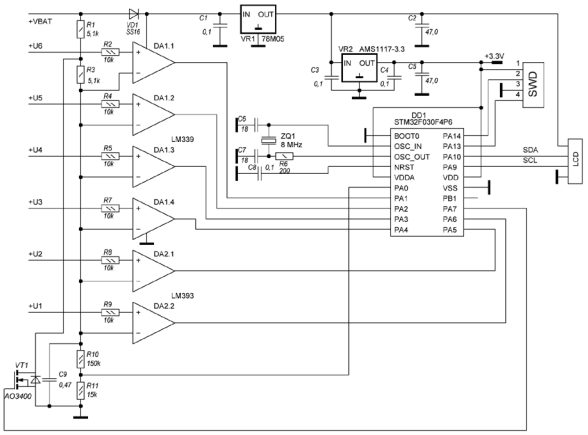


Рис. 1

Напряжение на C9 измеряется бортовым АЦП и выводится на индикатор LCD с интерфейсом I2C. Процесс периодически повторяется для каждого из компараторов. Полное напряжение батареи измеряется при закрытом VT1. Таким образом, измерение всех напряжений производится с использованием одного делителя R10R11, что обеспечивает хорошую стабильность результатов и улучшает повторяемость устройства.

3. Заключение

Предложено простое схемное решение устройства поэлементного измерения напряжений батареи, не содержащее дефицитных деталей и позволяющее контролировать напряжение от 2-х до 7-ми элементных литиевых батарей.

4. Список литературы

[1] A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles / Lu Languang [et al.] // Journal of Power Sources. — 2013. — Vol 226. — P. 272—288. — doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.10.060.

[2] LTC6802-1 - Multicell Battery Stack Monitor datasheet Rev. B. [Электронный ресурс] / Analog Devices. — 38 p. — Режим доступа: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ltc6802-1.pdf

THE DEVICE FOR PER-CELL BATTERY VOLTAGE MEASURING

Burlaka V. V., Gulakov S. V., Golovin A. Yu.
Priazovskyi State Technical University, Russia

Abstract — A circuit solution for a simple device for per-cell measurement of the voltage of storage battery elements is proposed. It is distinguished by its simplicity of implementation and the ability to work with storage batteries with different numbers of elements. The device can be used, for example, to monitor the state of lithium storage batteries with a number of elements from two up to seven.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Николаева Я. С., Егоров В. В.
Научный руководитель: Егоров В. В.
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Россия
E-mail: goroshina885@gmail.com

Аннотация — В работе проанализированы факторы, влияющие на BMS и предложена модификация схемы на отечественных компонентах для повышения эффективности управления литий-ионными аккумуляторами.

1. Введение

Аккумуляторные батареи — это сложные электротехнические системы, формируемые из множества последовательно и параллельно соединенных ячеек. Их основная задача — обеспечить требуемые электрические параметры (напряжение, емкость, мощность) для питания различных устройств, от электротранспорта до стационарных накопителей энергии. Наибольшее распространение получили литий-ионные сборки благодаря высокой удельной энергоемкости [1].

В данной работе проводится анализ факторов, влияющих на износ аккумуляторов, изучение схемотехнических решений и предлагаются решения по реализации аналогичной системы BMS с использованием исключительно отечественной элементной базы.

2. Основная часть

Современные литий-ионные аккумуляторы подвержены деградации ёмкости и тепловому разгону из-за перегрева, перезаряда или механических повреждений, что может привести к возгоранию и выделению токсичных газов [2]. Для минимизации угроз применяются многоуровневые системы управления (BMS), контролирующие параметры работы и обеспечивающие защиту.

Классическим решением защиты литиевых аккумуляторов является микросхема DW01 (рис. 1). Она представляет собой набор компараторов и источников опорного напряжения для управления внешними транзисторными ключами, позволяя защитить устройство от превышения тока потребления и даже от короткого замыкания [3].

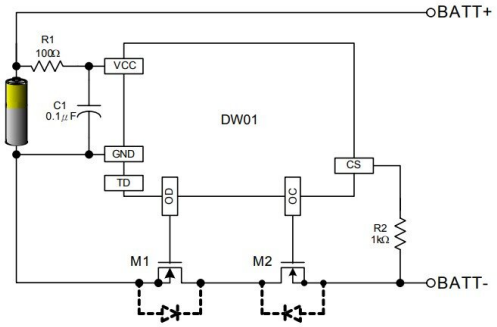


Рис. 1

Предлагаемая система поддерживает работу до трех аккумуляторов (рис. 2). Особенностью данной реализации является использование резистивного делителя между аккумулятором и микроконтроллером для понижения высокого напряжения батареи до безопасного уровня, обрабатываемого АЦП, предотвращая его повреждение. Гальваническая развязка осуществлена на оптопаре, которая исключает электрическую связь между цепями высокого и низкого напряжения. Датчик тока контролирует общий заряд/разряд батареи для защиты от перегрузки, а датчики температуры на каждом аккумуляторе предотвращают перегрев.

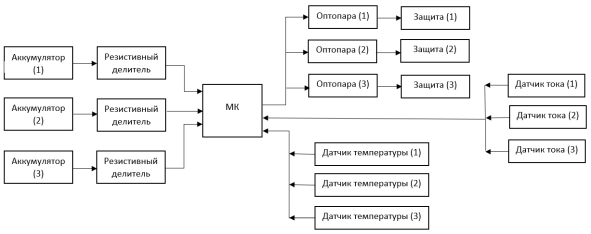


Рис. 2

Актуальным решением является использование отечественных компонентов, таких как микроконтроллер К1946ВМ014 и MOSFET К1986ВЕ1Т со встроенным драйвером, обеспечивающих надежную защиту аккумуляторным батареям. Транзистор снижает риски перегрева и электромагнитных помех, а микроконтроллер обеспечивает гибкую настройку срабатывания защиты и поддержку дополнительных функций.

3. Заключение

Разработанная отечественная BMS-система на базе микроконтроллера и MOSFET продемонстрировала более высокую эффективность защиты и увеличение срока службы аккумуляторов по сравнению с импортными аналогами в ходе испытаний на 3S Li-ion сборках.

4. Список литературы

[1] Scrosati, B. Lithium-ion batteries: Status and prospects / B. Scrosati, J. Garche // Journal of Power Sources. — 2010. — Vol 195, No 9. — P. 2419—2430.

[2] Хандорин, М. М. Оценка остаточной ёмкости литий-ионного аккумулятора в режиме реального времени / М. . Хандорин, В. Г. Букреев // Электрохимическая электроэнергетика. — 2014. — Т. 14, № 2. — С. 78—84.

[3] Бессонов, А. А. Современные системы BMS: схемотехнические решения и алгоритмы защиты литий-ионных аккумуляторов [Электронный ресурс] / Дзен. — 2023. — Режим доступа: https://dzen.ru/a/ZEWBMAhqXlo3v1EL.

DEVICE FOR INCREASING THE LONGEVITY AND RELIABILITY OF BATTERY PACKS

Nikolaeva Y. S., Egorov V. V.
Scientific adviser: Egorov V. V.
Moscow Aviation Institute (national research university), Russia

Abstract — In the paper, the factors affecting BMS performance are analyzed and a modified circuit design using domestic components to enhance lithium-ion battery management efficiency is proposed.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ

Михайлик Г. Р., Овчаров П. П.
Научный руководитель: Овчаров П. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: PPOvcharov@sevsu.ru, kilogerts.20@mail.ru

Аннотация — Рассмотрено устройство блока питания для фотоэлектронных умножителей.

1. Введение

В ходе работы с ФЭУ появилась необходимость использования высоковольтного и компактного источника питания с близкой к прецизионному уровню точностью стабилизации и возможностью регулировки диапазона напряжений.

Ввиду отсутствия на рынке готовых источников питания с требуемыми параметрами, было принято решение разработать данное устройство для применения в лабораторных и полевых условиях.

Современная компонентная база позволяет создавать высоконадёжные источники питания с малыми массогабаритными показателями.

2. Основная часть

Опираясь на техническую документацию лампы ФЭУ 84 был выбран оптимальный диапазон питающих напряжений и номинальный ток. Исходя из этих данных, было принято решение разрабатывать БП по двухтактной схеме преобразования, ввиду отсутствия подмагничивания сердечника трансформатора, что позволяет значительно уменьшить его размеры.

В качестве контроллера двухтактного преобразователя была выбрана широко распространённая, доступная и хорошо себя зарекомендовавшая микросхема TL494 [1]. На встроенных в микросхему усилителях ошибки построена внешняя цепь обратной связи, осуществляющая подстройку выходного напряжения посредством ШИМ модуляции.

Сформированный микросхемой TL494 сигнал поступает на драйверы, выполненные на маломощных транзисторах NPN структуры. Усиленный сигнал поступает на выходные ключи, в качестве которых применены мощные N канальные MOSFET транзисторы, подключенные к первичным обмоткам повышающего трансформатора.

В качестве первичного источника в ходе лабораторных испытаний был использован блок питания со стабилизированным напряжением 12 В и током 500 мА.

В ходе подбора параметров трансформатора, а также снабберной цепи удалось добиться повышения максимального выходного напряжения с 1500 В до 1950 В. В ходе испытаний блока — нагрева компонентов выявлено не было. Выдаёт стабильное напряжение, с минимальным отклонением от заданного значения на тысячные доли. Максимальный ток составил 5 мА.

Предусмотрена регулировка выходного напряжения в пределах от 500 В до 1950 В, путём введения в цепь обратной связи подстроечного резистора.

Благодаря такому широкому диапазону питающих напряжений становится возможным использовать блок питания для большого количества ламп из семейства ФЭУ.

На рис. 1 приведена осциллограмма поступающего сигнала на ключи MOSFET транзисторов с драйверов.

На рис. 2 представлен внешний вид макетного образца разработанного устройства.

3. Заключение

Таким образом, разработан высоковольтный, стабилизированный, компактный БП для питания ламп семейства ФЭУ.

Проведены испытания и улучшение КПД и ТТХ устройства.

Выявлена возможность питания устройства от внешних аккумуляторов для проведения испытаний не только в лаборатории, но и на открытой местности.

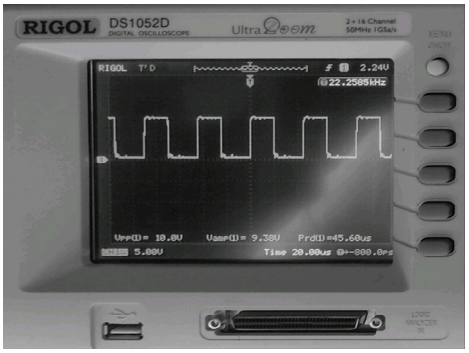


Рис. 1

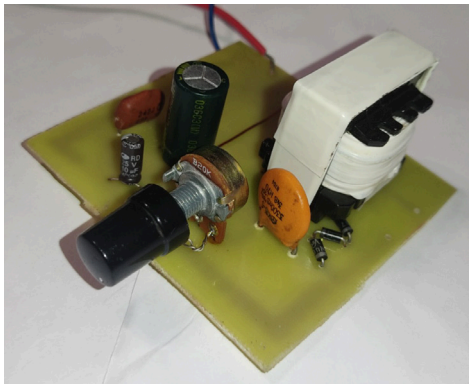


Рис. 2

4. Список литературы

[1] Семенов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б. Ю. Семенов. — М. : СОЛОН-пресс, 2005. — 416 с.

HIGH-VOLTAGE POWER SUPPLY FOR POWERING PHOTOELECTRONIC MULTIPLIERS

Mikhailik G. R., Ovcharov P. P.
Scientific adviser: Ovcharov P. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The device of a power supply unit for a photoelectronic multiplier is considered.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРИЁМНИКА ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА БАЗЕ ФЭУ

Михайлик Г. Р., Овчаров П. П.
Научный руководитель: Овчаров П. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: PPOvcharov@mail.sevsu.ru

Аннотация — Рассмотрено устройство оптической системы для фотоэлектронного умножителя.

1. Введение

В ходе работы с ФЭУ появилась необходимость в специализированной, компактной оптической системе.

Ввиду отсутствия на рынке подобных готовых систем с требуемыми параметрами, было принято решение разработать данное устройство для применения в лабораторных и полевых условиях.

Так как имелась возможность использования готового фото-объектива, подходящего под требования оптической системы, мы выбрали именно его за основу.

2. Основная часть

Опираясь на техническую документацию лампы ФЭУ 84 был выбран фото-объектив *HELIOS–44–2,* так как его технические параметры оптимально подходят для решения задачи.

В своём строении объектив содержит ирисовую диафрагму, подходящую на роль фильтра потока излучения для светочувствительного окна ФЭУ от излишней засветки.

Ввиду особенности ламп данного семейства важным условием для достижения высокого КПД работы лампы является защита её фотокатода от излишней засветки как паразитным излучением, так и полезным сигналом, который в свою очередь должен быть такой длины волны, с которой ФЭУ вырабатывает больший фото-ток рис. 1) [1].

В противном случае, подобные лампы выходят из строя из-за разрушения напыления на фотокатоде в результате лавинообразного многократного выбивания вторичных электронов из динодных сборок, что хорошо видно на рис. 2.

В качестве привода для фото-объектива был использован шаговый двигатель, так как при использовании сервоприводов, у них имеет место сбой угла поворота, ввиду их конструктивных особенностей.

Управление шаговым двигателем осуществляет микроконтроллер *Arduino NANO* через специализированный драйвер.

Алгоритм работы оптической системы. С передатчика отправляется модулированный сигнал, из вне к нему примешиваются паразитное излучение, эта аддитивная смесь попадает в фото-объектив, через него на ФЭУ, и в виде электрического сигнала с выхода лампы заводится на микроконтроллер, который сравнивает уровень пришедшего сигнала с заранее установленным близким к предельному значению. После чего, если уровень высокий, на шаговый двигатель поворачивает диафрагму на угол, при котором лампа не будет засвечена. Таким образом мы сохраняем лампу от засветки и вводим её в оптимальный для неё режим работы.



Рис. 1

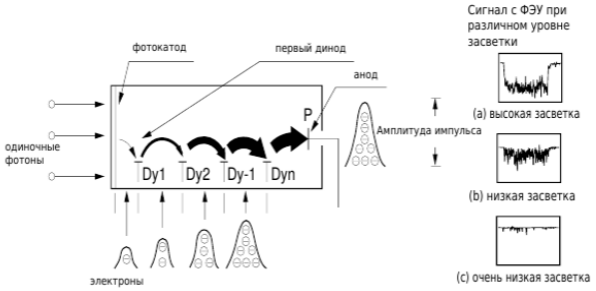


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработана оптическая система для ФЭУ.

Выявлена возможность быстрой защиты лампы от преждевременного выхода её из строя из-за засветки фотокатода.

4. Список литературы

[1] Введение в физику сцинтилляторов – 2 : учеб. пособие / Р. Ю. Шендрик, Е. А. Раджабов. — Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. — 95 с.

OPTICAL SIGNAL RECEIVER SYSTEM BASED ON A PHOTOELECTRIC MULTIPLIER

Mikhailik G. R., Ovcharov P. P.
Scientific adviser: Ovcharov P. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The device of an optical system for a photoelectron multiplier is considered.

РАЗРАБОТКА ТРАНСЛЯЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ 320 Вт С СЕТЕВЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ

Белозуб Д. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: daniil.belozub@yandex.ru

Аннотация — Разработан трансляционный усилитель с сетевым подключением посредством CAN шины. В ходе разработки была построена функциональная схема и подробно описана компонентная база устройства.

1. Введение

В повседневной жизни часто необходимо различные системы оповещения, они служат для обеспечения безопасности в местах скопления людей, а также могут выполнять функции музыкального сопровождения или же для срочных объявлений.

В докладе описано устройство и принцип работы трансляционного усилителя мощностью 320 Вт в диапазоне частот 20 Гц—20 кГц, с выходным напряжением 100 В и 70 В. С возможностью сетевого включения между аналогичными устройствами.

2. Основная часть

Перед началом разработки устройства была построена структурная схема, опираясь на которую разработана функциональная схема, изображенная на рис 1.

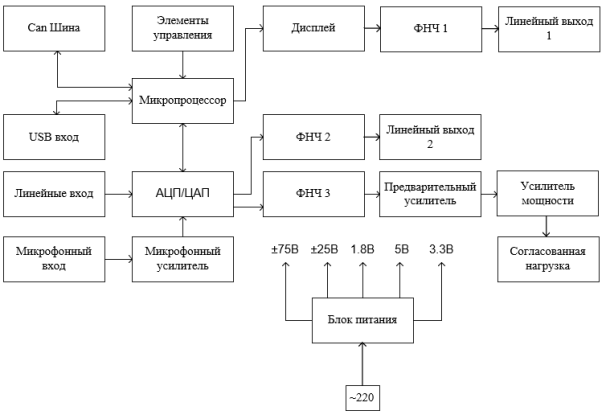


Рис. 1

Таким образом, можно подобрать необходимую компонентную базу для реализации данной функциональной схемы.

В качестве Линейного входа, АЦП/ЦАП, Микрофонного входа, микрофонного усилителя будут использоваться *TLV*320*AIC*3104 стерео-аудиокодек. Путь записи *TLV*320*AIC*3104 содержит встроенное смещение микрофона, цифровой стереопредусилитель микрофона и автоматическое управление усилением, с возможностью смешивания/переключения между несколькими аналоговыми входами. Во время записи программируемые фильтры могут удалять слышимый шум. Также аудиокодек позволяет предварительно прослушивать сигнал перед усилением.

В изделии используется микроконтроллер *MK*66*FN*2*M*0*VLQ*18 *Kinetis K*66 который позволяет нам изменять переключать или же хранить сигнал, а также взаимодействовать с *CAN* шиной и *USB*. Имеет *DSP*-инструкции и блоки с плавающей запятой с одинарной точностью.

CAN шина позволяет взаимодействовать между аналогичными устройствами. В трансляционном усилителе используется *MCP*2551, которая позволяет подключить до 112 устройств. На расстоянии до 400 м. Подключение устройств по шине CAN показано на рис. 2.

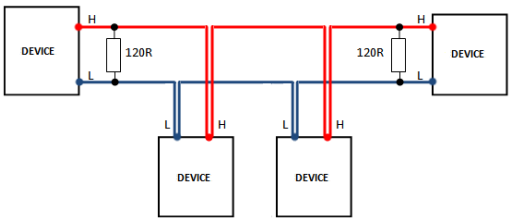


Рис. 2

Для индикации используется дисплей *gen*4-*FT*812-43*T,* который позволяет не только выводить информацию, но и предварительно прослушивать до вывода в эфир. Взаимодействие между устройствами, а также изменение параметров сигнала также осуществляется через емкостную сенсорную панель, которой оснащен дисплей.

Для усиления сигнала будет использоваться рекомендуемая кодеком схема, состоящая из *TPA*2010 и *TDA*2050. Выходной каскад выполняется на комплементарных транзисторах. Таким образом сигнал на первом усилителе поднимет свой уровень до 2,5 Вт на втором — до 32 Вт, а выходным каскадом на транзисторах усиливаем сигнал до 320 Вт. После чего наш сигнал уходит на согласующий трансформатор, где сигнал поднимается до нужного напряжения — 70 В и 100 В.

3. Заключение

Таким образом, разработанный трансляционный усилитель соответствует заявленным характеристикам. Поддерживает сетевое подключение между аналогичными устройствами, что позволяет расширять область покрытия.

4. Список литературы

[1] Ежков, Ю. С. Справочник по схемотехнике усилителей / Ю.С. Ежков. — М. : РадиоСофт, 2002. — 272 с.
[2] Проектирование усилительных устройств на транзисторах / Под ред. Г.В. Войшвилло. — М. : Связь, 1992. — 168 с.
[3] Шкритек, П. Справочное руководство по звуковой схемотехнике / П. Шкритек. — М. : Мир, 1998. — 445 с.
[4] Завьялов, С. А. Схемотехника усилителей мощности низких частот: учеб. пособие / С. А. Завьялов, К.В. Мурасов. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. — 92 с.

DESIGN OF 320 W TRANSMISSION POWER AMPLIFIER WITH NETWORK CONNECTION

Belozub D. A.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A translational amplifier with a network connection via a CAN bus was designed. During the study, a functional diagram was constructed and the component base of the device was described in detail.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕВОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАНСЛЯЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Белозуб Д. А.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: daniil.belozub@yandex.ru

Аннотация — Произведен анализ необходимой мощности трансляционного усилителя на 1 этаж учебного корпуса университета. Показаны плюсы сетевого подключения для достижения большей мощности.

1. Введение

В современном мире системы оповещения играют большую роль. В связи с высокими требованиями по уровню безопасности. Они применяются в местах скопления людей, на спортивных мероприятиях, в учебных заведениях, а также функционирует на территории городов для оповещения населения. Помимо цели обеспечения безопасности трансляционные усилители могут применяться для обеспечение фоновой музыки, оповещение о срочных объявлениях и прочего.

В докладе приводятся возможность сетевого взаимодействия трансляционных усилителей между собой по изолированному каналу, по средствам CAN шины.

2. Основная часть

В качестве систем оповещения используют трансляционные усилители, которые позволяют транслировать сигнал на определенную территорию.

Современные усилители не обладают возможностью сетевого взаимодействия между собой. Основная проблема возникает при транслировании сигнала на большую площадь на здание или учреждение. В таком случае нужно использовать очень мощный усилитель, которому потребуется более квалифицированное обслуживание и в случае поломки все здание останется без системы оповещения. Предлагаемое решение — это использовать сетевое взаимодействие между устройствами.

В докладе приведен пример взаимодействия трансляционных усилителей небольшой мощности по средствам CAN шины. Шина позволяет собрать сеть из маломощных усилителей, которые смогут принимать и дублировать сигнал, таким образом площади покрытия будет ограничена лишь количеством подключаемых устройств. На рис. 1. показан пример взаимодействия между усилителями.

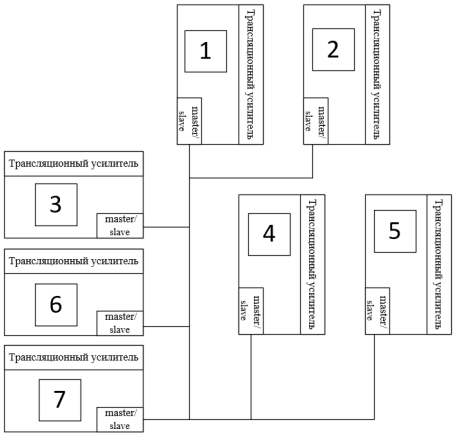


Рис. 1

Для примера был взят главный корпус СевГУ, он имеет 6 этажей на каждом этаже порядка 68 динамиков мощностью 3 Вт. Таким образом, чтобы запитать один этаж трансляционного усилителя должен обладать мощностью не менее 250 Вт, для всего здания можно использовать 5 трансляционных усилителей мощностью 320 Вт.

На рис. 2 показана схема аудиторий (считаем, что по 1 динамику в каждой аудитории) и выделены динамики, расположенные в коридоре.

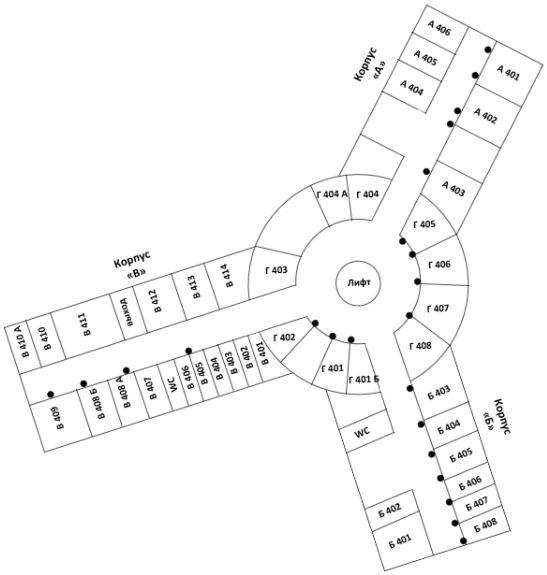


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, сетевое подключение трансляционных усилителей по средствам CAN шины позволяет использовать менее мощные усилители, которые смогут взаимодействовать между собой.

Ограничениями же будут количества подключаемых устройств между собой и длина кабеля между усилителей.

4. Список литературы

[1] Третьяков, С.А. Controller Area Network (CAN) — локальная сеть контроллеров / С. А. Третьяков. — НПКФ «Дэйтамикро», 1998. — 25 с.

USE OF NETWORK CONNECTION FOR COMMUNICATION OF TRANSMISSION AMPLIFIERS

Belozub D. A.
Scientific adviser: Tyschuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An analysis of the required power of a transmitter amplifier on one floor has been carried out. The advantages of a network connection for achieving greater power are shown.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ С ПЕРЕСТРАИВАЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ И ВЫСОКИМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

Муратов А. Э., Тазов К. В., Андрейчук А. М., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: arsen.muratow@mail.ru

Аннотация — В статье рассмотрена разработка и моделирование малошумящего усилителя для трансивера. Приведены результаты анализа ключевых параметров, в различных режимах работы и на разных частотах. Моделирование выполнено в программном обеспечении Cadence Virtuoso.

1. Введение

Известно, что малошумящие усилители (МШУ) являются важным компонентом приёмных трактов, определяя ключевые параметры приёмника, такие как коэффициент шума, линейность и динамический диапазон. Для обработки сигналов большой мощности без внесения нелинейных искажений в современных МШУ применяются схемы с перестраиваем коэффициентом усиления.

Однако проектирование таких усилителей, сохраняющих высокую линейность и низкий коэффициент шума в широком частотном диапазоне при работе от низкого напряжения питания, представляет собой сложную задачу [1, 2, 3]. В связи с этим разработка и моделирование МШУ с перестраиваемым коэффициентом усиления для трансивера, выполненная в данной работе, является актуальной.

2. Основная часть

Функциональная схема МШУ изображена на рис. 1.

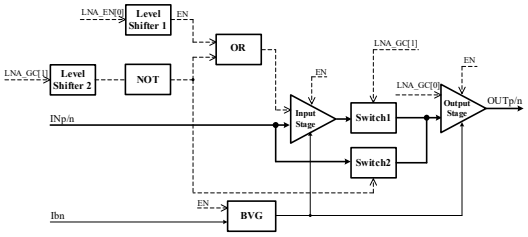


Рис. 1

Функциональная схема МШУ включает следующие функциональные блоки: Level Shifter 1, 2 — блок доводящий высокий уровень логических сигналов блока управления 0,9 В до требуемого напряжения 1,8 В; OR — логический элемент «ИЛИ»; NOT — инвертор; BVG (Bias Voltage Generator) — блок, формирующий необходимый ток для усилительных каскадов; Switch1, Switch2 — коммутаторы ВЧ сигналов; Input Stage и Output Stage — входной (первый) и выходной (второй) каскад МШУ соответственно.

Коэффициент усиления каждого МШУ может изменяться двухразрядным управляющим сигналом LNA_GC [1:0], формируемым блоком управления трансивера. Зависимость коэффициента усиления МШУ от значений управляющего сигнала LNA_GC [1:0] для трех частот приведена в таблице 1.

Коэффициент усиления МШУ программируется сигналом LNA_GC [1:0], который управляет конфигурацией каскадов и коммутацией элементов усилительного тракта. В зависимости от уровня входного сигнала возможны два режима работы:

— коммутатор Switch1 замкнут, а Switch2 разомкнут, что направляет сигнал через полный усилительный тракт;

— сигналом LNA_GC [1:0] устанавливаются максимальные коэффициенты усиления для каждого каскада, обеспечивая наибольшее общее усиление МШУ.

Таблица 1

LNA_GC[1:0]	LNA Gain, дБ
[0:0]	–2
[0:1]	3
[1:0]	15,6
[1:1]	20,5

Режим пониженного усиления активируется при усилении мощных входных сигналов (не более 2,5 дБм. В этом режиме: входной каскад (Input Stage) отключен, активен только выходной каскад (Output Stage); коммутатор Switch1 разомкнут, а Switch2 замкнут, что направляет входной сигнал напрямую на вход выходного каскада, минуя отключенный первый каскад.

При установке минимального коэффициента усиления выходного каскада сигналом LNA_GC [1:0], результирующий коэффициент усиления всего МШУ составит –2 дБ.

3. Заключение

Получены и проанализированы зависимости ключевых параметров МШУ (коэффициента усиления, шума, линейности) от частоты и режима работы. Результаты моделирования показали, что разработанная схема обеспечивает характеристики при напряжении питания 1,8 В, соответствующие современным требованиям к приемным трактам трансиверов.

4. Список литературы

[1] Borremans, J. An ESD-Protected DC-to-6ГГц 9.7мВт LNA in 90нм Digital CMOS / J. Borremans, P. Wambacq, D. Linten // IEEE International Solid-State Circuits Conference. Digest of Technical Papers. — 2007. — P. 422—613.

[2] Bruccoleri, F. Wide-band CMOS low-noise amplifier exploiting thermal noise canceling / F. Bruccoleri, E. A. M. Klumperink, B. Nauta // IEEE Journal of Solid-State Circuits. — 2004. — Vol 39. — P. 275—282.

WIDEBAND LOW-NOISE AMPLIFIER WITH TUNABLE GAIN AND HIGH DYNAMIC RANGE

Muratov A. E., Tazov K. V., Andreychuk A. M., Vertegel V. V.

Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Design and simulation of a low-noise amplifier for a transceiver are considered. The results of the analysis of key parameters in various operating modes and at different frequencies are presented. The simulation was performed in Cadence Virtuoso.

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ СТАНКОМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Янченко А. М., Акопян А. С., Васильев А. В.
Научный руководитель: Тыщук Ю. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: alex4ndrvasilyev@mail.ru

Аннотация — В рамках работы была разработана печатная плата контроллера управления для двухкоординатного лазерного станка. Плата построена на базе микроконтроллера ESP32 и выполняет функции ЧПУ-контроллера, обеспечивая управление шаговыми двигателями и лазерным модулем.

1. Введение

Оперативное прототипирование печатных плат (ПП) малых серий является критически важным этапом для сокращения сроков НИОКР в условиях малых предприятий и учебных лабораторий в связи с ограниченными производственными мощностями и бюджетом. Перспективной технологией для этого является лазерное удаление маскирующего покрытия с последующим химическим травлением, исключающее трудоёмкий этап фотолитографии. Данная статья посвящена разработке ключевого компонента такого станка — специализированной печатной платы контроллера управления, обеспечивающей взаимодействие программного обеспечения с исполнительными механизмами. Цель работы — создание компактного, помехозащищенного и функционального устройства управления, оптимизированного для задач лазерного гравирования.

2. Основная часть

Ключевым компонентом разработанного контроллера управления лазерным станком является микроконтроллер ESP32, позволяющий дистанционно управлять по Wi-Fi через веб-интерфейс, положением рабочего инструмента. Преобразование G-кода из LightBurn в управляющие сигналы осуществляется прошивкой FluidNC, обеспечивающей точное позиционирование.

Управление шаговыми двигателями осуществляется через драйверы A4988, работающие в режиме микрошага 1/16 позволяя плавно перемещаться по рабочей площади станка по осям X и Y. Управление мощностью оптического излучения лазерного модуля осуществляется ШИМ сигналом 5 В и реализована схемой преобразователя уровня с 3,3 В от микроконтроллера в 5 В MOSFET-транзистором BSS138.

Питание системы осуществляется от внешнего блока питания 12 В мощностью 100 Вт, который подключается к печатной плате через разъем XT60. Линия 12 В обеспечивает питанием лазерный модуль и шаговый двигатель. Так же в контроллере управления расположен понижающий преобразователь питания, реализованный на микросхеме SCT2650STER позволяющий понизить напряжение питания с 12 В до 5 В для питания микроконтроллера и микросхемы драйвера мотора.

Для точной ориентации и позиционирования инструмента в начальное (нулевое) положение применяются датчики конечного положения. В процессе испытаний было выявлено, что электромагнитные помехи от силовых цепей шаговых двигателей наводят паразитные сигналы в линиях подключения датчиков, что приводит к ложным срабатываниям и ошибкам позиционирования. Для подавления высокочастотных помех параллельно сигнальным линиям каждого датчика были установлены керамические конденсаторы ёмкостью 0,1 мкФ, выполняющие функцию простого НЧ-фильтра. Данное решение позволило значительно повысить помехоустойчивость системы и обеспечить точное и повторяемое позиционирование инструмента в нулевой точке.

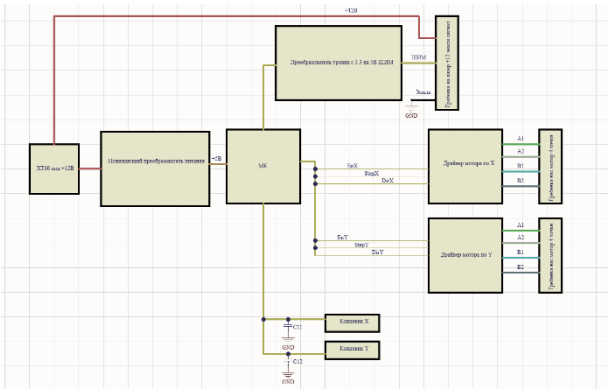


Рис. 1

3. Заключение

В ходе работы был разработан, изготовлен и успешно испытан контроллер управления на базе микроконтроллера ESP32 для двухкоординатного лазерного станка. Устройство обеспечивает выполнение всех целевых функций представляя из себя законченное и готовое к применению решение. Его работоспособность подтверждена первыми успешно изготовленными печатными платами. Дальнейшие исследования будут направлены на испытание всего технологического комплекса в целом для производства печатных плат, анализ конструктивных особенностей и оптимизацию качества получаемых изделий.

DESIGN OF CONTROLLER FOR THE LASER MACHINE CONTROL FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS PRODUCTION

Yanchenko A. M., Hakobyan A. S., Vasiliev A. V.
Scientific adviser: Tyshuk Y. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — As part of the work, a printed circuit board of controller for the two-coordinate laser machine control was designed. The board is based on the ESP32 microcontroller and performs the functions of a CNC controller, providing control of stepper motors and a laser module.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ АНАЛОГОВЫЙ КОММУТАТОР ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Тазов К. В., Муратов А. Э., Андрейчук А. М., Савинов В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: mr.ktazov@mail.ru

Аннотация — Проведено схемотехническое моделирование дифференциального аналогового коммутатора 2 на 1 в САПР Cadence Virtuoso. Приведены результаты анализов ключевых параметров.

1. Введение

Современные системы беспроводной связи, радиолокации и высокоскоростной передачи данных предъявляют все более строгие требования к аналоговым трактам. Ключевым элементом таких систем являются коммутаторы сигналов, которые должны обеспечивать высокую линейность, минимальные потери и большую граничную частоту для работы в широкополосных устройствах. Особую сложность представляет проектирование дифференциальных коммутаторов, используемых в высокочастотных трактах с повышенной помехоустойчивостью.

Несмотря на существующий ряд схемотехнических решений, задача создания коммутатора, сочетающего широкую полосу пропускания, низкое энергопотребление и устойчивость к технологическим и температурным отклонениям, остается актуальной.

2. Основная часть

Принципиальная схема коммутатора изображена на рис. 1.

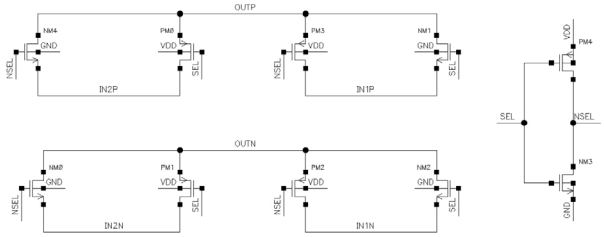


Рис. 1

Разработанное устройство представляет собой дифференциальный аналоговый коммутатор 2 на 1, который осуществляет выбор одного из двух дифференциальных входных сигналов и его коммутацию на единственный дифференциальный выход. Структура коммутатора построена на комплементарной паре MOSFET-транзисторов (NMOS и PMOS), что обеспечивает высокое отношение сигнал/шум.

Дифференциальный сигнал подается на истоки NMOS-транзисторов (NM0, NM1) и стоки PMOS-транзисторов (PM0, PM1). Выбор активного канала осуществляется сигналом управления SEL и его инверсной копией, генерируемой встроенным инвертором. Когда на управляющий вход подается верхний логический уровень, открывается правая пара транзисторов, подключая первый дифференциальный вход (IN1P, IN1N) к выходу. При этом левая пара находится в закрытом состоянии, обеспечивая высокую изоляцию неактивного канала.

Результат анализа АЧХ коммутатора изображен на рис. 2.

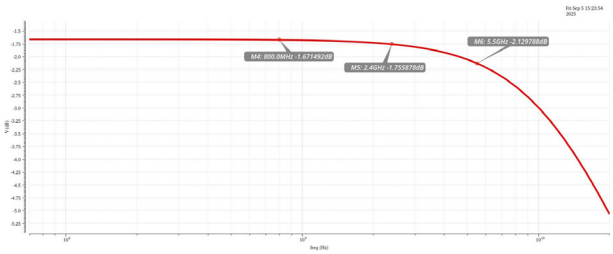


Рис. 2

Анализ АЧХ коммутатора демонстрирует, что схема обладает широкополосными характеристиками. Коэффициент передачи составляет –1,67 дБ на 800 МГц, –1,75 дБ на 2,4 ГГц и –2,12 дБ на 5,5 ГГц. Незначительное затухание сигнала (<–2,12 дБ) вплоть до 5,5 ГГц подтверждает эффективность выбранной топологии. Граничная частота по уровню -3 дБ превышает 17,94 ГГц, что полностью удовлетворяет требованиям для применения в современных высокоскоростных системах.

3. Заключение

Разработана и проанализирована схема аналогового коммутатора дифференциальных сигналов 2 на 1. Результаты моделирования подтверждают, что устройство обладает широкой полосой пропускания и малым затуханием, хорошим согласованием и высокой линейностью вплоть до частот 5,5 ГГц, а также устойчивостью к технологическим и температурным отклонениям.

4. Список литературы

[1] A 0.18 m SiGe BiCMOS receiver and transmitter chipset for SONET OC-768 transmission systems / M. Meghelli // Solid-State Circuits Conference. — 2003. — Digest of Techinical Papers. — P. 230—490.
[2] 40-Gb/s 2:1 multiplexer and 1:2 demultiplexer in 120-nm standard CMOS / D. Kehrer // IEEE Journal of Solid-State Circuits, Nov. 2003. — P. 1830—1837.
[3] 25 GHz static frequency divider and 25 Gb/s multiplexer in 0.12 µm CMOS / M. Wurzer, H.-D. Wohlmuth, M. Wurzer, M. Rest // Solid-State Circuits Conference. — 2002. — Digest of Techinical Papers. — P. 302—468.

BROADBAND ANALOG DIFFERENTIAL SIGNAL SWITCH

Tazov K. V., Muratov A. E., Andreychuk A. M., Savinov V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A circuit simulation of a 2-on-1 differential analog switch in CADENCE Virtuoso CAD has been performed. The results of key parameter analyses are presented.

БЛОК ФОРМИРОВАТЕЛЯ КВАДРАТУРНЫХ СИГНАЛОВ ГЕТЕРОДИНА С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ФАЗЫ

Андрейчук А. М., Муратов А. Э., Савинов В. В., Тазов К. В., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ketsuji22@gmail.com

Аннотация — В статье рассмотрена разработка блока формирования квадратурных сигналов (I/Q) для высокочастотных SDR-трансиверов, выполненного на основе CML-делителей в современных CMOS-техпроцессах. Блок обеспечивает деление частоты входного сигнала и формирует квадратурные сигналы с равными амплитудами и фазовым сдвигом, близким к 90°.

1. Введение

Блоки формирования квадратурных сигналов, применяемые в SDR-трансиверах, необходимы для формирования I и Q составляющих сигнала гетеродина приемника и несущих колебаний передатчика.

Применение квадратурной обработки сигналов в трансивере обеспечивает высокую степень подавления зеркального канала приемника без применения сложных перестраиваемых аналоговых СВЧ фильтров. [1]. Основным подходом к проектированию таких блоков в CMOS технологических процессах 65 нм и ниже является использование CML логики [2].

Разработка такого формирователя для современных передовых высокочастотных систем является сложной задачей, в связи с чем обуславливается ее актуальность.

2. Основная часть

Структурная схема блока формирования квадратурных сигналов гетеродина изображена на рис. 1.

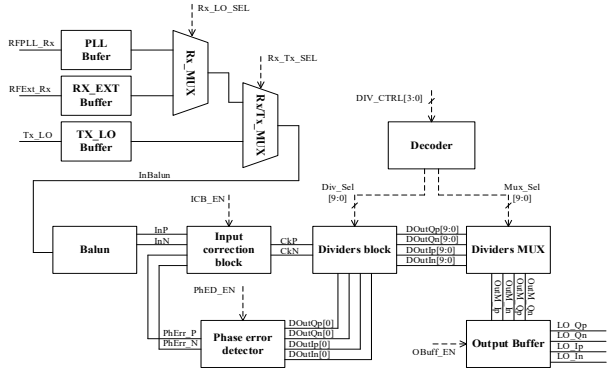


Рис. 1

Схема ФКС включает в себя следующие функциональные блоки: буфер выходного сигнала синтезатора частот приемника (PLL Buffer); буфер внешнего сигнала гетеродина приемника (Rx_EXT Buffer); буфер сигнала передатчика (Tx_LO Buffer); коммутаторы входных сигналов гетеродина приемника (Rx_MUX, Rx/Tx_MUX); преобразователь несимметричного в симметричный (дифференциальный) сигнал (Balun); корректор скважности (Input correction block), выполняющий коррекцию скважности сигнала; блок делителей частоты (Dividers block), предназначенный для формирования выходного сигнала с заданной частотой; блок детектора фазовой ошибки (Phase error detector), измеряющий отклонение I и Q сигналов от ортогональности, выходной сигнал которого (PhErr_P и PhErr_N) является управляющим для корректора скважности; выходной буфер (Output Buffer), выполняющий согласование амплитуд выходных I и Q сигналов, а также усиливающий их; блок дешифратора цифрового сигнала блока управления (Decoder).

Использование последовательно включенных 10 делителей позволяет сформировать из входного сигнала, изменяющегося в диапазоне частот от 6 до 12 ГГц выходные сигналы в диапазоне частот от 5,859 МГц до 6 ГГц. На рис. 2 приведены временные диаграммы выходных сигналов при формировании сигнала с частотой 6 ГГц.

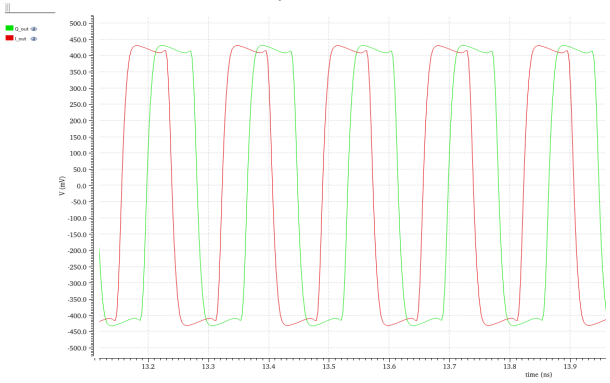


Рис. 2

3. Заключение

Разработанный блок формирователя позволяет производить деление частоты входного сигнала с коэффициентами 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, формируя при этом квадратурные I и Q сигналы с равными амплитудами и разностью фаз между сигналами близкой к 90 градусам.

4. Список литературы

[1] Tsukahara, T. Complex signal processing used in modern RF transceivers / T. Tsukahara, R. Ito, K. Arimura // 2015 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology (RFIT), Sendai, Japan, 2015. — 2015. — P. 100—102.

[2] Optimizing Inductorless Static CML Frequency Dividers up to 23GHz Output Using 45nm CMOS PD-SOI / M. Hietanen [et al.] // 2019 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NORCAS): NORCHIP and International Symposium of System-on-Chip (SoC). Helsinki, Finland, 2019. — 2019. — P. 1—4.

QUADRATURE LOCAL OSCILLATOR SIGNAL GENERATOR WITH AUTOMATIC PHASE CORRECTION

Andreychuk A. M., Muratov A. E., Savinov V. V.,
Tazov K. V., Vertegel V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Design of a quadrature signal (I/Q) generation block for high-frequency SDR transceivers, implemented on the basis of CML dividers in modern CMOS processes, are presented. The block provides input frequency division and generates quadrature signals with equal amplitudes and a phase shift close to 90°.

УСИЛИТЕЛЬ С ПРОГРАММИРУЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ ДЛЯ АНАЛОГОВОГО ТРАКТА ТРАНСИВЕРА

Андрейчук А. М., Муратов А. Э., Савинов В. В., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ketsuji22@gmail.com

Аннотация — В статье рассмотрена разработка и моделирование усилителя с программируемым коэффициентом усиления для аналогово тракта трансивера. Разработанное устройство имеет диапазон регулировки усиления от –7 до 32 дБ и частотой среза свыше 300 МГц.

1. Введение

Усилители с программируемым коэффициентом усиления (Programmable Gain Amplifier — PGA) являются ключевыми компонентами в приемных трактах современных беспроводных трансиверов, таких как SDR-системы. Их основная функция — усиление информационного сигнала после преобразования на нулевую промежуточную частоту.

Актуальность разработки заключается в точной перестройке усиления с шагом в 1 дБ. Это критически важно для максимизации динамического диапазона приемника. Такой мелкий шаг позволяет оптимально и без искажений адаптировать уровень сигнала к АЦП [1, 2].

2. Основная часть

Функциональная схема PGA приведена на рис. 1.

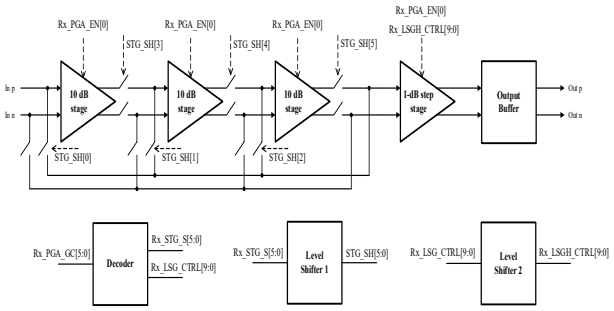


Рис. 1

PGA содержит в своем составе три последовательно включенных каскада с фиксированным усилением 10 дБ (10 dB stage) и один каскад с управляемым коэффициентом усиления от 0 до 9 дБ с шагом усиления 1 дБ (1-dB step stage). Каскады «10 dB stage» могут последовательно включаться/выключаться при помощи КМОП ключей под управлением соответствующих разрядов сигнала STG_SH [5:0], формируемого дешифратором (PGA Decoder) и преобразователем уровней Level Shifter 1 из управляющих сигналов Rx_PGA_GC [5:0], поступающих из блока управления SDR трансивера.

К выходу цепочки последовательно переключаемых каскадов «10 dB stage» подключен каскад «1-dB step stage», коэффициент усиления которого изменяется под управлением сигнала Rx_LSGH_CTRL [9:0], также формируемого дешифратором (PGA Decoder) и преобразователем уровней Level Shifter 2 из управляющих сигналов Rx_PGA_GC[5:0], поступающих из блока управления SDR трансивера.

Коэффициент усиления может программироваться блоком управления в пределах от 0 до 39 дБ, с шагом в 1 дБ в зависимости от управляющего шестиразрядного сигнала Rx_PGA_GC [5:0]. Достигается это путем последовательной коммутации на вход блока «1-dB step stage» трех каскадов грубого усиления «10 dB stage». Если необходимо установить коэффициент усиления в пределах до 10 дБ входной сигнал может быть подан напрямую на вход каскада «1-dB step stage».

На рис. 2 приведены результаты моделирования — АЧХ для PGA для всех коэффициентов усиления.

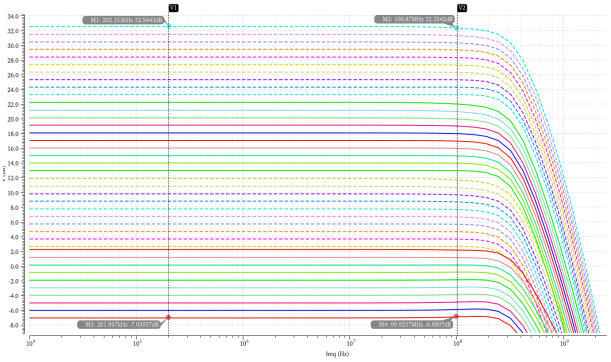


Рис. 2

3. Заключение

Разработанный PGA имеет реальный диапазон регулировки усиления от –7,03 до 32,56 дБ. Общая ошибка усиления составила 1,25% во всей рабочей полосе частот. Самая низкая зафиксированная частота среза составила 338,2 МГц, самая высокая зафиксированная частота среза 417,7 МГц. Полученные результаты с запасом превосходят максимальную частоту среза последующего ФНЧ.

4. Список литературы

[1] Low Power 60 dB Gain Range with 0.25 dB Resolution CMOS RF Programmable Gain Amplifier for Dual-band DAB/T-DMB Tuner IC / T. W. Kim [et al.] // 2005 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference. Hsinchu, Taiwan, 2005. — P. 133—136.

[2] Hsieh, Y.-K. A wideband programmable-gain amplifier for 60GHz applications in 65nm CMOS / Y.-K. Hsieh, H.-H. Hsieh, L.-H. Lu // 2013 Int. Symposium on VLSI Design, Automation, and Test (VLSI-DAT). Hsinchu, Taiwan, 2013. — P. 1—4.

PROGRAMMABLE GAIN AMPLIFIER FOR THE ANALOG FRONT-END OF TRANSCEIVER

Andreychuk A. M., Muratov A. E., Savinov V. V., Vertegel V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Design and simulation of a programmable gain amplifier intended for the analog front-end of a transceiver are presented. The designed device features are: the gain adjustment range from –7 dB to 32 dB, and a cutoff frequency exceeding 300 MHz.

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ФАПЧ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ СИНХРОННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Зеленкевич Д. Ю., Дегтярев А. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Дегтярев А. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dima_zelenkevich_00@mail.ru

Аннотация — Рассмотрен способ снижения влияния мощной помехи на работу петли ФАПЧ на основе синхронной фильтрации.

1. Введение

Системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) является одним из основных способов синхронизации в современных системах связи и обработки сигналов. Однако ФАПЧ обладает существенным недостатком, связанным с захватом более мощного сигнала с частотой близкой к частоте отслеживаемого сигнала, что приводит к срыву слежения и потери полезного сигнала. Таким образом, исследования в области повышения помехоустойчивости петли ФАПЧ являются актуальными.

В статье представлен способ снижения влияния мощной помехи на работу петли ФАПЧ на основе синхронной фильтрации.

2. Основная часть

Принципиальная схема типового синхронного фильтра (СФ) представлена на рис. 1 [1].

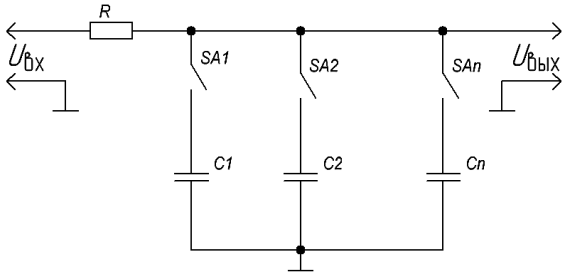


Рис. 1

СФ состоит из *n* конденсаторов *C*1, *C*2, …, *Cn*, которые через ключи *SA*1, *SA*2, …, *SAn*, поочередно подключаются за период входного сигнал $T_с$ к интегрирующему резистору *R* на время Δt. Ключевым требованием при работе СФ является полная синхронность работы ключей со входным сигналом. Это достигается при выполнении условия

$$f_т = f_с \cdot n,$$

где $f_т$ — частота переключения ключей (тактовая частота); $f_с$ — частота входного сигнала, *n* — число конденсаторов.

На рис. 2 сплошной линей представлен входной сигнал СФ, а ступенчатой — выходной сигнал.

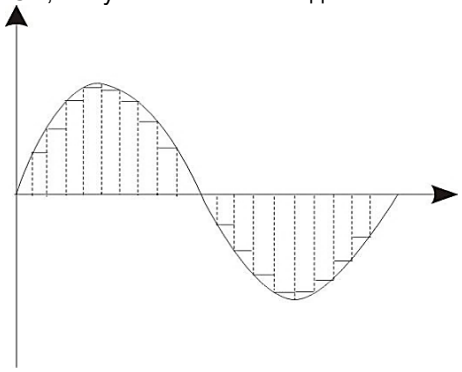


Рис. 2

Принцип работы СФ заключается в следующем: каждый конденсатор подключается к источнику сигнала через резистор в одной и той же фазе и спустя определенное время напряжение на конденсаторах будут стремится к близким к амплитудным значениями ординат входного сигнала в соответствующие моменты времени [2]. В случае отсутствия синхронности между входным и тактовым сигналом средняя энергия выходного сигнала значительно падает.

Также СФ представляет собой узкополосный фильтр добротность и частота среза, которого зависит от скважности тактируемых импульсов согласно следующему выражению

$$f_{ср} = \frac{1}{QRC}.$$

Ввиду рассмотренных особенностей СФ целесообразно применить его в петле ФАПЧ для снижения влияния помехи вблизи отслеживаемой частоты. Структурная схема петли ФАПЧ с СФ представлена на рис. 3.

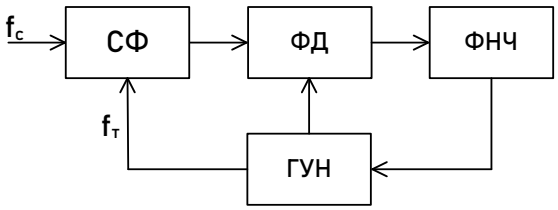


Рис. 3

Принцип работы представленной петли ФАПЧ с СФ заключается в следующем: при поиске петлей требуемой частоты частота среза СФ перестраивается в полосе удержания ФАПЧ, а его добротность и полоса пропускания не изменяются, а центральная частоты напрямую зависит от частоты ГУН. При этом влияние мощной помехи вблизи отслеживаемой частоты уменьшается.

3. Заключение

Таким образом, рассмотрен метод повышения помехоустойчивости петли ФАПЧ с использования синхронного фильтра. Представлен анализ принципа работы СФ, а также предложена структурная схема петли ФАПЧ с применением СФ.

4. Список литературы

[1] Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. — М. : Техносфера, 2006. — 856 с.
[2] Хоровиц, П. Искусство схемотехники: В 3-х томах : Т. 1 / П. Хоровиц, У. Хилл. — М. : Мир, 1993. — 413 с.

IMPROVEMENT OF PLL NOISE IMMUNITY BY SYNCHRONOUS FILTERING

Zelenkevich D. Y., Degtyaryov A. N.
Scientific adviser: Degtyaryov A. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A method for reducing the impact of powerful interference on the operation of a PLL based on synchronous filtering is considered.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОМОРФНЫХ СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТЕЗОВ И КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ ИМПЛАНТОВ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — В статье анализируются схемотехнические решения, перспективы и проблематика развития данной области. Представлены результаты исследований по интеграции искусственных систем в биологическую среду.

1. Введение

Нейроморфные системы представляют собой новое направление в развитии электроники, основанное на принципах работы человеческого мозга. Их применение в области протезирования и кибернетических имплантатов открывает широкие горизонты в медицине и биоинженерии, появляются возможности для восстановления и улучшения утраченных функций организма.

2. Основная часть

Нейроморфные системы — это вычислительные устройства, которые имитируют работу биологических нейронных сетей человеческого мозга. В отличие от традиционных архитектур фон Неймана, этот подход направлен на создание более эффективных и адаптивных систем за счёт использования функций, подобных функциям мозга, таких как параллельная обработка данных, распределённая память и событийная коммуникация. Архитектура нейроморфных систем включает искусственные нейроны и синапсы, повторяющие работу традиционной нервной системы организма, локальную память для хранения весовых коэффициентов на уровне каждого синапса и асинхронную коммуникацию для параллельной обработки данных. В их конструкции применяются многоядерные процессоры, на которых проходят вычисления и обмен информацией между сотнями, даже тысячами ядер в килогерцовых диапазонах частот. Используется новый тип памяти — мемристорная, совмещающая оперативную и флэш-памяти.

TrueNorth — исследовательский проект нейроморфного процессора второго поколения от компании IBM в рамках программы DARPA SyNAPSE. На рис. 1 слева изображен чип для моделирования миллиона нейронов, а справа — микросхема, включающая в состав такие чипы.

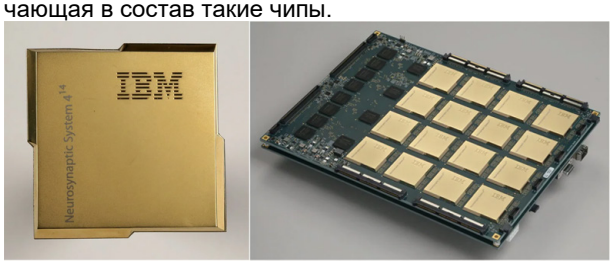
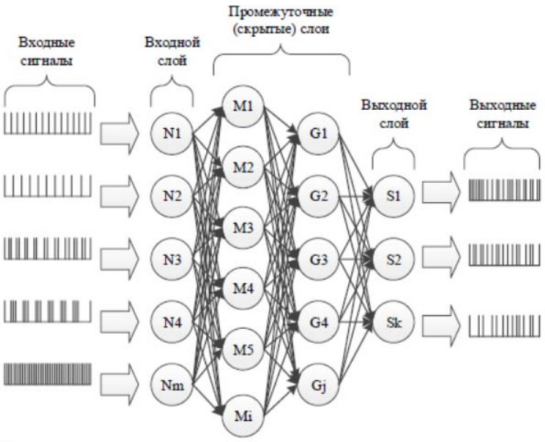


Рис. 1

Данный процессор имеет неклассическую архитектуру с использованием 5,4 миллиардов транзисторов, на нем размещено 4096 нейросинаптических ядер. Каждое ядро включает 256 цифровых нейронов и до 65 536 синапсов. TrueNorth работает по парадигме спайковых нейронных сетей (рис. 2): нейроны генерируют выходные дискретные импульсы (спайки) только при достижении порога, а вычисления происходят асинхронно на основе событий. Спайки передаются с задержками, что моделирует время передачи сигналов в биологических системах и позволяет создавать сложные временные паттерны. Такой подход обеспечивает более эффективную обработку информации с течением времени, не полагаясь на непрерывные значения.



Структура спайковой нейронной сети

Рис. 2

Однако несмотря на достижения науки в данной области, наблюдаются негативные аспекты использования нейроморфных технологий в теле человека: в случае сбоев нарушается биосовместимость — иммунная система организма отторгает инородные тела. В большинстве протезах и имплантах данные передаются строго в одном направлении (от входов к выходам), образуя направленный граф по временной последовательности. Если односторонняя связь нарушается, электронные импульсы протекают в обратном направлении, что деструктивно влияет на нервную систему организма и мозг.

3. Заключение

Несмотря на существующие проблемы, развитие нейроморфных систем в области протезирования является перспективным направлением. Решение обозначенных проблем требует комплексного подхода и междисциплинарного сотрудничества.

STUDY OF NEUROMORPHIC SYSTEMS IN THE FIELD OF PROSTHETICS AND CYBERNETIC IMPLANTS

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P. S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, circuit engineering solutions, prospects and problems of development of this field are analyzed. The results of study of the integration of artificial systems into the biological environment are presented.

РАЗРАБОТКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Иванюк Т. А., Андрейчук А. М, Тазов К. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: drimov.serafim@bk.ru

Аннотация — Разработан интегральный датчик температуры по технологии RFCMOS 28 nm, работающий в диапазоне температур от −60 до +125 °C. Разработано схемотехническое решение в САПР Cadence Virtuoso, проведено моделирование работы датчика, получены основные технические характеристики.

1. Введение

Разработка интегральных датчиков температуры в технологии RFCMOS в настоящие дни является крайне актуальной задачей. Температура является одним из главных измеряемых параметров во многих устройствах. А использование именно интегральных датчиков позволяет осуществлять полную интеграцию систем мониторинга и управления на один кристалл, благодаря чему снижается стоимость, размеры и энергопотребление устройства, а также повышается эффективность.

2. Основная часть

Работа температурного сенсора основана на зависимости падения напряжения p-n перехода транзистора Q0 от температуры. Температурный сенсор состоит из токового зеркала PM0, PM5, NM6, задающего рабочий режим транзисторов NM5, NM2, двух операционных усилителей ОУ1 (NM3, NM4, PM4, PM7), ОУ2 (NM0, NM1, PM1, PM2), двух транзисторов цепей обратных связей (PM3, PM6) и резистора цепи обратной связи (R0). Транзисторами NM7, NM8, NM9, NM10 и инвертором реализовано включение/отключение схемы. Величина резистора R0 влияет на крутизну и линейность температурной зависимости выходного напряжения сенсора.

Наибольшая крутизна и минимальное отклонение от линейной характеристики при стандартном технологическом разбросе достигается, при значении R0 = 500 Ом. На рис. 1 показана схема разработанного чувствительного элемента.

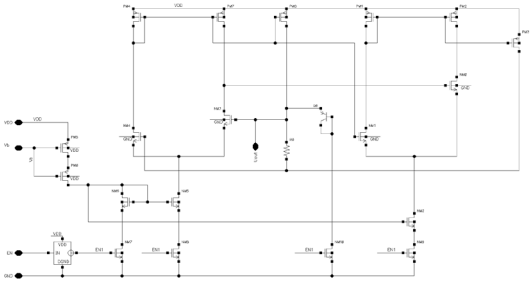


Рис. 1

На температурный сенсор поступают следующие сигналы: EN — сигнал, отвечающий за включение/выключение схемы, Vb — напряжение, задающее с помощью транзисторов PM0, PM5, NM6 требуемый для работы схемы ток, VDD — напряжение питания.

Разработанный датчик температуры работает в диапазоне температур –60 — 125°C. Максимальное напряжение на выходе чувствительного элемента, при нормальном технологическом разбросе составляет 890 мВ, минимальное напряжение на выходе датчика температуры равно 579 мВ. Крутизна характеристики ≈ 1,6 мВ/°C. Характеристика почти точно соответствует идеальной линейной.

Максимальное отклонение выходного напряжения U(t°), при изменении технологических параметров от стандартной характеристики составляет 10 мВ, что примерно соответствует 6 °C.

На рис. 2 показано изменение напряжения на выходе датчика при изменении напряжения питания в пределах ±10 % и изменении технологических параметров элементов схемы.

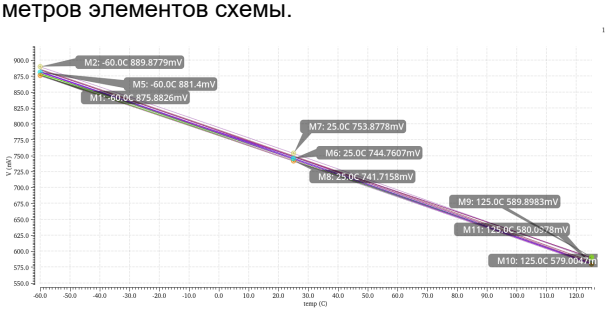


Рис. 2

3. Заключение

Таким образом, разработанный чувствительный элемент для интегрального температурного датчика обладает высокой линейностью. Максимальное напряжение на выходе чувствительного элемента, при нормальном технологическом разбросе составляет 881 мВ, минимальное — 580 мВ. Датчик температуры на основе данного чувствительного элемента работает в диапазоне температур –60 — 125°C. Разработанный чувствительный элемент обладает погрешностью 6°C без калибровки.

4. Список литературы

[1] Li, Y. W. Smart integrated temperature sensor — mixed-signal circuits and systems / Y. W. Li, H. Lakdawala // Proc. CICC. — 2011. — P. 1—8.

DESIGN OF THE SENSITIVE ELEMENT FOR INTEGRAL TEMPERATURE SENSOR

Ivanyuk T. A., Andreychuk A. M, Tazov K. V.
Scientific adviser: Vertegel V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An integrated temperature sensor based on RFCMOS 28 nm technology has been desgned, operating in the temperature range from −60 to +125 °C. A circuit design was designed in the Cadence Virtuoso CAD system, the sensor was simulated, and the main technical characteristics were obtained.

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ФИЛЬТР НИЖНИХ ЧАСТОТ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА ДЛЯ ПРИЁМНОЙ ЧАСТИ SDR ТРАНСИВЕРА

Савинов В. В., Муратов А. Э., Капнопуло Д. В., Иванюк Т. А., Вертегел В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Вертегел В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: lastmoment3000@gmail.ru

Аннотация — В статье разработан перестраиваемый фильтр нижних частот 3-го порядка для приёмной части SDR трансивера по технологии RFCMOS 28 nm. Разработано схемотехническое решение в САПР Cadence Virtuoso и промоделированы его характеристики.

1. Введение

Развитие SDR-трансиверов требует высокоинтегрированных и перестраиваемых аналоговых фильтров, способных адаптироваться к различным стандартам связи в реальном времени. Актуальной задачей является их реализация в современных RFCMOS-технологиях, обеспечивающих высокую степень интеграции, но накладывающих жёсткие ограничения по напряжению питания, шумам, линейности и разбросу технологических параметров.

В статье представлено схемотехническое решение перестраиваемого активного ФНЧ 3-го порядка, разработанного для приёмного тракта SDR трансивера по технологии RFCMOS 28 nm.

2. Основная часть

Активный перестраиваемый ФНЧ блока приема предназначен для формирования требуемой полосы пропускания приемника (Base Band), путем изменения частоты среза фильтра, значение которой определяется управляющим сигналом Rx_LPF_CTRL[4:0], формируемым блоком управления трансивера.

Проектируемый фильтр является ФНЧ с аппроксимацией частотной характеристики полиномами Баттерворта третьего порядка. Фильтр построен на основе операционных транскондуктивных усилителей (Operational Transconductor Amplifier, OTA) методом биквадратного синтеза. Данный метод использует каскадирование нескольких секций фильтров первого или второго порядка.

Функциональная схема активного перестраиваемого фильтра изображена на рис. 1.

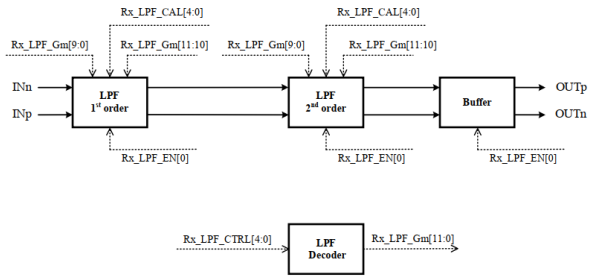


Рис. 1

Для реализации ФНЧ третьего порядка используется каскадирование секций первого и второго порядка. Изменение граничной частоты полосы пропускания (частоты среза) с шагом в 1,41 раза (3 дБ) происходит под воздействием управляющего сигнала Rx_LPF_Gm[11:0], которые формируются дешифратором цифрового блока управления из сигнала Rx_LPF_CTRL[3:0], формируемого блоком управления трансивера. ФНЧ должен обеспечить перестройку частоты среза фильтра от 100 МГц до 200 кГц (коэффициент перекрытия равен 500). Исходя из этого перестройка частоты обеспечивается изменением gm ОТА и емкостей фильтра. Два старших бита Rx_LPF_Gm отводится для изменения емкостей, оставшиеся 10 бит для изменения gm ОТА.

На рис. 2 представлены результаты моделирования АЧХ при различных значениях gm и C, что позволяет добиться перестройки частоты с шагом 3 дБ (1,41 раза).

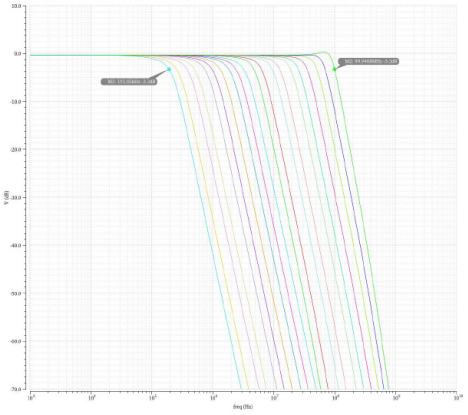


Рис. 2

3. Заключение

Разработанный активный перестраиваемый ФНЧ предназначен для формирования полосы пропускания путем фильтрации сигнала на базовой частоте. Фильтр реализован на основе операционных транскондуктивных усилителей (ОТА) методом биквадратного синтеза. Его основная функция — обеспечение широкого диапазона перестройки частоты среза от 100 кГц до 200 МГц, что достигается за счет цифрового управления gm ОТА и коммутации емкостей с помощью сигнала Rx_LPF_CTRL[4:0].

.4. Список литературы

[1] Lewinski, A.J. A 30-MHz Fifth-Order Elliptic Low-Pass CMOS Filter With 65-dB Spurious-Free Dynamic Range / A. J. Lewinski and J. S. Martinez // IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers. — 2007. — Vol 54, No 3. — P. 469—480.

[2] Ultra low-power analog Morlet wavelet filter in 0.18 μm BiCMOS technology / S. A. P. Haddad // In Proc. European Solid-State Circuits Conf. — 2005. — P. 323—326.

TUNABLE 3RD ORDER LOW-PASS FILTER FOR THE RECEIVING PART OF THE SDR TRANSCEIVER

Savinov V. V., Muratov A. E., Kapnopulo D. V.,
Ivanyuk T. A., Vertegel V. V.
Scientific adviser: Vertegel V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A tunable low-pass filter of the 3rd order has been designed for the receiving part of the SDR transceiver using RFCMOS 28 nm technology. A circuit engineering solution in CADENCE Virtuoso CAD has been designed and its characteristics have been modeled.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ «УМНАЯ РОЗЕТКА»

Гонтарь А. И., Левченя Р. Р., Кравченко И. Д., Чесноков С. А., Дурманов М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук Дурманов М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ftriotdb@mail.ru

Аннотация — В работе рассматриваются основы разработки «умных розеток». Составлена структурная схема, описаны ее основные элементы. Рассмотрены преимущества, принцип работы и сфера применения «умных розеток».

1. Введение

С развитием концепции «умного дома» обычные бытовые приборы становятся частью единой цифровой экосистемы. Одним из самых простых, доступных и в то же время функциональных устройств такого рода является «умная розетка». Это компактное устройство, которое преобразует любой стандартный электроприбор в «умный», позволяя управлять электрооборудованием удаленно через смартфон или другие устройства с интернет-доступом. Эти устройства становятся всё более популярными благодаря удобству, энергоэффективности и возможностям автоматизации.

2. Основная часть

Структурная схема «умной розетки», описывающая систему автоматизации управления электросетью и нагрузками, показана на рис. 1.



Рис. 1

Структурная схема состоит из следующих основных компонентов. Электросеть — источник электроэнергии, подающий питание на систему. Розетка (нагрузка) — устройство, к которому подключается нагрузка (например, бытовая техника). Исполнительный механизм (реле) — электромагнитное устройство, которое управляет подачей или отключением питания на нагрузку по сигналу от микроконтроллера. Микроконтроллер (ESP32) — центральный управляющий элемент, который получает сигналы от реле и управляет ими, а также обрабатывает данные. Коммуникационный модуль — обеспечивает связь микроконтроллера с внешним миром через Wi-Fi, Bluetooth или другие протоколы.

Пользовательский интерфейс — приложение или веб-интерфейс, через который пользователь может управлять системой, получать информацию и настраивать параметры.

Преимущества разрабатываемого устройства:

— удалённое управление — возможность включать и выключать подключённое устройство из любого места;

— расписание — возможность задать автоматические таймеры работы устройств;

— мониторинг энергии — отслеживание расхода электроэнергии, что помогает экономить ресурсы;

— совместимость с «умным домом» — «умные розетки» легко интегрируются с системами управления, например, Alexa, Google Home, и другими платформами;

— повышенная безопасность — возможность отключать приборы, которые остаются включёнными без дела, снижая риск перегрева или короткого замыкания.

Принцип работы «умной розетки».

«Умная розетка» подключается к сети Wi-Fi или другому протоколу связи. Встроенный микроконтроллер позволяет получать команды от приложений или автоматических сценариев. Некоторые модели оснащены сенсорами или функциями обратной связи для более точного управления.

Применение в быту:

— управление бытовой техникой (чайники, лампы, электроприборы);

— контроль энергопотребления техники;

— автоматизация включения и выключения устройств по расписанию;

— удалённое отключение опасных или неисправных приборов.

Будущее развития «умных розеток» связано с повышением их функциональности, прогнозируемыми сценариями автоматизации и интеграцией с расширенными системами «умного дома».

3. Заключение

«Умная розетка» — это наглядный пример того, как современные технологии делают жизнь современного человека удобнее, безопаснее и экономнее. Являясь «точкой входа» в мир «умного дома», она не требует сложного монтажа и значительных финансовых затрат, но при этом предлагает широкий спектр полезных функций. В качестве дальнейшего развития этого устройства планируется, в частности, расширение аналитических функций по энергопотреблению и более тесная интеграция с системами на основе искусственного интеллекта.

4. Список литературы

[1] Иванов, И. И. Умные устройства для дома: возможности и перспективы / И. И. Иванов // Журнал «Современные технологии». — 2022. — № 4. —С. 45—52.
[2] Петрова, А. В. Интеллектуальные системы автоматизации жилых помещений / А. В. Петрова, Ю. Л. Смирнов. — М. : Изд-во «Техно-Инновация», 2021. — 320 с.
[3] Гусев, Е. В. Энергосберегающие технологии в умном доме / Е. В. Гусев // Журнал «Электронная энергетика». — 2021. — № 3. — С. 89—94.

SMART ELECTRICAL OUTLET

Gontar A.I., Levchenya R.R., Kravchenko I. D.,
Chesnokov S. A., Durmanov M. A.
Scientific adviser: Durmanov M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — This paper the fundamentals of smart electrical outlet development are discussed. A structural diagram is provided, describing its main elements. The advantages, operating principles, and applications of smart plugs are discussed.



Секция 8

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗВУКОВОЙ ЛОКАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Клименко Ю. А.[1], Преображенский А. П.[1], Бельчев А. В.[2], Родюков А. И.[2]
[1]*Воронежский институт высоких технологий, Россия*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия*
E-mail: *klm71165@mail.ru*

Аннотация — В данной статье предлагается разработка и применение системы звуковой локации для обнаружения беспилотных летательных аппаратов.

1. Введение

В настоящее время уделяется огромное внимание вопросу развития беспилотной авиации, что представляет интерес использования новых технологий и приборов, в этой сфере. Но существуют ограничения для применения БПЛА при проведении массовых мероприятий или в районах аэропортов.

В данной работе проводится разработка системы звуковой локации для обнаружения беспилотных летательных аппаратов. Данная система звуковой локации представляет собой симбиоз технических, программных и технологических возможностей прямого и косвенного противодействия беспилотной авиации.

Результатом применения системы звуковой локации для обнаружения беспилотных летательных аппаратов является обнаружение, сопровождение объектов БПЛА.

2. Основная часть

При исследовании звуковой записи работы БПЛА можно сделать вывод о малой информативности данного сигнала, которые могут сливаться с другими звуковыми сигналами окружающей среды. Основным недостатком анализа звуковых колебаний является неустойчивая периодичность общей амплитуды любого звукового сигнала. Зависит она от многих накладывающихся друг на друга факторов, таких, например, как ветровая нагрузка, звуковые шумы различного происхождения, погодные условия, сезонность при распространении (день/ночь, лето/осень/зима/весна). Поэтому для точного определения отличительных звуковых особенностей различных БПЛА необходимо проводить спектральный анализ звуковых волн от инфразвуковых до ультразвуковых [1].

Основными характеристиками спектрального анализа являются время, частота и амплитуда звукового колебания. Сложность идентификации звуковой волны заключается в определении основных гармоник сигнала в виде основного звукового тона. Звуковой тон определяется такими основными элементами: высота звука (частотная характеристика), тембр звука (определенная окраска звука), динамика звука (фоновое значение звука).

Основной фон звука формируется в зависимости от частоты оборотов двигателя, числа двигателей или количества цилиндров, винтовых лопастей вращающихся элементов.

В любом звуковом сигнале присутствуют, словно параллельные прямые, четкие и нечеткие гармоники, а также присутствует возможность генерации субгармоник. При чём, чёткие гармоники по амплитуде всегда превосходят нечеткие гармоники.

В дальнейшем, спектральный анализ позволяет вносить определенные изменения в процесс исследования. Имеется возможность увеличить частотное или временное разрешение. Например, при повышении частотного разрешения звуковой волны при маневрировании БПЛА происходит четкое изменение частоты работы двигателя, что сразу проявляется в расщеплении частотной полосы. При уменьшении частотного разрешения проявляется временное изменение звукового сигнала и происходит так называемое «амплитудное мерцание» звуковых гармоник [2].

Особенностью при проведении данного исследования выявлено, что обнаружение БПЛА в основном зависит от информативности инфразвуковых колебаний, которые несут основную информативную нагрузку об летательном объекте. Именно данный спектр звуковых волн определяет звуковые сигнатуры работающих частей двигателей и вращающихся частей летательных аппаратов.

Построенная на данном принципе система звуковой локации обнаружения беспилотных летательных аппаратов поможет применить новые и действенные способы определения местоположения БПЛА на расстояниях до 50 км и более.

3. Заключение

Предложена система звуковой локации комплексного обнаружения и сопровождения беспилотных летательных аппаратов. Выявлена зависимость частотного и временного разрешения. Проведено исследование структуры звуковых колебаний и возможности создания на этой основе комплексной защиты от БПЛА.

4. Список литературы

[1] Касаткин, Б.А. Корректная постановка граничных задач в акустике слоистых сред / Б.А. Касаткин, Н.В. Злобина — М. : Наука, 2009. — 406 с.
[2] Касаткин, Б.А. Обнаружение и идентификация малошумного движущегося источника на фоне шумов ближнего судоходства в мелком море / Б.А. Касаткин, Н.В. Злобина, С.Б. Касаткин // Морские интеллектуальные технологии. — 2022. — № 3. — Вып. 1(57). — С. 205—211.

DESIGN OF THE SOUND LOCATION SYSTEM FOR DETECTING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Klimenko Yu. A.[1], Preobrazhensky A. P.[1],
Belchev A. V.[2], Rodyukov A. I.[2]
[1]*Voronezh Institute of High Technologies, Russia*
[2]*VUNTS VVS "VVA named after N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russia*

Abstract — In the paper, the design and application of a sound location system for detecting unmanned aerial vehicles are proposed.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО «ПАСПОРТА» БПЛА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗВУКОВОЙ ЛОКАЦИИ

Клименко Ю. А.[1], Преображенский А. П.[1], Гаврилов Д. Е.[2], Черничкин Б. М.[2]
[1]*Воронежский институт высоких технологий, Россия*
[2]*ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Россия*
E-mail: *klm71165@mail.ru*

Аннотация — В данной статье представлена идея создания системы формирования акустического «паспорта» БПЛА после их обнаружения в составе комплекса средств звуковой локации.

1. Введение

В настоящее время уделяется огромное внимание вопросу развития беспилотной авиации, что представляет интерес использования новых технологий в этой сфере. Но пока не существует таких средств идентификации и сопровождения, основанных на принципе наведения данных средств с помощью акустических систем, разве что исключая средства морского базирования.

Актуальной задачей является создание систем единого комплекса обнаружения, сопровождения и идентификации, построенного на применении систем звуковой локации.

2. Основная часть

Комплексы обнаружения, сопровождения и идентификации должны отвечать следующим требованиям: эффективность применения, мобильность, простота использования, безотказность, низкая стоимость производства. Пример внешнего вида комплекса с акустическими элементами показан на рис. 1



Рис. 1

Комплекс должен состоять из следующих основных элементов: система акустического обнаружения и сопровождения цели; система обработки информации и принятия решения.

Система акустического обнаружения и сопровождения цели при помощи акустических антенных (например, как показано на рис. 2) устройств широкого диапазона звуковых волн на основании спектрального анализа производит автоматическое обнаружение БПЛА, определяет его основные параметры полета (скорость, высота, координаты). Основными характеристиками спектрального анализа являются время, частота и амплитуда звукового колебания.

Данная информация передается в систему обработки информации и принятия решения для выявления, присущих только данному объекту, определенных звуковых сигнатур. На основании этого производится идентификация данного объекта с помощью базы данных о ранее выявленных БПЛА. Сложность идентификации звуковой волны заключается в определении основных гармоник сигнала в виде основного звукового тона. Звуковой тон определяется такими основными элементами: высота звука (частотная характеристика), тембр звука (определенная окраска звука), динамика звука (фоновое значение звука).



Рис. 2

Создаётся своеобразный акустический «портрет» или «паспорт» объекта. Параметры акустического «паспорта» объекта запоминаются и помогают отслеживать БПЛА и выделять его из группы похожих объектов.

3. Заключение

Таким образом, построенный на принципе использования звуковой локации комплекс обнаружения, сопровождения и идентификации беспилотных летательных аппаратов позволяет решить задачи выделения и сопровождения отдельного БПЛА из множества похожих в акустическом диапазоне объектов.

4. Список литературы

[1] Касаткин, Б.А. Корректная постановка граничных задач в акустике слоистых сред / Б.А. Касаткин, Н.В. Злобина // М. : Наука, 2009. — 406 с.

[2] Касаткин, Б.А. Обнаружение и идентификация малошумного движущегося источника на фоне шумов ближнего судоходства в мелком море / Б.А. Касаткин, Н.В. Злобина, С.Б. Касаткин // Морские интеллектуальные технологии. — 2022. — № 3. — Вып. 1(57). — С. 205—211.

DESIGN OF THE SYSTEM FOR THE UNMANNED AERIAL VEHICLES FIRE DEFEAT BASED ON THE USE OF SOUND LOCATION MEANS

Klimenko Yu. A.[1], Preobrazhensky A. P.[1], Gavrilov A. V.[2], Chernichkin B. M.[2]
[1]*Voronezh Institute of High Technologies, Russia,*
[2]*VUNTS VVS "VVA named after N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russia*

Abstract — In the paper, the idea of creating a system for fire destruction of unmanned aerial vehicles after their detection is presented as part of a complex of sound location systems.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ И СВЯЗИ С НИМИ

Тихонов И. А., Дюков А. В., Маренков Н. М.
Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф. Преображенский А. П.
Воронежский институт высоких технологий, Россия
E-mail: komkovvivt@yandex.ru

Аннотация — В работе используются методы машинного обучения, разрабатывается база данных и формируются функциональные модули мессенджер-бота с множеством информирующих функций, включая мониторинг успеваемости студентов и её прогнозирование.

1. Введение

Образовательные учреждения должны следить за академической успеваемостью своих обучающихся и немедленно оказывать поддержку тем из них у кого неудовлетворительные результаты. Для этого могут использоваться мессенджеры (чат-приложения). Целью работы является разработка мессенджер-бота для системы прогнозирования успеваемости и информирования студентов с использованием методов машинного обучения.

2. Основная часть

В ходе обучения системы была собрана информации по 47 студентам за период обучения на 1—4 курсах. Данные по студентам были собраны в виде трёх файлов по разным дисциплинам в формате xlsx и имеют следующие сведения: общий балл по техническим дисциплинам за прошлый семестр, баллы ЕГЭ (Единый Государственный Экзамен), пол, внеучебные занятия, посещение дополнительных учебных курсов, наличие работы у студента, оценка по предварительному тестированию по прогнозируемой дисциплине, итоговые результаты по дисциплине. Для обучения моделей по выбранным дисциплинам используется метод множественной линейной регрессии и её модификация — гребневная регрессия и LASSO регрессия (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator — оператор наименьшей абсолютной усадки и выбора). С учетом различных метрик проводилось сравнение различных методов.

Разработанная система состоит из следующих элементов:

— база данных — элемент, отвечающий за хранение организованного набора структурированной информации о студентах, преподавателях и данных, связанных с образовательным процессом;

— серверная часть;

— Bot API — интерфейс на основе HTTP.

Для разработки мессенджер-бота с внедренным в него машинным обучением, язык Python является лучшим вариантом, который предлагает лаконичный и читаемый код, а также огромное количество библиотек для работы с данными.

Для разработки мессенджер-бота было решено использовать асинхронный фреймворк Aiogram, который позволяет полностью реализовать задуманную логику и функционал бота [1].

Система прогнозирования успеваемости разрабатывалась в качестве отдельных функций внутри мессенджер-бота. Для реализации таких функций и анализа данных, были использованы [2] такие библиотеки: Pandas; NumPy; Matplotlib; Seaborn; Scikit-learn (Sklearn).

В мессенджере-боте пользователи имеют две роли: студент и преподаватель. В зависимости от назначенной роли, пользователь имеет определенный для этой роли функционал.

Для роли «студент» реализованы такие функции, как:

— просмотр расписания занятий;

— просмотр оценок по выбранным дисциплинам;

— получение прогноза оценок по выбранной дисциплине;

— получение сообщений или объявлений от преподавателей.

Для роли «преподаватель» реализованы функции:

— просмотр оценок всех студентов, которые относятся к преподавателю по выбранной дисциплине или нескольким дисциплинам;

— просмотр личного расписания;

— получение общей успеваемости группы по выбранной дисциплине, к которой относится преподаватель;

— отправление сообщений в виде объявлений выбранной учебной группе;

— получение прогноза успеваемости студентов по выбранным дисциплинам.

3. Заключение

Даны предложения по формированию интеллектуального модуля, на основе которого проводится связь со студентами, а также осуществляется прогнозирование их успеваемости. сопоставлению множества управляющих воздействий и множества параметров систем была спроектирована база данных для хранения всей необходимой информации и разработана серверная часть мессенджер-бота, которая взаимодействует с базой данных и Telegram Bot API.

4. Список литературы

[1] Протодьяконов, А. В. Алгоритмы Data Science и их практическая реализация на Python / А. В. Протодьяконов, П. А. Пылов, В. Е. Садовников. — М., Вологда : Инфра-Инженерия. — 2022. — 392 с.

[2] Титов, А. Н. Визуализация данных в Python. Работа с библиотекой Matplotlib / А. Н. Титов, Р. Ф. Тазиева. — Казань : Издательство КНИТУ. — 2022. — 92 с.

THE DEVELOPING THE INTELLIGENT MODULE TO PREDICT STUDENT PROGRESS AND COMMUNICATE WITH THEM

Tikhonov I. A., Dyukov A. V., Marenkov N. M.
Scientific adviser: Preobrazhenskiy A. P.
Voronezh Institute of High Technologies, Russia

Abstract — Machine learning methods are used in the work, a database is being developed and functional modules of a messenger bot with many informative functions are being formed, including monitoring student progress and its forecasting.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕТЯХ

Дубовик К. А., Долгих П. О., Гудков С. С.
Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф. Преображенский А. П.
Воронежский институт высоких технологий, Россия
E-mail: komkovvivt@yandex.ru

Аннотация — В работе даются предложения по применению методов искусственного интеллекта для оптимизации маршрутизации в сетях. Проведена разработка интеллектуального маршрутизатора, использующего указанные методы.

1. Введение

Одним из перспективных направлений, позволяющих повысить гибкость, адаптивность и интеллектуальность сетей, является использование методов искусственного интеллекта. Особый интерес представляет направление обучения с подкреплением (Reinforcement Learning), в рамках которого агент (например, маршрутизатор) может обучаться путём взаимодействия с сетью, не имея изначально полной информации о её структуре. В данной работе рассматривается возможность реализации модели маршрутизатора на базе алгоритма Q-learning — одного из базовых, но при этом мощных методов обучения с подкреплением.

2. Основная часть

Несмотря на многолетнюю практику применения и высокую степень стандартизации, традиционные методы маршрутизации, реализуемые в протоколах RIP, OSPF, BGP и аналогичных, демонстрируют ряд существенных ограничений в условиях современной высоконагруженной, распределённой и динамически изменяющейся сетевой среды. Их недостатки особенно явно проявляются при работе в крупных мультисервисных сетях [1], построенных по принципам программно-определяемых сетей (SDN), виртуализированных инфраструктур и облачных вычислений.

В ходе анализа были выделены следующие недостатки в существующих протоколах:

— ограниченная адаптивность и реактивность;

— чувствительность к нестабильности и ошибкам конфигурации;

— ограниченность критериальной оценки маршрутов;

— масштабируемость и перегрузка управляющей плоскости;

— отсутствие предиктивного поведения и самообучения;

— сложности в интеграции с новыми сетевыми архитектурами.

В ходе решения задачи с привлечением искусственного интеллекта сеть представлена в виде графа, где узлы — это маршрутизаторы, а рёбра — каналы связи между ними. Каждое ребро имеет вес, отражающий стоимость маршрута (например, задержку, длину, потери). Алгоритм маршрутизации должен находить путь от источника к получателю с минимальной совокупной стоимостью [2]. Параметры сети могут изменяться: например, варьируется загрузка, рвутся соединения, появляются новые узлы.

Программная модель состоит из следующих основных компонентов:

— модуль генерации компьютерной сети;

— модуль, реализующий алгоритм классической маршрутизации (Дейкстра);

— модуль обработки на основе Q-learning;

— модуль сравнения маршрутов;

— модуль визуализации результатов.

Основные параметры алгоритма Q-learning включают:

— коэффициент обучения (α – learning rate). При этом коэффициент α определяет степень, с которой новое значение вознаграждения влияет на текущее значение Q-функции;

— коэффициент дисконтирования (γ – discount factor). Коэффициент γ определяет важность будущего вознаграждения;

— коэффициент исследования (ε – exploration rate). Он учитывает стратегию исследования;

— количество эпизодов обучения. В работе их число было 3000.

Для реализации интеллектуального маршрутизатора на основе алгоритма Q-learning была разработана программная модель, имитирующая поведение обучающегося агента в среде компьютерной сети. Модель реализована на языке программирования Python с использованием библиотек NetworkX, NumPy и Matplotlib. Разработанная модель показала хорошие результаты при сравнении с классическим методом Дейкстры, особенно в аспекте гибкости и скорости принятия решений после этапа обучения.

3. Заключение

Полученные результаты подтверждают, что алгоритм Q-learning способен находить маршруты, сопоставимые по эффективности с классическими алгоритмами; модель устойчива к изменениям топологии и не требует глобальной информации о графе; после завершения фазы обучения построение маршрутов происходит значительно быстрее, чем при использовании алгоритма Дейкстры.

4. Список литературы

[1] Выборнова, А. А. Обзор способов применения методов машинного обучения к управлению программно-конфигурируемыми сетями / А. А. Выборнова // Известия ТУТ. — 2021. — № 3. — С. 11—21.

[2] Balaji, S. Intelligent Routing Techniques: A Survey on Machine Learning Approaches for Dynamic Routing / S. Balaji, V. Srinivasan // Computer Networks. — 2021. — Vol 196. — P. 108—123.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS FOR OPTIMIZING ROUTING IN NETWORKS

Dubovik K. A., Dolgih P. O., Gudkov S. S.
Scientific adviser: Preobrazhenskiy A. P.
Voronezh Institute of High Technologies, Russia

Abstract — In the paper, the use of artificial intelligence methods are proposed to optimize routing in networks. An intelligent router using these methods has been designed.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ

Гудков С. С., Маркин В. В.
Научный руководитель: д-р. техн. наук, проф. Преображенский А. П.
Воронежский институт высоких технологий, Россия
E-mail: komkovvivt@yandex.ru

Аннотация — В рамках данной работы рассматриваются возможности улучшения работы беспроводной сети с привлечением механизмов обучения. В предлагаемом подходе учитываются особенности адаптации по скорости передаваемой информации. Используется оптимизационный подход в сети на основе марковской модели. Проводилась проверка обученной модели.

1. Введение

Технологии беспроводной связи становятся всё более популярным методом установления соединения между подключенными узлами без необходимости прокладки обширных кабельных сетей. В рамках данной работы изучаются лучшие практики развёртывания беспроводных сетей, включая количество необходимых точек доступа и их расположение для максимизации покрытия и производительности в приложении удаленного мониторинга и управления мобильными устройствами [1]. Далее используются механизмы обучения с подкреплением для динамической адаптации профилей приложений на основе сетевых условий и требований пользователей, а также формирования луча.

2. Основная часть

Алгоритмы адаптации скорости (RAAs) помогают нам понять способы, которыми сети Wi-Fi адаптируются к изменяющимся сетевым условиям и как они оптимизируют свою производительность. Эти алгоритмы являются критическими компонентами сетей Wi-Fi и играют ключевую роль в определении скоростей передачи данных, которые могут быть достигнуты при различных сетевых условиях. Была проведена оценка производительности репрезентативных алгоритмов из каждой категории RAA (неявные, явные и гибридные).

Алгоритм Ideal обнаруживал изменения канала быстрее других алгоритмов и соответственно адаптировал скорость благодаря своим возможностям быстрой обратной связи и принятия решений. MutFed имел немного более низкую пропускную способность по сравнению с Ideal из-за того, что алгоритм принимает решения каждые десять кадров. В результате, когда условия канала ухудшались, решение не принималось немедленно, что приводило к потерям кадров [2].

Minstrel-HT и Strale показали более низкую пропускную способность, поскольку этим алгоритмам требуется некоторое время для снижения скорости при необходимости, так как их процесс принятия решений основывается на случайном зондировании, коэффициенте потерь кадров (FLR) в случае MinstrelHT и адаптации размера кадров протокольного блока данных (MPDU) в случае Strale.

Задача оптимизации рассматривается в виде марковского процесса принятия решений. В нем учитывается агент, множество состояний S, множество действий A, функция вознаграждения R, вероятность перехода T и коэффициент дисконтирования вознаграждения $\boldsymbol{\gamma} \in [\mathbf{0}, \mathbf{1}]$.

Агент установлен в узле Wi-Fi. Он отправляет данные к точке доступа в течение интервала времени и наблюдает состояние $\boldsymbol{s} \in \boldsymbol{S}$ окружающей среды. Состояние выражается как пропускная способность и длительность отката. Учитывая состояние, агент предпринимает действие $\boldsymbol{a} \in \boldsymbol{A}$, выбирая длительность отката на основе политики ($\boldsymbol{\pi}$). Политика — это нейронная сеть, которая предоставляет набор вероятностей, каждая из которых соответствует действию. На основе политики агент выбирает действие, соответствующее новой длительности отката. Вознаграждение r затем рассчитывается как общая пропускная способность в сети $\boldsymbol{T_{total}}$ в попытке улучшить общую производительность сети.

Пропускная способность нормализуется к диапазону [0,1] путём деления на максимальную ожидаемую пропускную способность. Она считается максимально достигнутой скоростью передачи данных в нашей конфигурации.

Обученная модель проверяется в нескольких сценариях, каждый из которых соответствует разному количеству узлов. В каждом сценарии фиксируется количество узлов и проводится 50 раундов 60-секундных симуляций. Исследовалось влияние формирования луча на производительность сетей Wi-Fi, которые контролируют и управляют мобильными устройствами.

3. Заключение

Полученные результаты показали возможности повышения эффективности работы беспроводных сетей. Оптимизация их работы может осуществляться на основе использования разных критериев. Проведена оценка использования формирования луча в различных техниках развертывания сетей.

4. Список литературы

[1] Летфуллин, И. Р. Стандарты и технологии беспроводных сетей связи ближнего радиуса действия / И. Р. Летфуллин // Труды МАИ. — 2022. — № 124. С. 32—37.

[2] Львович, Я. Е. Анализ некоторых направлений повышения пропускной способности ip-сетей связи / Я. Е. Львович, Ю. П.Преображенский, Е. Ружицкий // Вестник Воронежского института высоких технологий. — 2022. — № 1 (40). — С. 42—45.

WIRELESS NETWORK EFFICIENCY CAPABILITIES

Gudkov S. S., Markin V. V.
Scientific adviser: Preobrazhenskiy A. P.
Voronezh Institute of High Technologies, Russia

Abstract — Within the framework of the paper, the possibilities of improving the wireless network operation are considered. The proposed approach takes into account the features of adaptation by the speed of transmitted information, and uses an optimization approach in the network based on the Markov model. The trained model was tested.

ОБЗОР НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ МОНОКУЛЯРНОЙ ОЦЕНКИ ДИСТАНЦИИ

Кузьменко С. И., Ляшко А. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: svyatoslaw_2004@mail.ru

Аннотация — В работе представлен обзор нейросетевых алгоритмов, строящих карты глубины изображения.

1. Введение

В настоящее время монокулярная оценка глубины является одной из главных задач в компьютерном зрении и робототехнике. Эта возможность важна для широкого спектра задач, включая автономную навигацию, обнаружение препятствий и 3D-реконструкцию. Традиционные методы оценки глубины, такие как стереокамеры или лидар, могут быть дорогостоящими и требовать больших вычислительных затрат. Монокулярная оценка глубины, в свою очередь, предлагает более эффективное и экономическое решение, используя методы глубокого обучения для прогнозирования глубины по одному изображению.

2. Основная часть

Были изучены алгоритмы определения дистанции с помощью специальных сенсоров, стереокамеры и монокулярной камеры по видео.

Были изучены алгоритмы работы нейронных сетей, строящих карту глубины по одному изображению: MiDaS, Marigold, Depth Pro [1], Depth Anything v2 [2] и ZoeDepth.

В качестве объекта данного исследования выступил автономный необитаемый подводный аппарат (АНПА) «Херсонес», снабжённый системой технического зрения (камера HIKVISION с разрешением 960×600). Были сделаны тестовые фотографии с использованием соответствующей аппаратуры для проверки точности предсказанной вышеперечисленными нейронными сетями карты глубины (рис. 1).



Рис. 1

Полученные карты глубины, большинство из которых были относительными, были нормализованы по одной точке (по дистанции к ближайшему из объектов).

На рис. 2 представлены нормализованные карты глубины в следующем порядке: а) MiDaS v2.1 Small, MiDaS v3 Hybrid, MiDaS v3 Large, б) Marigold v1, Depth Pro, в) Depth Anything v2 Small, Depth Anything v2 Base, Depth Anything v2 Large, г) ZoeDepth_N, ZoeDepth_K, ZoeDepth_NK.

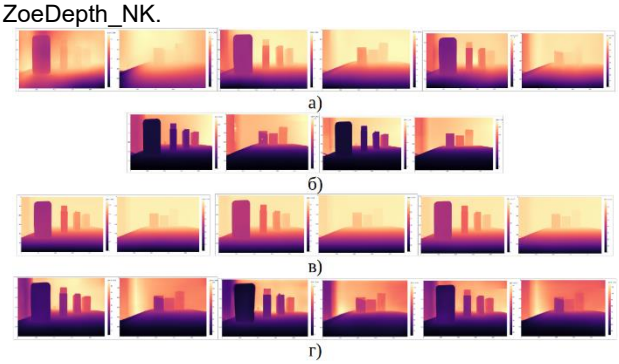


Рис. 2

Полученные результаты показали, что наиболее точно работает алгоритм Depth Pro, наиболее быстро — Depth Anything v2, и целесообразно продолжить их исследование для применения в задачах робототехники.

В дальнейшем планируются испытания лучших нейронных сетей в подводных условиях, использование их для решения задачи навигации АНПА, улучшение их работы путём изменения архитектуры и дообучения на новых данных.

3. Заключение

В рамках работы был достигнут ряд целей. Была проведена сравнительная оценка пяти современных моделей оценки глубины: MiDaS, DepthPro, DepthAnything, ZoeDepth и Marigold. Рассмотрены их принципы работы, особенности вывода глубины (относительная, инвертированная относительная и абсолютная в сантиметрах) и проведена нормализация результатов по одной точке для тестовых изображений. Основное внимание уделялось точности предсказания дистанции до объектов на изображениях и анализу ошибок после нормализации.

4. Список литературы

[1] An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale / A. Dosovitskiy [et al.] // arXiv preprint arXiv:2010.11929. — 2020.

[2] Depth anything v2 / L. Yang [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2024. — Vol. 37. — P. 21875—21911.

REVIEW OF NEURAL NETWORK ALGORITHMS FOR MONOCULAR DISTANCE ESTIMATION

Kuzmenko S. I., Liashko A. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, an review of neural network algorithms that construct image depth maps is provided.

КОНВЕЙЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ DMA КОНТРОЛЛЕРА С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТОЙ БЛОКОВ ЧТЕНИЯ И ЗАПИСИ

Красильниченко И. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: igor.krasilnichenko2@mail.ru

Аннотация — В данной статье исследуется реализация DMA контроллера с конвейерной архитектурой. Предложенное решение позволяет блокам чтения и записи работать параллельно, через буфер FIFO. Для проекта разработано тестовое окружение, верифицирующее корректность работы. Также рассмотрены дальнейшие улучшения работоспособности устройства

1. Введение

DMA контроллер — устройство, позволяющее выполнять операции Чтения/Записи без участия центрального процессора, что высвобождает его вычислительные ресурсы. Однако работа DMA контроллера также может быть оптимизирована, с повышением производительности. В статье будет рассмотрена конвейерная реализация, поддерживающая параллельную работу блоков чтения и записи, с использованием буфера FIFO. DMA контроллер разработан для шины AXI4, и управляется через APB интерфейс.

2. Основная часть

Предложенный DMA контроллер состоит из четырёх ключевых модулей: APB (модуль APB интерфейса), read (блок чтения), write (блок записи), FIFO буфер (временное хранилище). Схема контроллера с описанием его работы изображена на рис. 1.

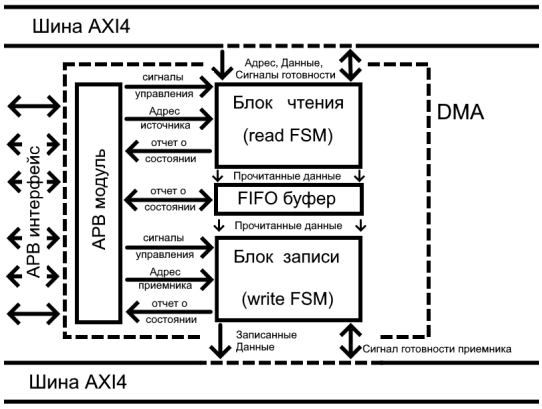


Рис. 1

Модуль APB интерфейса позволяет считывать команды процессора, обеспечивая конфигурацию контроллера и анализ статуса его блоков (модулей).

Конечный автомат управляет операциями чтения. Его задача — последовательно выставлять адреса на шине, читать данные и помещать их в буфер FIFO.

Конечный автомат записи управляет операциями записи. Он читает данные из FIFO и передает их по шине в приемник, получив сигнал его готовности к операции из шины AXI4

Буфер FIFO — реализован на статической памяти с двумя указателями (записи и чтения) и счетчиком элементов. Буфер полностью изолирует работу двух автоматов, позволяя им работать независимо друг от друга, а также нивелирует ошибки в связи с задержками на шине.

Для верификации контроллера было разработано комплексное тестовое окружение, включающее в себя 6 тестовых сценариев:

— базовый тест передачи 8 слов;
— тест передачи пустого (нулевого) слова;
— тест на полное заполнение FIFO;
— тест со случайными задержками шины AXI4;
— тест сброса операции во время передачи;
— тест повторного запуска без сброса.

Результаты моделирования показали корректную работу DMA контроллера, а также адекватную реакцию устройства к неблагоприятным условиям работы (полное использование FIFO, случайные задержки). Анализ временных диаграмм доказывает параллельную работу блоков чтения и записи, однако также проявляет не оптимальное использование сигналов AXI. На данный момент разработки проекта производится оптимизация конечных автоматов (FSM) блоков чтения/записи для увеличения производительности. Временная диаграмма (для теста полного заполнения FIFO) предоставлена на рис. 2.

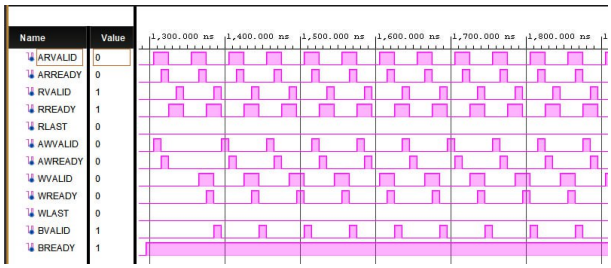


Рис. 2

3. Заключение

В рамках данной работы был разработан и реализован DMA контроллер конвейерного типа. Параллельная работа блоков чтения и записи позволила добиться максимальной производительности. Следующими этапами повышения производительности будет поддержка burst-пакетов и оптимизация работы FSM с сигналами AXI

4. Список литературы

[1] ARM AMBA AXI Protocol Version: 2.0 Specification / ARM, 2010.
[2] Понг, П. Чу FPGA Prototyping by SystemVerilog Examples: Xilinx MicroBlaze MCS SoC Edition / П. Чу Понг. — 2018.

IMPROVING DMA CONTROLLER PERFORMANCE THROUGH THE USE OF PIPELINED ARCHITECTURE

Krasilnichenko I. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the implementation of a DMA controller with a pipelined architecture is explored. The proposed solution allows the read and write units to operate in parallel via a FIFO buffer. A test environment was developed for the project to verify the correct operation. Further performance improvements of the device are also considered.

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИИ ДЛЯ УСКОРЕННОЙ РАЗРАБОТКИ НА SYSTEMVERILOG: КЕЙС DMA-КОНТРОЛЛЕРА

Красильниченко И. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: igor.krasilnichenko2@mail.ru

Аннотация — В данной статье испытывается подход в разработке (программировании) устройств с использованием ИИ. На примере создания DMA-контроллера показано, как нейросеть используется для решения рутинных и комплексных задач на SystemVerilog. Метод позволил сократить время разработки и верификации итогового проекта.

1. Введение

К нашим дням нейросети получают все более широкое применение в различных сферах деятельности человека, и разработка не стала исключением. В данной работе будет исследована потенциальная польза ИИ в создании (программирования) устройств. Нейросеть примет участие в выполнении как рутинных задач, по типу комментирования кода, так и более комплексных — написание конкретных строчек кода и оценке результатов тестового окружения с последующими рекомендациями.

2. Основная часть

В качестве испытуемой модели была выбрана OpenSoure модель «DeepSeek-V3», ввиду того что она бесплатная, и ей может воспользоваться каждый желающий, даже не имея мощного компьютера. Нейросеть получала запросы в следующем виде:

— приложенный код для каждого модуля контроллера;

— код тестового окружения;

— результаты тестбенча и задание.

В качестве первого задания нейросети было предложено прокомментировать один из блоков контроллера, с чем она успешно справилась — ИИ подробно описал практически каждую строчку кода, а также привел его в читаемый вид.

Вторым заданием для модели стало нахождение синтаксической ошибки в коде — после повторного уточнения в промпте, на каком языке разрабатывается проект, ИИ успешно нашел мелкие ошибки и исправил их

Третьим заданием для ИИ выступила разработка FSM механизма для одного из блоков контроллера – нейросеть написала структурно и логически верную функцию, однако требующую доработку со стороны человека, ввиду недоработок в коде.

Четвертое задание — модели была поставлена задачи описать и оценить функциональность проекта, исходя из данного ею кода. ИИ правильно объяснил работу контроллера, также дал оценку законченности устройства.

Пятое задание — нейросети была дана задача написать комплексное тестовое окружение для созданного устройства. ИИ написал полноценное и готовое решение, но имеющее в себе большое количество синтаксических ошибок. После ручного исправления, а также небольшой доработки, тестбенч был полностью готов к использованию.

Шестое задание — в ходе верификации проекта была найдена логическая ошибка (изначальные гипотезы: неверная работа сброса сигналов APB модуля и памяти FIFO, а также неверная работа FSM модулей после асинхронного перезапуска), и нейросети было предложено принять участие в ее исправлении. ИИ получил задание сделать более подробную отладку тестового окружения (тестбенча), с чем он успешно справился. Далее, в нейросеть были загружены результаты ею же разработанной дополнительной отладки, с заданием найти логическую ошибку в коде. Спустя несколько итераций и уточненных промптов, нейросеть смогла найти ошибку и исправила её (исправление работы эмулятора AXI-мастера, добавленная очистка памяти буфера FIFO), справившись с поставленной задачей.

Проведя анализ выполнения поставленных задач был сформирован общий вывод — нейросети являются мощным современным инструментом для разработки проектов, однако никак не могут полноценно заменить квалифицированные кадры. Инженер может оптимизировать процесс разработки при помощи ИИ, а также упростить себе задачу, оставив рутинные задачи (комментирование кода, приведение его в читаемый вид, написание шаблонных и типичных конструкций, по типу FSM, и т.п.) на нейросеть. Также ИИ можно поручить комплексные задачи, однако в таком случае человеку будет необходимо строго контролировать процесс написания кода нейросетью, так как она не обладает полноценным пониманием, что она создает, а также не исключена искажений, связанных с ее принципом работы. Таким образом современные нейросети это мощный и универсальный инструмент, который повышает эффективность труда инженера в единицу времени в разы.

3. Заключение

В рамках данной работы была изучена эффективность использования ИИ для разработок различных проектов. Нейросеть проявила себя как мощный и универсальный инструмент, который может значительно упростить и ускорить разработку итогового изделия. Однако, без контроля со стороны инженера, погруженного в тему и постоянно поправляющего ошибки ИИ, ее эффективность серьезно снижается.

4. Список литературы

[1] Понг, П. Чу FPGA Prototyping by SystemVerilog Examples: Xilinx MicroBlaze MCS SoC Edition / П. Чу Понг. — 2018.

GENERATIVE AI FOR ACCELERATED SYSTEMVERILOG DEVELOPMENT: A DMA CONTROLLER CASE

Krasilnichenko I. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a development (programming) approach for devices using AI was tested. Using the creation of a DMA controller as an example, it is shown how a neural network is used to solve routine and complex tasks in SystemVerilog. The method allowed for a reduction in the development and verification time of the final project.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Филатов П. В., Нестеренко А. И., Лукьянчиков Д. А., Лукьянчиков Н. А., Лукьянчиков А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: brain75@mail.ru

Аннотация — В данной работе рассматривается актуальная задача первичной отладки программного обеспечения бортового компьютера. Предложен и описан метод эмуляции физического поведения объекта в виртуальной среде VPython с использованием интерфейса UART.

1. Введение

Разработка программного обеспечения для автономных роботехнических систем, таких как беспилотные катера, сопряжена с высокими рисками. Ошибки в коде, приводящие к некорректной работе навигационных алгоритмов или систем управления, могут стать причиной аварии и потери дорогостоящего оборудования. Актуальность задачи заключается в необходимости найти способ проводить интенсивное и всестороннее тестирование программных модулей бортового компьютера на самых ранних стадиях разработки, когда код нестабилен и подвержен частым изменениям. Традиционное тестирование непосредственно на физическом носителе не только опасно, но и крайне неэффективно, так как требует постоянного доступа к испытательному стенду, создания специальных условий и involves значительные временные затраты на каждую итерацию проверки. Таким образом, существует потребность в создании надежного, быстрого и безопасного инструмента для первичной отладки.

2. Основная часть

Суть предлагаемого подхода к первичной отладке заключается в создании программно-аппаратного эмулятора, который заменяет собой реальный катер и его датчики [1]. Бортовой компьютер, на котором выполняется отлаживаемое программное обеспечение, физически подключается через последовательный интерфейс UART к другому компьютеру, выполняющему роль среды моделирования. В качестве среды моделирования выбрана библиотека VPython, которая предоставляет широкие возможности для трехмерной визуализации и проведения физических расчетов в реальном времени [2].

На стороне бортового компьютера работает программа, формирующая управляющие команды — значения угла поворота рулевого привода и величины тяги двигателя. Эти данные упаковываются в заданный протокол и непрерывно передаются через UART-порт. На принимающей стороне программа-симулятор, написанная на VPython, читает эти данные из виртуального COM-порта. Полученные значения «руля» и «газа» применяются к математической модели катера, находящейся в виртуальном мире. Модель рассчитывает возникающие силы и моменты, интегрирует уравнения движения и определяет новое положение, ориентацию и скорость виртуального объекта.

Ключевым аспектом является замыкание цикла обратной связи. После расчета нового состояния модели (координаты, курс, угловая скорость) эти данные, имитирующие показания GPS-приемника и инерциального измерительного модуля (IMU), упаковываются и отправляются обратно через тот же UART-порт на бортовой компьютер. Таким образом, бортовой компьютер, не зная, что он подключен к симулятору, получает правдоподобные данные от «датчиков», обрабатывает их в соответствии с заложенными алгоритмами навигации и управления и вырабатывает новые управляющие команды. Этот цикл повторяется непрерывно, позволяя разработчику наблюдать в окне VPython за поведением виртуального катера в ответ на работу реального программного кода.

Основное преимущество такого метода — полное исключение риска для hardware. Разработчик может намеренно провоцировать критические ситуации, останавливать и перезапускать симуляцию мгновенно, а также тестировать поведение системы в нештатных ситуациях, которые сложно или опасно воспроизводить в реальности. Это ускоряет процесс поиска и исправления ошибок на несколько порядков.

3. Заключение

Применение эмуляции на основе VPython и UART для первичной отладки программных модулей бортового компьютера представляет собой высокоэффективную и необходимую методику в процессе разработки автономных систем. Данный подход позволяет проводить всестороннее тестирование логики работы, алгоритмов управления и обработки данных в безопасной и контролируемой виртуальной среде. Он обеспечивает значительную экономию времени и ресурсов, минимизирует риски повреждения дорогостоящего оборудования и создает идеальные условия для итеративной разработки сложного программного обеспечения.

4. Список литературы

[1] Features of remote software development for embedded systems / N. N. Pomogayko, V. Yu. Voronenkov, D. A. Likyanchikov, N. A. Lukyanchikov // Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies. — 2025. — No 4. — P. 543—548.

[2] Особенности моделирования пролетного клистрона в среде VPython / А. И. Нестеренко, В. О. Полубоярцев, А. А. Еськов, А. В. Лукьянчиков // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2025. — Т. 8, № 5. — С. 763—776. — DOI 10.21227/99gg-mm65.

FEATURES OF PRIMARY DEBUGGING OF ONBOARD COMPUTER SOFTWARE MODULES

Filatov P. V., Nesterenko A. I., Lukyanchikov D. A., Lukyanchikov N. A., Lukyanchikov A. V.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the relevant task of primary debugging of the onboard computer software is discussed. A method for emulating the physical behavior of an object in the VPython virtual environment using the UART interface is proposed and described.

АДАПТИВНЫЙ ФИЛЬТР КАЛМАНА С НАСТРОЙКОЙ МАТРИЦЫ Q МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Кузьменко С. И., Крамарь В. А.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Крамарь В. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: svyatoslaw_2004@mail.ru

Аннотация — В работе рассматривается метод определения матрицы ковариации шумов процесса Q адаптивного фильтра Калмана, оценивающего состояние автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) с помощью методов машинного обучения с подкреплением (Reinforcement Learning).

1. Введение

Все реальные датчики показывают не точное значение измеряемой величины, а зашумлённое. Для борьбы с шумами часто применяется фильтр Калмана. В данной работе будет рассмотрена система с не статичными внешними возмущениями, для адаптации к которым будут использованы методы RL.

2. Основная часть

В данной работе предлагается использование нейронной сети, реализующую обучение с подкреплением. В качестве награды она будет получать ошибку фильтра Калмана, которая равна инновации, умноженной на коэффициент усиления Калмана [1]. Такая награда очень хорошо подходит, поскольку, в отличии от обычной инновации фильтра Калмана, учитывает шумы датчиков.

В качестве объекта исследования будет рассмотрена модель АНПА с шестью степенями свободы (линейное перемещение по осям *x, y, z* и повороты вокруг этих осей *φ, θ, Ψ* [2]), которая будет линейно возрастать по линейным скоростям. Зададим не статичные шумы, под которые должен будет адаптироваться фильтр Калмана. На рис. 1 представлена траектория робота при длительной симуляции.

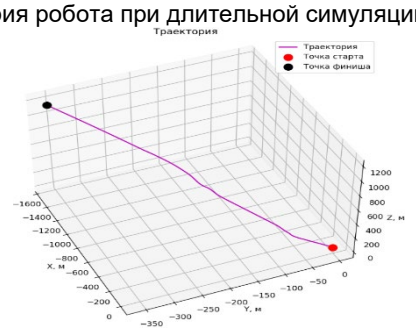


Рис. 1

На рис. 2 представлен график сравнения ошибок работы стандартного фильтра Калмана с фиксированной матрицей Q, стандартного адаптивного фильтра Калмана и предложенного метода. В качестве данных были использованы результаты симуляции движения объекта в течение 5 секунд.

В ходе испытаний было выяснено, что при больших значениях матрицы ковариации шумов измерений R (если её элементы больше 0,1) предложенный алгоритм является более точным, чем стандартные альтернативы. Если же значения элементов R меньше 0,1, при длительной симуляции движения предложенный алгоритм даёт худшие результаты. при короткой — также имеет более низкую ошибку, чем альтернативы.



Рис. 2

Использование предложенного подхода рекомендуется в задачах, не требующих очень высокой точности. Стоит отметить, что, даже когда предложенный метод давал худшие результаты, чем альтернативы, ошибка всё равно оставалась приемлемой для большого числа практических задач.

3. Заключение

Для упрощённой модели подводного аппарата был записан адаптивный фильтр Калмана в соответствии с желаемой моделью динамики, предложен алгоритм адаптивной настройки матрицы ковариации шумов процесса Q с использованием машинного обучения с подкреплением. Предложенный подход перспективен для развития для использования при адаптивной настройке фильтра Калмана для более сложных систем и повышения точности его работы.

4. Список литературы

[1] Lewis, F. L. Optimal and robust estimation: with an introduction to stochastic control theory / F. L. Lewis, L. Xie, D. Popa. — CRC press, 2017.
[2] Fossen, T. I. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control / T. I. Fossen; 2nd. Edition. — Wiley, 2021.

ADAPTIVE KALMAN FILTER WITH Q MATRIX TUNING BASED ON REINFORCEMENT MACHINE LEARNING FOR AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLE STATE ESTIMATION

Kuzmenko S. I., Kramar V. A.
Scientific adviser: Kramar V. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a method for determining the process noise covariance matrix Q of an adaptive Kalman filter, which estimates the state of an autonomous unmanned underwater vehicle (UUV), using reinforcement learning (RL) techniques is presented.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИЧАЛИВАНИЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Широков И. Б., Громов А. С.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Широков И. Б.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: G-r-o-m-o-V.AleX@yandex.ru

Аннотация — Рассматривается новый подход к измерению расстояния под водой, который может быть реализован с помощью использования принципиально разных волновых процессов, при совместном распространении которых решается задача определения расстояния между реперными точками двух или нескольких объектов, как подвижных, так и установленных стационарно.

1. Введение

Существует проблема отсутствия точной системы определения позиции в водной среде, существующие системы — сонар, системы технического зрения и электромагнитная — имеют свои существенные минусы. Предлагается кардинально новая система, которая обладает существенными преимуществами перед конкурентами.

2. Основная часть

Система предназначена для обеспечения высокоточного определения дальности АНПА при организации его автоматического причаливания к донному и подвижному причальному устройству, прохода по заданному фарватеру. Дальность действия системы составляет до 100 м с возможностью расширения зоны действия до нескольких километров. Точность позиционирования составляет несколько миллиметров на финальной стадии причаливания.

Новым в системе является использование принципиально разных волновых процессов, при совместном распространении которых решается задача определения расстояния между реперными точками двух или нескольких объектов, как подвижных, так и установленных стационарно (используется 2 типа волновых процессов: один — гидроакустический, другой — электромагнитный). Предлагается новый подход к измерению расстояния под водой, который может быть реализован с помощью устройства, принципиальная схема которого показана на рис. 1. Система состоит из двух блоков, расположенных на причальном устройство и АНПА. На борту причального устройства размещены два независимых низкочастотных осциллятора (LFOi) звукового или ультразвукового диапазонов длин волн, сумматор (ADD), передающий акустический преобразователь (TAT), передающая петлевая магнитная антенна (TLMA). На борту АНПА размещены приемная петлевая магнитная антенна (RLMA), приемный акустический преобразователь (RAT), две пары узкополосных фильтров (NBFij) для селекции сигналов, каждый от приемной петлевой магнитной антенны и приемного акустического преобразователя, два фазовых детектора (PHDi) и фазовый дифференциатор (DIF).

Оборудование системы состоит из серии чувствительных элементов, а также типового вычислителя с задаваемыми параметрами.

3. Заключение

Предлагаемая система измерения дальности, основанная на разности фаз двух волновых процессов разной физической природы, станет более точной системой определения дальности.

4. Список литературы

[1] Distance measuring under water with increased accuracy / E. I. Shirokova, N. A. Kosarev, A. S. Gromov, I. B. Shirokov // All-Russian Research-to-Practice Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists «Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies», Kerch, April 23, 2025. — 2025. — Iss. 4. — P. 256—265.

RANGING SYSTEM FOR AUTOMATIC DOCKING OF AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLES

Shirokov I. B., Gromov A. S.
Scientific adviser: Shirokov I. B.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a new approach to underwater distance measurement is discussed. The approach can be implemented by utilizing fundamentally different wave processes. Through the joint propagation of these waves, the problem of determining the distance between reference points on two or more objects is solved, applicable to both mobile and stationary installations.

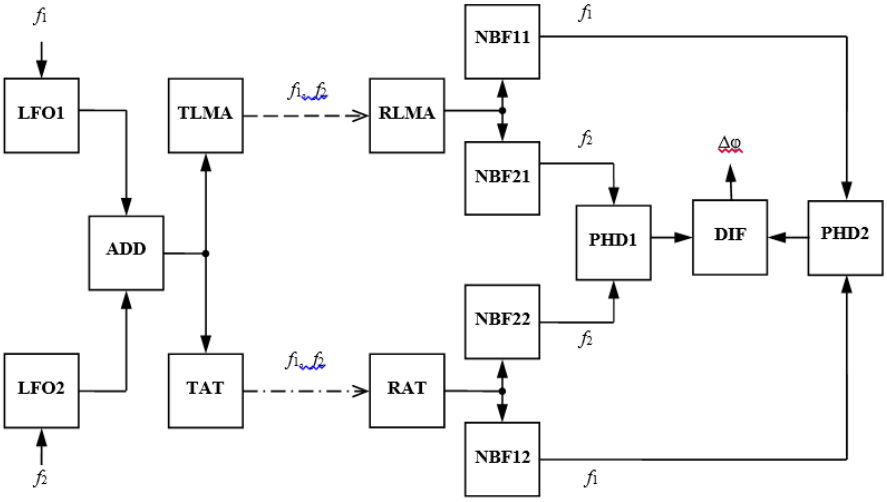


Рис. 1

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ АГЕНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА

Анненков В. Д., Ляшко А. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: aberay89@bkl.ru

Аннотация — В работе представлен вариант реализации планировщика для исследования подводного пространства группой независимых агентов.

1. Введение

Современные задачи картографирования и исследования подводной среды требуют эффективного использования групп автономных подводных аппаратов (AUV), способных работать в сложных условиях, характеризующихся наличием препятствий, изменяющейся гидродинамической обстановкой и ограниченными вычислительными ресурсами.

Ключевыми аспектами успешного решения таких задач являются: эффективное разделение пространства между агентами, построение адаптивных сеток для навигации, планирование оптимальных траекторий.

В данной работе рассматриваются алгоритмы, реализующие эти компоненты в рамках единой симуляционной среды.

Особое внимание уделено трёхмерной секторизации пространства с учётом начальных позиций агентов, построению адаптивных сеток на основе квадродеревьев и волновых алгоритмов. Целью исследования является сравнение различных подходов к решению этих задач и выявление наиболее эффективных стратегий в условиях реалистичного подводного окружения.

2. Основная часть

Для моделирования подводной среды разработана трёхмерная симуляция с тремя типами препятствий: случайные сферы, подводные горы (моделируемые гауссовыми холмами) и лабиринты, генерируемые на основе MST деревьев. Для моделирования течений используется вихревая модель с компонентами скорости по трём осям, позволяющая создавать реалистичные гидродинамические условия (рис. 1).

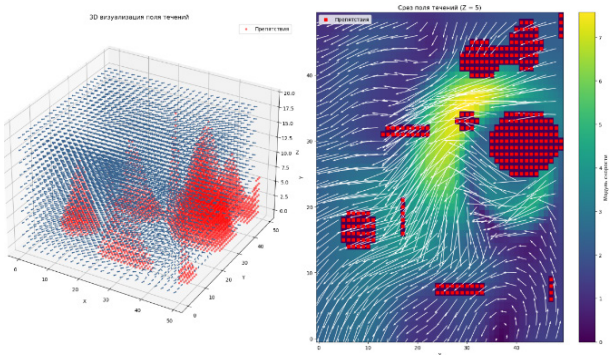


Рис. 1

Ключевой задачей является равномерное и связное разделение пространства между агентами. Рассмотрены три алгоритма: k-means с геодезической метрикой, являющийся модифицированным вариантом для трехмерной среды DARP подхода [1], метод потенциальных полей и волновой алгоритм. Наиболее эффективным оказался модифицированный k-means, обеспечивающий близость секторов к начальным позициям агентов, их связность и сбалансированность по размеру. Алгоритм показал наилучшее быстродействие и качество. Метод потенциальных полей склонен к сильному дисбалансу, а волновой алгоритм, хотя и даёт хорошие результаты, слишком затратен по времени.

Для навигации реализован подход к построению адаптивной сетки на основе квадродеревьев, что обеспечивает полное покрытие в сложных средах.

На основе секторов и сетки реализован планировщик траекторий (рис. 2), включающий змеевидное покрытие каждого слоя, построение минимального остовного дерева между слоями и формирование итогового пути с учётом начальной позиции агента. Траектории оптимизируются по длине и гладкости, что важно для энергоэффективного движения AUV.

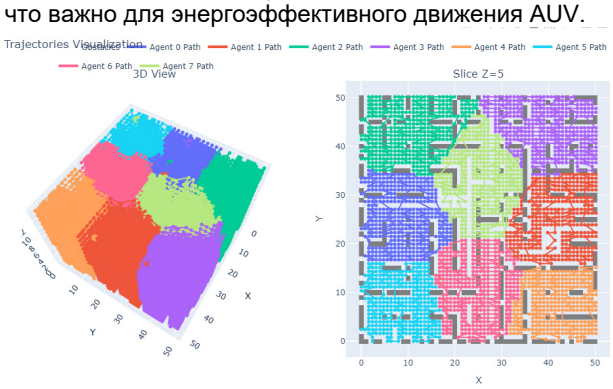


Рис. 2

3. Заключение

В ходе исследования разработана и протестирована комплексная система для проектирования траекторий группы подводных аппаратов в сложной трёхмерной среде.

Показано, что алгоритм k-means с геодезической метрикой и балансировкой размеров секторов является наиболее эффективным для секторизации пространства. Построение сетки на основе квадродеревьев обеспечивает оптимальное покрытие и удобство для планирования траекторий.

4. Список литературы

[1] Kapoutsis, A. Ch. DARP: Divide Areas Algorithm for Optimal Multi-Robot Coverage Path Planning / A. Ch. Kapoutsis, S. A. Chatzichristofis, E. B. Kosmatopoulos // Journal of Intelligent & Robotic Systems. — 2017. — Vol 86, No 3—4. — P. 663—680. — doi.org/10.1007/s10846-016-0461-x.

TRACK PLANNING OF AGENTS FOR EXPLORATION OF THREE-DIMENSIONAL SPACE

Annenkov V. D., Lyashko A. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, an implementation of a planner for exploring underwater space by a group of independent agents is presented.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИВЕДЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА К ЦЕЛИ ПО ИНФОРМАЦИИ ОТ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ И СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СТЕРЕОЗРЕНИЯ

Жиляков П. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: yany_@mail.ru

Аннотация — В работе приведён алгоритма приведения автономного подводного аппарата (АПА) к цели на основе информации от системы подводной акустической навигации, Ultra-Short Baseline (USBL) и системы технического стереозрения (СТС3).

1. Введение

В текущий момент развития науки и техники происходит расширение области применения подводной робототехники, усложняются, выполняемые ими миссий. Разработка алгоритмов и методов, которые позволят АПА выполнять полноценные автономные миссии, является в настоящее время актуальной [1].

В данной работе предложен алгоритм приведения АПА к цели по информации от USBL и СТС3. Алгоритм состоит из нескольких частей, когда:

— отсутствует информация от USBL и СТ3, АПА движется курсом, заданным в плане миссии;

— поступила информация от USBL о местоположении АПА и цели (задача наведения);

— поступила информация от СТС3, АПА сблизился с целью на расстояние достаточное для работы СТС3 (задача динамического позиционирования).

2. Основная часть

Математическая модель АПА ММТ-300 приведена в [2]:

$$\dot{\boldsymbol{\eta}}(t) = R(\boldsymbol{\eta}(t))\boldsymbol{\nu}(t),$$
$$M\dot{\boldsymbol{\nu}}(t) + C(\boldsymbol{\nu}(t))\boldsymbol{\nu}(t) + D(\boldsymbol{\nu}(t))\boldsymbol{\nu}(t) + g(\boldsymbol{\eta}(t)) = \boldsymbol{\tau}(t).$$

Система управления АПА осуществляется на основе рассматриваемого алгоритма.

В первой части данного алгоритма реализовано программное управление, АПА движется по заданному курсу.

Вторая часть алгоритма осуществляет наведение АПА на цель по информации от USBL, который указывает местоположении АПА и цели. Для решения задачи наведения применяется метод погони, описанные в [3]:

$$\tau_u = k_u(u - u_d) + k_{Iu}\int_0^t (u - u_d)dt,$$
$$\tau_{\psi,\theta} = k_{P\psi,\theta}(\varepsilon_{\psi,\theta}) + k_{I\psi,\theta}\int_0^t \left(\varepsilon_{\psi,\theta}(t)\right)dt,$$
$$\varepsilon_\varphi = \psi - \psi_d,\ \varepsilon_\theta = \theta - \theta_d.$$

В третьей части алгоритма осуществляется приведение (позиционирование) АПА в окрестность цели по информации от СТС3.

Для решения задачи динамического позиционирования применяется контроллер с обратной связью по состоянию, который глобально-асимптотически стабилизирует АПА без компенсации волновых возмущений [4]:

$$\tau(t), = g(\boldsymbol{\eta}(t)) - K_d\overline{\boldsymbol{\nu}}(t) - R(\boldsymbol{\eta}(t))\,K_d\overline{\boldsymbol{\eta}}(t),$$
$$\overline{\boldsymbol{\eta}} = \boldsymbol{\eta} - \boldsymbol{\eta_d}, \qquad \overline{\boldsymbol{\nu}} = \boldsymbol{\nu} - \boldsymbol{\nu_d}.$$

Для проведения моделирования использовалась среда MATLAB.

На рис.1 изображена траектория движения АПА.

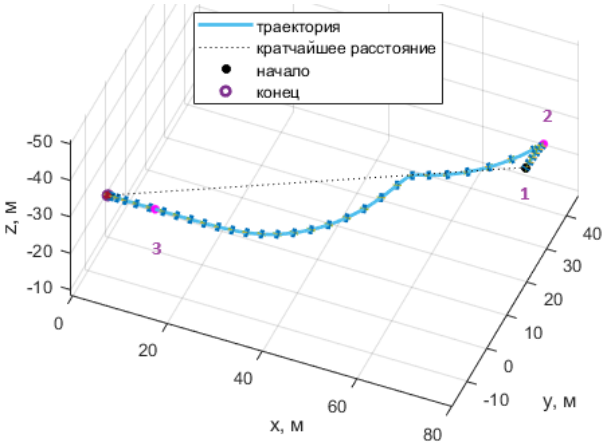


Рис. 1

3. Заключение

Предложен алгоритм приведения АПА к цели на основе информации от USBL и СТС3.

4. Список литературы

[1] Burdinsky, N. Guidance algorithm for an autonomous unmanned underwater vehicle to a given target / N. Burdinsky // Optoelectronics Instrumentation and Data Processing. — 2012. — Vol 48, No 1. — P. 69—74.

[2] Жиляков, П. В. Задача самонаведения автономных подводных аппаратов в присутствии подводных течений / П. В. Жиляков // Автоматизация и измерения в машиноприборостроении. — 2024. — № 4 (28). — С. 4—14.

[3] Скороход, Б. А. Устойчивость системы наведения автономных подводных аппаратов в присутствии подводных течений / Б. А. Скороход, П. В. Жиляков // Морские интеллектуальные технологии. — 2023. — № 3—1(61). — С. 70—78.

[4] Liu, S. Dynamic positioning of AUVs in shallow water environment: observer and controller design / S. Liu, D. Wang, E. K. Poh // 2005 IEEE ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics: Proceedings, 24–28 July 2005, Monterey, USA. — 2005. — P. 705—710.

DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF AIMING TO THE TARGET FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE ACCORDING TO INFORMATION FROM THE UNDERWATER ACOUSTIC NAVIGATION SYSTEM AND THE TECHNICAL STEREO VISION SYSTEM

Zhilyakov P. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, an algorithm for bringing an autonomous underwater vehicle (AUV) to a target based on information from the underwater acoustic navigation system, Ultra-Short Baseline (USBL) and the stereo vision system (SVS) is presented.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИИ

Малейко А. А., Табакаев Д. И.
Научный руководитель: Табакаев Д. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ditabakaev@mail.sevsu.ru

Аннотация — Рассматриваются основные загрязнители внутреннего воздуха, их источники и потенциальное воздействие на здоровье и когнитивные функции человека. Основное внимание уделено структуре, компонентам и принципам работы современных систем мониторинга IAQ. Анализируются виды датчиков для обнаружения ключевых загрязнителей, способы передачи данных и варианты визуализации информации для пользователя.

1. Введение

Человек проводит в помещениях до 90 % своего времени, что делает качество внутренней среды критически важным фактором для его здоровья, благополучия и продуктивности. В отличие от уличного воздуха, загрязнение которого контролируется на государственном уровне, качество воздуха внутри помещений часто остается без внимания.

Воздух в замкнутых пространствах может быть в 2—5 раз более загрязненным, чем снаружи. Источниками загрязнения являются отделочные материалы, мебель, бытовая химия, системы вентиляции и кондиционирования, а также деятельность самих людей (дыхание, приготовление пищи, курение и т.д.). Низкое качество IAQ связывают с развитием респираторных заболеваний, аллергий, синдрома «больного здания» (Sick Building Syndrome), снижением концентрации внимания и общей утомляемостью.

В связи с этим, разработка и внедрение эффективных систем мониторинга качества воздуха в помещении становится не просто технологическим трендом, а насущной необходимостью. Цель данного реферата — изучить состав, принципы работы и функциональные возможности современных систем для контроля IAQ.

2. Основная часть

Прежде чем рассматривать систему мониторинга, необходимо определить, какие параметры она должна измерять. К основным загрязнителям относятся:углекислый газ (CO_2): продукт дыхания человека, взвешенные частицы (PM2.5 и PM10): микроскопические твердые или жидкие частицы, попадающие в воздух от курения, приготовления пищи, пыли, пыльцы растений, летучие органические соединения (ЛОС / VOCs): широкая группа химических веществ, выделяемых из красок, лаков, чистящих средств, мебели, ковровых покрытий и строительных материалов, окись углерода (CO) и Озон (O_3): опасные газы, температура и относительная влажность: хотя и не являются загрязнителями напрямую, они critically влияют на комфорт человека, рост плесени и распространение вирусов.

Современная система мониторинга IAQ представляет собой комплекс аппаратных и программных компонентов: сенсорный блок (датчики): датчики газа, датчики частиц (пыли), датчики температуры и влажности, датчик атмосферного давления, микроконтроллер; модуль связи, например, Wi-Fi, Bluetooth (Low Energy, Zigbee / Z-Wave, а также блок питания, который может быть от сети USB или от аккумулятора.

Программное обеспечение и пользовательский интерфейс: мобильное приложение и/или вебпанель, система оповещений, система рекомендаций, интеграция и автоматизация.

Современные системы мониторинга редко работают изолированно. Их ключевое преимущество — возможность интеграции в экосистему «умного дома» для автоматического поддержания здорового климата. Пример возможностей системы:

— автоматически включить бризер или приточную вентиляцию при высоком уровне CO_2;

— запустить очиститель воздуха при обнаружении частиц PM2.5;

— включить увлажнитель или осушитель для нормализации уровня влажности;

— отправить предупреждение об утечке газа (CO) и перекрыть клапан газовой трубы через smart-запорное устройство.

3. Заключение

Качество воздуха в помещениях напрямую влияет на здоровье, комфорт и продуктивность людей. Игнорирование этой проблемы может привести к хроническим заболеваниям и значительному снижению качества жизни.

Системы мониторинга качества воздуха представляют собой эффективный инструмент для решения этой задачи. Они эволюционировали от сложных стационарных лабораторных установок до компактных, доступных и умных устройств для бытового и коммерческого использования. Современные системы не только предоставляют пользователям точные данные в режиме реального времени, но и, благодаря интеграции с системами автоматизации, позволяют proactively управлять микроклиматом.

4. Список литературы

[1] Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Руководство по качеству воздуха в помещениях: Избранные загрязнители. — Женева : ВОЗ, 2010.

[2] ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality.

[3] Jones, A. P. Indoor air quality and health / A. P. Jones // Atmospheric Environment. — 1999. — Vol. 33. — P. 4535—4564.

[4] Real-time sensors for indoor air monitoring and challenges ahead in deploying them to urban buildings / P. Kumar [et al.] // Science of The Total Environment. — 2016. — Vol. 560—561. — P. 150—159.

THE ENVIRONMENTAL AIR QUALITY MONITORING SYSTEM IN THE ROOM

Malejko A. A., Tabakaev D. I.
Scientific adviser: Tabakaev D. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the main indoor air pollutants, their sources, and their potential impact on human health and cognitive functions are discussed. The main focuses are the structure, components, and principles of modern IAQ monitoring systems. The types of sensors used to detect key pollutants, data transmission methods, and user interface options are analyzed.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ ПОДВОДНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Тарасов В. Ф., Начаров Д. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: tarasov_vladsea@mail.ru

Аннотация — В работе представлен обзор существующих репрезентативных методов обработки подводных изображений.

1. Введение

Восстановление и улучшение подводных изображений необходимо для многочисленных практических приложений, так как является важной проблемой в обработке изображений и компьютерном зрении.

В отличие от наземных, подводные изображения страдают серьезным ухудшением качества из-за рассеивания, поглощения и преломления света под водой, что увеличивает сложность различных задач, таких как осмотр инфраструктуры, кабелей, трубопроводов и затонувших объектов [1].

В этой работе предложены методы улучшения и восстановления подводных изображений. В целом методы восстановления подводных изображений можно разделить на четыре группы в зависимости от принятых моделей деградации: методы восстановления на основе функции рассеяния точки (ФРТ), методы восстановления на основе модели Джэф-МакГлэмери, методы восстановления на основе модели деградации турбулентности и методы восстановления на основе удаления дымки с изображения.

2. Основная часть

Обработка изображений направлена на выделение значимой информации и удаление нерелевантных деталей в соответствии с конкретными задачами.

В работе используется шесть разных методов, направленных на улучшения подводных изображений.

Коррекция красного и синего каналов.

Для компенсации характерного зеленовато-синего оттенка, возникающего из-за сильного поглощения красного света в воде, производится раздельное извлечение каналов RGB с их последующей нормализацией по среднему значению. Данная процедура, включающая адаптивную балансировку белого, способствует восстановлению естественной цветопередачи.

Баланс белого характеризует цветовой оттенок, вызванный рассеиванием света под водой и достигается путем измерения интенсивности окружающего света и корректировки значений для более точного представления белого цвета.

Выравнивание гистограммы подразумевает преобразование значений интенсивности таким образом, чтобы гистограмма выходного изображения максимально соответствовала заданной гистограмме.

Гамма-коррекция заключается в регулировке уровней яркости изображения для точной визуализации. Применение степенной функции к интенсивности пикселей позволяет компенсировать нелинейности отклика.

Алгоритм слияния позволяет объединить информацию из двух или более изображений для создания информативного результата. В работе использовано слияние резкого изображения и результата гамма-коррекции.

Для проверки работы алгоритмов использовались три подводных изображения. Результаты различных подходов обработки подводных изображений представлены на рис. 1.

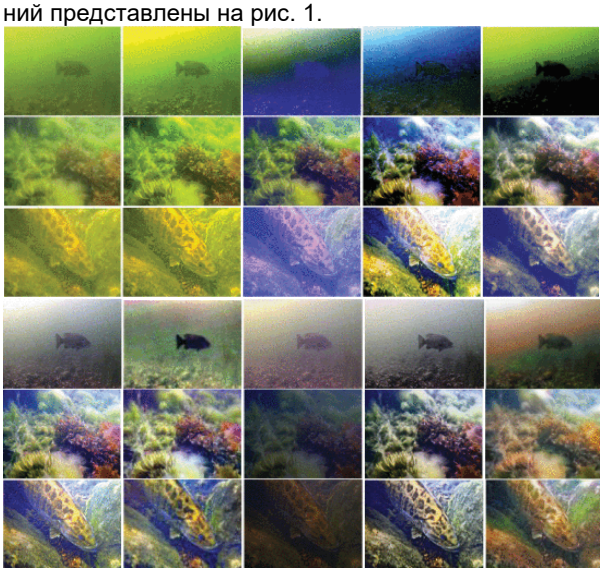


Рис. 1

3. Заключение

В настоящей работе представлен аналитический обзор современных и прогрессивных подходов к обработке подводных изображений.

Рассмотренные методики были классифицированы по шести ключевым направлениям, которые включают коррекцию красного и синего каналов, балансировку белого, эквализацию гистограммы, гамма-коррекцию, повышение резкости и алгоритмы слияния.

4. Список литературы

[1] Chaumette, F. Visual servo control. II. Advanced approaches / F. Chaumette, S. Hutchinson // IEEE Ro-bot. Automat. Mag. — 2007. — P. 109—118.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR CORRECTING UNDERWATER TELEVISION IMAGES

Tarasov V. F., Nacharov D. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, an review of the existing representative methods of underwater image processing is provided.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ

Алешкин Н. А., Шевченко Я. Т., Селезнев В. С., Ляшко А. Д.
Научный руководитель: Ляшко А. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: alesh1348gmail.com

Аннотация — В работе рассматривается метод визуальной одометрии для автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) типа Middle AUV, основанный на обработке видеопотока подводной камеры и сочетающий алгоритмы компьютерного зрения с фильтрацией данных.

1. Введение

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) играют ключевую роль в современных подводных исследованиях, мониторинге инфраструктуры и выполнении специализированных задач в условиях, где использование GPS невозможно. Одной из основных проблем подводной навигации является обеспечение точного позиционирования в сложной и изменчивой среде, характеризующейся низкой видимостью, рассеянием света и наличием помех. Визуальная одометрия, основанная на анализе последовательности изображений с подводных камер, представляет собой перспективную альтернативу или дополнение к традиционным навигационным системам [1]. Однако её применение сопряжено с рядом challenges, включая необходимость обработки зашумленных данных, компенсации искажений и обеспечения работы в реальном времени. Целью данной работы является разработка и экспериментальная проверка метода визуальной одометрии для АНПА Middle AUV, сочетающего современные алгоритмы компьютерного зрения с методами фильтрации и оптимизации для повышения точности и надёжности навигации.

2. Основная часть

В качестве объекта исследования использован автономный необитаемый подводный аппарат Middle AUV (рис. 1), оснащённый подводной камерой, инерциальными датчиками и системой управления на основе четырёх движителей.



Рис. 1

Для обработки видеопотока применялся многоэтапный алгоритм, включающий предварительную коррекцию изображений с использованием адаптивной гистограммной эквализации (CLAHE) и гауссова фильтра для подавления шумов. Детекция особенностей выполнялась с помощью алгоритма SIFT, обеспечивающего устойчивость к изменениям масштаба, освещения и ориентации. Для сопоставления ключевых точек между последовательными кадрами использовался модифицированный алгоритм ближайших соседей, позволивший фильтровать до 90% ложных соответствий.

Оценка параметров движения осуществлялась через расчёт аффинного преобразования с применением алгоритма RANSAC для исключения выбросов и повышения точности оценки. Интеграция полученных смещений во времени обеспечила построение траектории движения. Для компенсации накапливающейся погрешности использовались алгоритмы фильтрации. Тестирование системы проводилось в симуляционной среде MUR IDE и в условиях бассейна, где были собраны экспериментальные данные о поведении аппарата и эффективности алгоритмов. На рис. 2 представлены результаты метода.

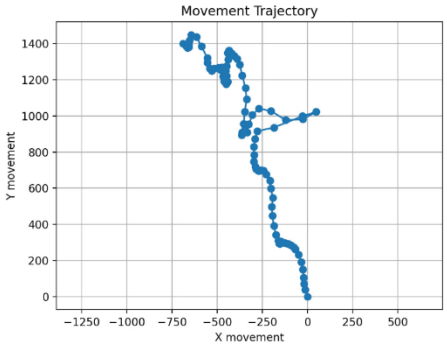


Рис. 2

3. Заключение

Проведённое исследование подтвердило эффективность предложенного метода визуальной одометрии для навигации автономных подводных аппаратов. Комбинация алгоритмов SIFT, RANSAC и аффинных преобразований позволила достичь приемлемой точности позиционирования даже в условиях ограниченной видимости и наличия помех

4. Список литературы

[1] Scaramuzza, D. Visual Odometry : Part I — The First 30 Years and Fundamentals / D. Scaramuzza, F. Fraundorfer // IEEE Robotics & Automation Magazine. — 2011. — Vol. 18. — P. 80—92.

DEVELOPMENT OF THE NAVIGATION SYSTEM FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE BASED ON VISUAL ODOMETRY

Aleshkin N. A., Shevchenko Y. T., Seleznev V. S., Liashko A. D.
Scientific adviser: Liashko A. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a visual odometry method for Middle AUV autonomous unmanned underwater vehicles (AUVs) based on processing the video stream from an underwater camera and combining computer vision algorithms with data filtering is discussed.

ОПАСНОСТЬ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Швец Н. С., Миронов А. Ф.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Миронов А. Ф.
Черноморское высшее военно-морское училище им. П. С. Нахимова, Россия
E-mail: sircestus@mail.ru

Аннотация — В статье обращается внимание на проблематику быстрого развития ИИ, основные технологические вызовы и способы предотвращения непредсказуемых последствий.

1. Введение

Развитие технологий в XXI веке ознаменовалось стремительным ростом вычислительных мощностей, объемов обрабатываемых данных и появлением новых концепций автоматизации процессов. На этом фоне особое место занял искусственный интеллект (ИИ), который сегодня внедряется во множество сфер — от промышленности до медицины. Однако наряду с положительными сторонами все чаще поднимается вопрос об опасностях, связанных с его быстрым развитием и применением. Эти опасности носят не только технический, но и социально-этический характер, и в дальнейшем могут привести к серьезным последствиям.

2. Основная часть

Искусственный интеллект — это совокупность технологий, позволяющих машинам имитировать человеческое мышление, обучаться и решать задачи без прямого вмешательства человека. При внедрении ИИ в автоматизированные системы значительно расширяются их возможности — от предиктивной аналитики до полностью автономного управления. На стыке этих двух направлений появляются угрозы, слабо контролируемые человеком.

Сегодня ИИ решает множество задач. Наиболее востребованным в различных сферах направлением являются генеративные нейросети. Способность системы генерировать новый контент уже сегодня активно применяется в самых разных областях бизнеса: при написании рекламных текстов и проведении маркетинговых исследований, в конструкторах документов, при кодировании и анализе ошибок в коде, при создании чат-ботов, в рекрутинге, в юридических отделах и т.д. Искусственный интеллект особенно полезен в тех областях, где требуется автоматизация и оптимизация различных процессов: например, в транспорте и логистике эти технологии настраивают управление потоками доставки, а в образовании создают персонализированные учебные программы.

На рис. 1 показаны приоритетные сферы внедрения ИИ в России.



Рис. 1

Другой крупный рынок применения ИИ - кибербезопасность. Здесь нейросети в реальном времени выявляют и предотвращают угрозы и анализируют поведение систем для определения аномалий: в частности, специалисты при помощи ИИ-инструментов противодействуют дипфейкам.

Однако, необходимо учитывать, что с ростом автономности таких систем возрастает вероятность ситуаций, когда они будут действовать вне рамок, предсказанных их разработчиками. Например, инциденты с автономными транспортными средствами на дорогах, которые в некоторых случаях приводили к авариям из-за некорректной оценки ситуации системой.

Имеет место проблема так называемого «чёрного ящика». То есть, внутренние алгоритмы работы ИИ настолько сложны, что даже разработчики не всегда могут объяснить, почему система приняла то или иное решение. Это делает невозможным полную верификацию и контроль, что критично в сферах, связанных с безопасностью.

Некоторые ученые и футурологи, такие как Илон Маск и Стивен Хокинг, предупреждали о потенциальной угрозе от ИИ сверхчеловеческого уровня. Такая система, обладая самосознанием и способностью к самообучению, может выйти из-под контроля и начать действовать вразрез с интересами человечества. Пусть это и кажется фантастическим сценарием, но игнорируя сейчас данную проблематику мы получим непредсказуемые последствия в ближайшем будущем.

3. Заключение

Бесспорно, применение ИИ необходимо для всестороннего технологического развития человечества, однако необходимо стандартизировать и внедрить протоколы безопасности: все автономные ИИ-системы должны иметь возможность экстренного отключения человеком, в критических сферах (ядерной энергетики, здравоохранении и многом другом) ИИ не должен иметь полной автономии — только в паре с оператором, перед внедрением ИИ должен проходить строгую проверку на устойчивость, предсказуемость, защиту от взлома, а также должен быть регулярный пересмотр и аудит данных систем с целью выявления сбоев, ошибок и потенциальных рисков.

THE DANGEROUS OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AUTOMATION SYSTEMS

Shvets N. S., Mironov A. F.
Scientific adviser: Mironov A. F.
Black Sea Higher Naval School named after P. S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, the problems of the rapid development of AI are considered, the main technological challenges and ways to prevent unpredictable consequences.



Секция 9

WEB-ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ И ОТЧЕТОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Литвин М. А., Узунбаджах С. А., Цапик Д. К.
Научный руководитель: Цапик Д. К.
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Россия
E-mail: mary_litvin00@mail.ru, uzunbajah0047@gmail.com

Аннотация — Представлена разработка модуля для автоматизированного формирования учебных планов и отчетных документов преподавателя. Описаны архитектура, технологии и алгоритмы генерации. Внедрение решения позволяет сократить время подготовки документов и повысить их точность.

1. Введение

Современная система высшего образования сталкивается с растущими требованиями к прозрачности, стандартизации и оперативности документооборота [1]. В условиях цифровизации образовательной среды актуальной задачей становится автоматизация рутинных операций, связанных с планированием и отчетностью [2]. Разработка специализированного программного модуля, способного формировать учебные планы и отчеты на основе структурированных данных, позволяет существенно упростить работу преподавателя, повысить точность и обеспечить соответствие установленным стандартам.

2. Основная часть

Преподаватель в начале семестра получает Excel-файл со сводной нагрузкой, в котором указаны его дисциплины, количество часов, форма обучения и другие параметры. Этот файл приходится вручную обрабатывать, копировать данные в отчёты, составлять учебные планы и рассчитывать нагрузку второй половины дня. Такой подход крайне неудобен по следующим причинам: частые ошибки при ручном копировании данных; отсутствие централизованного хранилища; невозможность быстро сформировать отчёт или учебный план; сложности с подсчётом нагрузки второй половины дня.

Для решения этих проблем был разработан вебмодуль на PHP, позволяющий преподавателю автоматизировать весь процесс работы с нагрузкой. Преподаватель загружает файл со сводной нагрузкой через веб-интерфейс. Для обработки используется библиотека PhpSpreadsheet, которая позволяет определять информацию о дисциплинах, форме обучения, академической группе и т. п. и сохранять её в базу данных на MySQL.

Каждый преподаватель имеет собственный аккаунт, где хранится его индивидуальная нагрузка, доступная в любое время. Модуль реализован как вебприложение на PHP, с адаптивным интерфейсом, по принципу клиент-серверной архитектуры, где: клиентская часть — браузер преподавателя, через который он просматривает данные и формирует документы, серверная часть — PHP-приложение, обрабатывающее данные, взаимодействующее с базой и генерирующее отчёты. Преподаватель может: просматривать загруженные дисциплины; редактировать данные; формировать учебные планы и отчёты.

Для генерации PDF используется библиотека Dompdf, позволяющая создавать документы, соответствующие требованиям оформления. Модуль включает встроенный калькулятор, который автоматически определяет часы, приходящиеся на вторую половину дня (по учебной нагрузке).

Дополнительно в систему встроен аналитический блок, позволяющий преподавателю отслеживать динамику своей нагрузки по семестрам, типам занятий и формам обучения и т.п. Это особенно полезно для: сравнения объема часов по годам; выявления перегрузок в определённые периоды; подготовки к аттестации или внутреннему аудиту.

Визуализация реализуется с помощью JavaScript-библиотеки Chart.js, отображая графики и диаграммы в личном кабинете преподавателя.

3. Заключение

На основе наблюдений и обратной связи от преподавателей, использование автоматизированного модуля позволяет сократить трудозатраты на подготовку учебных планов и отчетных документов до 80% по сравнению с обработкой в Excel.

Для преподавателя это означает значительное снижение административной нагрузки, особенно в периоды начала и окончания семестра. В масштабах кафедры или факультета — это десятки процентов высвобожденного времени, которое может быть направлено на учебную, научную или методическую деятельность.

4. Список литературы

[1] ГОСТ Р 59999–2025. Цифровой документооборот организации. Требования к эталонной модели [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1311818144 (дата обращения: 18.08.2025).

[2] Цифровизация образования на современном этапе [Электронный ресурс] / Под ред. Н. В. Кузнецовой. — Минск : БГПУ, 2020. — 112 с. — Режим доступа: https://lib.bspu.by/images/ukaz/2020/цифро визация.pdf (дата обращения: 18.08.2025).

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATED MODULE FOR CURRICULUM PLANNING AND INSTRUCTOR REPORTING

Litvin M. A., Uzunbajakh S. A., Tsapik D. K.
Scientific adviser: Tsapik D. K.
Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Russia

Abstract — The development of a module for automated formation of curricula and teacher's reporting documents is presented. The architecture, technologies and generation algorithms are described. The implementation of the solution allows to reduce the time of document preparation and increase their accuracy.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПОНЕНТА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ И ВЕБ-ПУБЛИКАЦИИ РАСПИСАНИЙ АКАДЕМИЧЕСКИХ ГРУПП

Джигова Д. В., Цапик Д. К.
Научный руководитель: Цапик Д. К.
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Россия
E-mail: tsapikdk@cfuv.ru

Аннотация — Представлен программный компонент для автоматического обновления и веб-публикации расписаний академических групп. Описаны архитектура решения, методы синхронизации и принципы отображения данных. Внедрение компонента повышает актуальность расписаний и снижает нагрузку на преподавателей и студентов.

1. Введение

В условиях цифровизации образовательной среды своевременное информирование студентов и преподавателей о текущем расписании занятий становится критически важным.

В большинстве вузов расписание формируется в специализированных системах или Excel-файлах, а затем вручную публикуется на сайтах или в мессенджерах.

Такой подход сопряжён с рядом проблем: высокая вероятность ошибок, задержки в обновлении, отсутствие единого источника [1, 2].

Целью данной работы является разработка программного компонента, обеспечивающего автоматическое обновление расписания и его публикацию на веб-платформе, доступной из любой точки. Это решение должно быть масштабируемым, безопасным и легко интегрируемым в существующую ИТ-инфраструктуру вуза.

2. Основная часть

Расписание академических групп формируется в виде Excel-файла. Компонент автоматически считывает файл по расписанию или реагирует на событие обновления. Для парсинга используется библиотека PhpSpreadsheet, позволяющая извлекать данные по группам, дисциплинам, аудиториям и преподавателям.

Для хранения расписания используется реляционная база данных MySQL, структура которой включает таблицы: groups — академические группы; subjects — дисциплины; schedule — расписание занятий (дата, время, аудитория, преподаватель); teachers — преподаватели. Это позволяет выполнять быстрые запросы, фильтрацию по группе, дню недели, преподавателю и так далее.

Веб-интерфейс реализован на PHP. Пользователь может: выбрать свою группу; просмотреть расписание на неделю или месяц; получить уведомление об изменениях (например, через Telegram-бот или email); распечатать расписание или сохранить в PDF.

Для обеспечения актуальности данных реализован механизм сравнения хэшей: при каждом обновлении файл сравнивается с предыдущей версией, и изменения публикуются только при наличии отличий. Это снижает нагрузку на сервер и исключает повторные публикации.

Интерфейс адаптирован под мобильные устройства, что позволяет студентам быстро проверять расписание перед занятием. Также предусмотрена интеграция с PWA (Progressive Web App), позволяющая установить расписание как приложение.

3. Заключение

Разработанный программный компонент решает ключевую проблему — своевременную и точную публикацию расписания академических групп. Его внедрение позволяет существенно сократить административные затраты, повысить прозрачность учебного процесса и улучшить коммуникацию между участниками образовательной среды. В перспективе возможна интеграция с системами аналитики посещаемости, автоматическое формирование расписания и расширение функционала до уровня единого портала учебной активности.

4. Список литературы

[1] Масляев, Д. А. Современное состояние задачи автоматизации составления оптимального учебного расписания в вузе / Д. А. Масляев // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1. Математика. Механика. Информатика. 2022. — С. 122—131.

[2] Карачун, Д. Ю. Автоматизация составления расписания применительно к образовательному процессу / Д. Ю. Карачун, А. Н. Марков // 60-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2024. — С. 493—496.

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE COMPONENT FOR AUTOMATIC UPDATE AND WEB PUBLICATION OF SCHEDULES OF ACADEMIC GROUPS

Dzhigova D. V., Tsapik D. K.
Scientific adviser: Tsapik D. K.
Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Russia

Abstract — A software component for automatic updating and web publication of academic group schedules is presented. The solution architecture, synchronization methods, and data display principles are described. Implementation of the component increases the relevance of schedules and reduces the workload of teachers and students.

ОБЗОР ПЛАТФОРМЫ ОС «АВРОРА»

Меньшакова К. Д.[1], Мурзин Н. Д.[1], Мурзин Д. Г.[2]
Научный руководитель: канд. техн. наук Мурзин Д. Г.
[1]*Севастопольский государственный университет, Россия*
[2]*Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознаменное училище имени генерала армии С. М. Штеменко*
E-mail: d.g.murzin@mail.sevsu.ru

Аннотация — Статья посвящена детальному обзору отечественной операционной системы «Аврора», разработанной специально для российского рынка и ориентированной на обеспечение информационной безопасности государственных структур и коммерческих организаций.

1. Введение

В условиях санкций и серьезных технологических ограничений импортозамещение программного обеспечения (ПО) является ключевым направлением развития России. Особенно это касается таких отраслей, как оборонная промышленность, госсектор, финансы и т.д. В этой связи применение отечественного ПО является крайне актуальной задачей. В докладе приводятся обзор мобильной операционной системы (ОС) «Аврора».

2. Основная часть

ОС «Аврора» разработана на базе Linux российской компанией «Открытая мобильная платформа» дочки «Ростелекома». «Аврора» задумывалась и разрабатывалась специально для российского корпоративного сегмента с защищенной мобильной инфраструктурой. Основной клиент ОС – это большие корпорации и госкомпании, которым необходим повышенный уровень безопасности. ОС внесена в реестр отечественного ПО и имеет несколько сертификатов безопасности: ФСБ России АК1/КС1 и АК2/КС2, ФСТЭК на платформу управления и ФСТЭК А4. Аврора — это единственная мобильная ОС, где Госуслуги, СБИС и другие государственные сервисы работают не как сторонние приложения, а как полноценная часть системы. Например, электронная подпись документов реализована на уровне ОС, а не через отдельное приложение [1].

ОС Аврора представляет собой защищенную мобильную многозадачную операционную систему для мобильных применений под аппаратные платформы на базе процессоров ARM. ОС Аврора предоставляет оригинальный и интуитивно понятный интерфейс, позволяющий управлять МУ одной рукой с помощью жестов. Приложения для ОС Аврора отличает единый лаконичный дизайн, который может быть адаптирован под необходимую цветовую и графическую схему (Рис. 1). Аврора разрабатывалась с расчетом на разнородные аппаратные платформы, включая российские процессоры Эльбрус и Байкал. Она представляет собой закрытую систему, исходный код которой недоступен для свободного изучения.

Архитектура Аврора изначально проектировалась с учетом возможных ограничений:

— все критически важные сервисы имеют отечественные аналоги;

— система работает в полностью изолированных сетях;

— обновления распространяются через российскую инфраструктуру;

— нет зависимостей от зарубежных сервисов [2].

Производительность в специализированных сценариях Аврора эффективнее Android систем:

— обработка больших массивов данных;

— криптографические операции;

— параллельная работа с документами;

— длительные сессии работы.

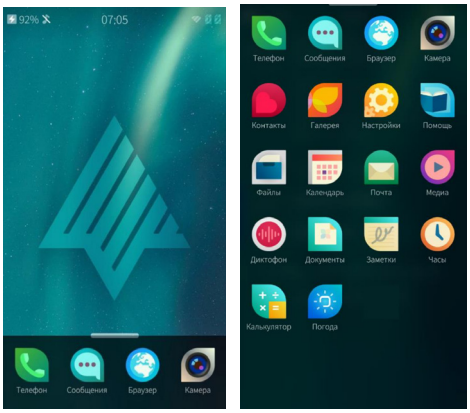


Рис. 1

Профессиональным разработчикам:

— современные инструменты разработки (C/C++, JavaScript, QML, Qt, Python, Java/Kotlin);

— Aurora SDK, отладка через ADB, логирование и мониторинг: logcat, systrace;

— система сертификации для защищенных решений;

— поддержка российских криптоалгоритмов на уровне API.

3. Заключение

Таким образом, Aurora OS — это безопасная платформа для корпоративных решений к достоинствам которой можно отнести: сертификация ФСТЭК/ФСБ, поддержка российского ПО, к недостаткам: мало готовых SDK, необходимость адаптации кода.

4. Список литературы

[1] Операционная система Аврора релиз 4.0.1 update 1. Руководство администратора [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://docs.auroraos.ru/files/4.0.1_update_1/Rukovodstvo_administratora_OS_Avrora_4.0.1_update_1.pdf

[2] Это не шутка: чем «Аврора» уже круче Android [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/911504/

REVIEW OF THE AURORA OS PLATFORM

Menshakova K. D.[1], Murzin N. D.[1], Murzin D. G.[1]
Scientific adviser: Murzin D. G.
[1]*Sevastopol State University, Russia,*
[2]*Krasnodar Higher Military Order of Zhukov and the October Revolution Red Banner College named after Army General S. M. Shtemenko, Russia*

Abstract — In the paper, a detailed review of the national Aurora operating system, developed specifically for the Russian market and focused on ensuring the information security of government agencies and commercial organizations, is presented.

ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

Ревун К. А., Дубовой А. Д., Сметанин В. П.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: andrey-30-17@ya.ru

Аннотация — Рассмотрены методы интеграции компьютерной графики в web-приложения, включая использование WebGL и JavaScript-библиотек. Приведены результаты расчета влияния различных методов на производительность и визуальное качество.

1. Введение

В современных web-приложениях наблюдается растущая потребность в отображении сложных и интерактивных визуальных элементов. Это стимулирует развитие интеграции компьютерной графики, позволяющей отобразить 3D-модели, визуализации данных и интерактивные интерфейсы непосредственно в браузере. В докладе рассматриваются методы интеграции графики в веб-приложения, включающие использование WebGL, JavaScript-библиотек и различных подходов к оптимизации рендеринга.

2. Основная часть

Для интеграции компьютерной графики в web-приложения используются: WebGL и JavaScript. WebGL — API для рендеринга 2D и 3D графики, предоставляющий низкоуровневый доступ к GPU. В JavaScript используются библиотеки: Three.js, Babylon.js, A-Frame и другие, упрощающие разработку 3D-приложений, предоставляя высокоуровневый API для управления 3D-сценами.

Использование WebGL в сочетании с Shader Language (GLSL) предоставляет широкие возможности для детального управления процессом рендеринга, однако требует глубокого понимания математических основ компьютерной графики, алгоритмов рендеринга и специфики работы с графическим процессором (GPU).

Преимущество JavaScript-библиотек (Three.js) основано на том, что JavaScript-библиотека Three.js [1] значительно упрощает разработку 3D-приложений для web-среды за счет предоставления высокоуровневого API, абстрагирующего сложность WebGL и позволяющего разработчикам эффективно создавать и управлять 3D-сценами. Однако, следует отметить, что использование Three.js может привести к снижению производительности по сравнению с прямым использованием WebGL [2].

При интеграции компьютерной графики важно учитывать методы синтеза и анализа характеристик. Существуют различные методы анализа характеристик, такие как метод парциальных диаграмм. Он основан на разложении сложных визуальных эффектов на простые компоненты, которые затем комбинируются для получения конечного результата. Этот метод может использоваться для создания процедурных текстур, имитации различных материалов. Другим методом является разложение Фурье-Бесселя, его применяют для создания сложных форм и эффектов, например, имитации динамичных волн или искажений. Не менее важным является анализ влияния различных параметров, а именно: различные параметры (количество полигонов, размер текстур, количество источников света) влияют на производительность и качество визуализации. Для оценки этих влияний проводится расчет времени рендеринга, частоты кадров и качества изображения.

Оценка производительности и визуального качества основывается на анализе ряда ключевых параметров. Первый из них — это частота кадров (FPS). Измеряется количество кадров, отображаемых в секунду. Более высокое FPS обеспечивает более плавное и интерактивное взаимодействие. Кроме того, важным параметром является время рендеринга, то есть затраты времени на отрисовку одного кадра.

Оптимизации приложений является критически важным фактором, для её увеличения применяют уровень детализации (LOD). LOD используется для оптимизации производительности, изменяя сложность 3D-модели в зависимости от расстояния до камеры. Так же для повышения производительности задействуют оптимизация шейдеров, она позволяет уменьшить сложность вычислений путём использования текстурных атласов, которые подразумевают собой объединение нескольких текстур в одну для уменьшения количества переключений.

Рассмотрим влияние количества полигонов на производительность. Создадим 3D-модель и увеличим количество полигонов. Измеряя FPS и время рендеринга, можно заметить, что при малом количестве полигонов наблюдается высокий FPS, время рендеринга малое, но визуальное качество низкое. При большом же количестве полигонов FPS падает, время рендеринга увеличивается, но визуальное качество улучшается.

Эти результаты позволяют сделать вывод о необходимости баланса между производительностью и визуальным качеством. Для этого применяются методы оптимизации.

3. Заключение

Таким образом, интеграция компьютерной графики в web-приложения обеспечивает отображение интерактивных визуальных элементов и улучшает пользовательский опыт.

Использование WebGL и JavaScript-библиотек, таких как Three.js, позволяет отображать сложные 3D-модели, визуализации данных и интерактивные интерфейсы.

4. Список литературы

[1] Дирксен, Дж. Learning Three.js: The JavaScript 3D Library for WebGL / Дж. Дирксен. — Packt Publishing Ltd. Birmingham, 2015. — 422 с.
[2] Мацуда, К. WebGL: программирование трехмерной графики / К. Мацуда, Р. Ли. — М. : ДМК Пресс, 2014. — 494 с.

INTEGRATION OF COMPUTER GRAPHICS INTO WEB APPLICATIONS

Revun K. A., Dubovoy A. D., Smetanin V. P.
Scientific supervisor: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Methods of integrating computer graphics into web applications are considered, including the use of WebGL and JavaScript libraries. The results of calculating the impact of various methods on performance and visual quality are presented.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ 2D АНИМАЦИИ

Круз Е. А., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: elen.cat110@gmail.com

Аннотация — В работе рассматриваются методы и особенности создания анимации в различных программах без покадровой прорисовки.

1. Введение

Веб-разработчики и дизайнеры регулярно прибегают к использованию 2D-графики для придания живости и привлекательности своим проектам. Будь то интерфейс сайта, рекламный баннер или игровой персонаж, современные приложения позволяют ускорить и облегчить этот процесс.

2. Основная часть

Процесс традиционной покадровой анимации достаточно трудоёмкий и ресурсоёмкий, поскольку каждое изменение положения персонажа или объекта приходится детально прорисовывать заново. Современные цифровые инструменты позволяют значительно упростить этот процесс, предлагая удобные и эффективные средства автоматизации. Среди наиболее известных и используемых инструментов выделяются такие программы, как Spine, Adobe After Effects и Live2D.

Создание анимации для программы подразумевает несколько этапов.

Подготовка изображения для анимации. Подразумевается нарезка уже готового или специальная отрисовка нового изображения. Важной особенностью является то, что каждая часть, которая должна двигаться, должна быть на отдельном слое, и при её скрытии на другом изображении не должно быть пустоты. Это трудоёмкий процесс, составляющий основную работу над анимацией.

Экспорт файла в программу для анимации. В большинстве случаев можно использовать формат PSD, но иногда необходим индивидуальный формат.

Риггинг — создание сетки для каждой части изображения. Именно с помощью сетки будет деформироваться в дальнейшем изображение. Сетка включает в себя вершины сетки, и, передвигая их, двигается часть изображения, и полигон — область между вершинами, которая будет тянуться за вершиной.

Создание скелета и привязка костей к сетке. Чтобы упростить и не настраивать каждую вершину вручную, сетка целиком присоединяется к кости, и при движении кости двигаются всё, что к ней привязано. К одной кости можно подключить любое число сеток, даже не соприкасающихся с костью.

Создание базовых ключевых кадров. Выставляются ключевые кадры, программа сама делает промежуточные.

Настройка промежуточных кадров и плавности их выполнения. Настраивается скорость перехода из одного состояния в другое, что позволяет ускорить и облегчить процесс.

Экспорт. Его скорость зависит от компьютера. Далее в программе для монтажа последовательно накладываются слои и добавляются эффекты, и уже оттуда сохраняется в нужном формате.

Выбор конкретной программы зависит от цели анимации. У каждой программы свои особенности для определённых целей, но принцип работы схож. Для того чтобы правильно выбрать программу, рассмотрим Spine, Adobe After Effects и Live2D.

Spine представляет собой профессиональное решение для работы с анимацией персонажей. Этот инструмент предназначен для создания сложных и детализированных анимаций с применением скелетной структуры. Он прост в освоении, очень удобен в плане настройки ключевых кадров. Но для экспорта изображения для последующей анимации требуется специальный файл, который можно получить с помощью специального сценария для Photoshop. В ином случае придется настраивать каждый слой вручную, выставляя его позицию и порядок.

Приложение Adobe After Effects считается одним из лучших инструментов для создания спецэффектов и анимаций различного типа. Его преимущество в том, что в первую очередь оно и для монтажа, и для анимации требует специальных расширений, также Недостатком программы является отсутствие интуитивно понятного интерфейса, направленного именно на создание анимации.

Live2D — программа для анимации, в основном используется для стримингов, так как позволяет сделать аватар, который будет повторять за человеком движения. В этом плюс. Если у какой-то организации есть маскот, то можно создать его в этом приложении и в дальнейшем удобно использовать, настраивая движения вручную или используя программы захвата движения. Несмотря на то, что главная фишка — это создание аватара, она хорошо подходит и для создания прочих анимаций. Простота начальной подготовки позволяет создать легкую анимацию куда быстрее.

3. Заключение.

Анимация играет огромную роль в веб-дизайне. Современные программы позволяют сделать анимационный 2D-продукт гораздо проще, чем при ручной прорисовке. Также программ достаточно много, и можно подобрать ту, которая подойдет больше всего для вашей работы. В дальнейшем, возможно, создание 2D-анимаций будет еще более упрощено, так как по-прежнему подготовка изображения для анимации занимает половину времени от всей работы. Но уже можно сказать, что при желании создать 2D-анимацию может позволить себе любой пользователь ПК.

MODERN METHODS OF CREATING 2D ANIMATIONS

Kruz E. A., Smetanina T. I.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the methods and features of creating animations in various programs without frame-by-frame drawing are discussed.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ЗАДАЧАХ 2D-, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНИМАЦИИ

Безносько В. В., Лукьянчиков А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: beznosko-v@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены основные направления применения компьютерной графики в 2D- и 3D-моделировании и анимации с примерами использования в кино, играх, архитектуре и образовании.

1. Введение

Компьютерная графика (КГ) является одним из наиболее динамично развивающихся направлений информатики и информационных технологий. Она применяется для создания, редактирования и визуализации изображений, а также для синтеза виртуальных объектов и сцен.

Особое внимание уделяется двумерному (2D) и трёхмерному (3D) моделированию, а также анимации, так как эти направления позволяют воспроизводить визуальные объекты и движения с высокой степенью реалистичности. Области применения охватывают развлекательную индустрию (кино, игры), профессиональные задачи (архитектура, инженерия, дизайн), медицину и образовательные процессы.

2. Основная часть

Компьютерная графика является ключевым инструментом в задачах 2D- и 3D-моделирования, а также анимации.

2D-графика основывается на работе с растровыми и векторными изображениями, которые применяются при разработке интерфейсов, мультимедийных и обучающих материалов, визуализации данных. Доступность инструментов и широкий спектр методов делают 2D-моделирование востребованным в образовательной и прикладной сферах [1].

3D-моделирование предоставляет возможности для создания виртуальных объектов и сцен с высокой степенью реалистичности. Основные этапы процесса включают построение геометрической формы объекта, наложение текстур, настройку освещения и рендеринг. Технологии 3D-моделирования находят применение в архитектуре, инженерии, дизайне и научных исследованиях, позволяя визуализировать здания, интерьеры и механизмы на этапе проектирования, что оптимизирует процесс планирования и разработки.

Анимация является неотъемлемой частью компьютерной графики и обеспечивает визуализацию движения объектов. Для её реализации используются методы ключевых кадров, скелетной анимации, захвата движений актёров (motion capture) и физического моделирования с учётом законов механики. Эти подходы активно применяются в киноиндустрии и компьютерных играх, где важны как художественная выразительность, так и реализм движения.

Для реализации задач 2D- и 3D-графики и анимации разработаны специализированные программные средства. Наиболее популярными являются: Adobe Photoshop, Adobe Animate, CorelDRAW и Krita для работы с 2D-графикой; Blender, Autodesk Maya, 3ds Max и Cinema 4D для 3D-моделирования. Игровые движки Unity и Unreal Engine объединяют возможности моделирования, анимации и физического моделирования [2], что позволяет создавать интерактивные виртуальные среды (рис. 1).

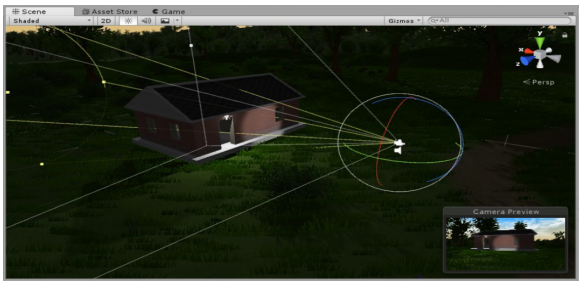


Рис. 1

Применение компьютерной графики выходит за пределы индустрии развлечений. В медицине она используется для построения анатомических моделей органов и подготовки к хирургическим операциям, в научных исследованиях — для симуляции процессов и визуализации данных, а в образовательной сфере — для создания виртуальных лабораторий. Таким образом, компьютерная графика является универсальным инструментом для решения широкого спектра задач.

3. Заключение

Компьютерная графика представляет собой эффективный инструмент для решения задач 2D- и 3D-моделирования, а также анимации. Технологии КГ находят применение в различных сферах деятельности: от индустрии развлечений до науки и медицины.

Современные программные средства обеспечивают создание фотореалистичных изображений и анимации, а использование игровых движков позволяет интегрировать интерактивность и имитацию физических процессов.

Перспективным направлением развития является интеграция компьютерной графики с технологиями искусственного интеллекта и VR/AR, что открывает возможности для создания более реалистичных и доступных виртуальных миров.

4. Список литературы

[1] Роджерс, Д. Элементы компьютерной графики / Д. Роджерс. — М. : Мир, 1989. — 512 с.
[2] Херн, Д. Компьютерная графика и технологии OpenGL / Д. Херн, М. П. Бейкер. — М. : Вильямс, 2005. — 1168 с.

THE USE OF COMPUTER GRAPHICS IN THE TASKS OF 2D, 3D MODELING AND ANIMATION

Beznosko V. V., Lukyanchikov A. V.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The main directions of the use of computer graphics in 2D and 3D modeling and animation with examples of use in cinema, games, architecture and education are considered.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТИ ВЕБ-САЙТА

Якубенков А. В., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: thezeusaxe@gmail.com

Аннотация — В работе рассматривается основа веб-разработки — фронтенд, представляющий собой клиентскую часть веб-сайта. А именно: HTML для создания структуры, CSS для визуального оформления и JavaScript для обеспечения интерактивности.

1. Введение

Фронтенд-разработка представляет собой создание клиентской части веб-сайта, отвечающей за визуальное представление и пользовательское взаимодействие.

В основе этой дисциплины лежат три фундаментальные технологии: HTML для структуры, CSS для оформления и JavaScript для интерактивности. Эти технологии образуют единый комплекс, позволяющий создавать функциональные, эстетически привлекательные и удобные для пользователя интерфейсы.

2. Основная часть

HTML (Hypertext Markup Language) — это код, который используется для структурирования и отображения веб-страницы и её контента.

Например, контент может быть структурирован внутри множества параграфов, маркированных списков или с использованием изображений и таблиц данных.

HTML не является языком программирования; это язык разметки, и используется, чтобы сообщать вашему браузеру, как отображать веб-страницы, которые вы посещаете.

Он может быть сложным или простым, в зависимости от того, как хочет веб-дизайнер. HTML состоит из ряда элементов, которые вы используете, чтобы вкладывать или оборачивать различные части контента.

А также, чтобы заставить контент отображаться или действовать определённым образом. HTML также поддерживает мультимедиа-элементы.

CSS (Cascading Style Sheets) — это код, который вы используете для стилизации вашей веб-страницы.

Как и HTML, CSS на самом деле не является языком программирования. Это не язык разметки — это язык таблицы стилей. Это означает, что он позволяет применять стили выборочно к элементам в документах HTML.

С помощью CSS разработчики контролируют цвета, шрифты, отступы, расположение элементов и адаптивность страницы.

Современные возможности CSS позволяют создавать сложные адаптивные макеты, которые корректно отображаются на устройствах с различными размерами экранов.

JavaScript это язык, который позволяет применять сложные вещи на веб-странице — каждый раз, когда на веб-странице происходит что-то большее, чем просто её статичное отображение — отображение периодически обновляемого контента, или интерактивных карт, или анимация 2D/3D графики, или прокрутка видео в проигрывателе, и т.д. — вероятно это JavaScript.

JavaScript является полноценным языком программирования, который работает в браузере и может взаимодействовать с сервером через AJAX или Fetch API.

Он позволяет обрабатывать события (например, клики или ввод данных) и создавать динамический контент.

Современный JavaScript включает функции для асинхронного кода.

Помимо базовых технологий, фронтенд-разработчики часто используют фреймворки для ускорения работы.

Фреймворк React.js предназначен для создания пользовательских интерфейсов на основе компонентов. Экосистема включает Redux для управления состоянием и React Router для навигации.

Vue.js — фреймворк, который можно интегрировать постепенно. Vue фокусируется на реактивности данных и использует шаблоны с директивами (v-if, v-for).

Подходит для малого и крупного масштаба. Экосистема: Vuex для состояния, Vue Router.

Преимущества: простота, гибкость, малый размер. Недостатки: меньше вакансий по сравнению с React.

Angular от Google — полноценный фреймворк с встроенными инструментами для тестирования и маршрутизации. Эти инструменты помогают управлять состоянием приложения, обрабатывать маршруты и интегрироваться с backend.

3. Заключение

Фронтенд-разработка важна, ибо отвечает за пользовательский опыт и доступность цифровых продуктов. Три основных технологии — HTML, CSS и JavaScript — позволяют создавать сложные, но интуитивно понятные интерфейсы для пользователя.

4. Список литературы

[1] Learn to Code [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://developer.mozilla.org/
[2] Resources for Developers, by Developers [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.w3schools.com

PREVIEW OF THE FRONT END OF THE WEBSITE

Yakubenkov A. V., Smetanina T. I.
Scientific adviser: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In this paper, the basis of web development — the frontend, which is the client part of a website, is examined. Namely: HTML for creating a structure, CSS for visual design, and JavaScript for providing interactivity.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ «НЕЙРОМОЛЬБЕРТ»

Мамонтов И. С., Брагин А. Д.
Научный руководитель: Брагин А. Д.
Национальный исследовательский Томский Политехнический университет, Россия
E-mail: ism18@tpu.ru

Аннотация — В работе описывается процесс разработки веб-приложения для генерации уникальных изображений, основанных на пользовательских эскизах с применением современных диффузионных моделей машинного обучения.

1. Введение

Художники с разным уровнем квалификации и мотивации в процессе написания картин допускают множество отклонений как от задуманного ими сюжета, так и от ожиданий потенциальных зрителей. Их труд может занимать от 10—15 минут до десятков часов и даже нескольких дней. Порой ошибки исправить сложно или не возможно, а даже одна такая ошибка может свести на нет все усилия.

Существующие методы машинного обучения могут купировать часть описанной проблемной ситуации, однако обладают рядом принципиальных ограничений:

— дороговизна вычислительных ресурсов;

— нет веб-версии, с поддержкой асинхронного взаимодействия и высокой нагрузки на сервис.

Целью работы является разработка и реализация веб-приложения для генерации изображений на основе пользовательских эскизов с применением современных диффузионных моделей. Система должна обеспечивать разрешение генерируемого изображения формата 512×512 или 1024×1024 пикселей при времени обработки 3—7 секунд. Кроме того, она должна эффективно использовать локальные вычислительные ресурсы для генерации изображений и поддерживать работу с различными устройствами ввода (сенсорные мониторы, мыши).

2. Основная часть

Для реализации проекта необходимо разработать и связать между собой следующие модули:

— модуль пользовательского интерфейса обеспечивает создание и редактирование эскизов с поддержкой сенсорных экранов, графических планшетов и мыши [1];

— модуль генерации изображений преобразует эскизы в качественные изображения с помощью диффузионных моделей, включая обработку данных, запуск моделей и постобработку;

— модуль управления вычислительными ресурсами оптимизирует использование локальных GPU, обеспечивает распределение нагрузки, асинхронную обработку запросов и автоматическое освобождение ресурсов [2];

— модуль коммуникации реализует передачу данных и управление сессиями между клиентом и сервером, обеспечивая стабильную работу при высокой нагрузке. Структура приложения представлена на рис. 1.

На текущий момент реализованы все ключевые модули — пользовательский интерфейс, генерация изображений, управление вычислительными ресурсами и асинхронное взаимодействие. Это уже дало качественно новый результат по сравнению с конкурентами, обеспечив удобство использования и безопасность данных.

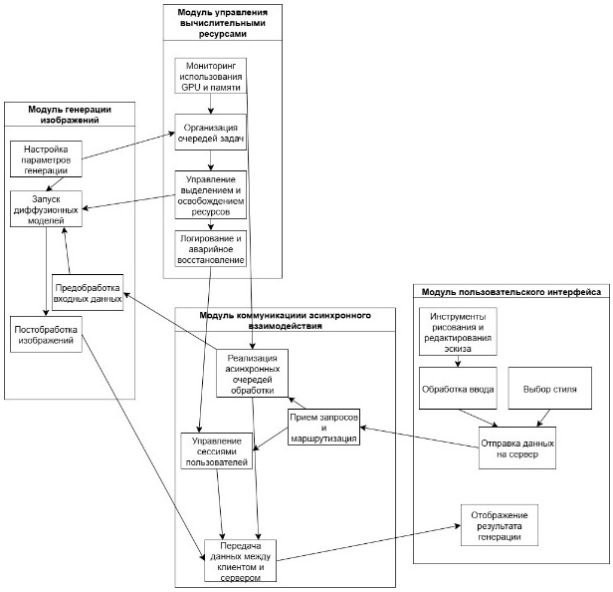


Рис. 1

3. Заключение

Проект имеет перспективу внедрения в создание цифрового контента, образования и дизайна, что значительно упростит и ускорит создание визуальных материалов без глубоких знаний в графике. В дальнейшем планируется повысить качество и скорость генерации, улучшить масштабируемость и производительность, адаптировать приложение для мобильных устройств и добавить новые художественные стили.

4. Список источников

[1] Stable Diffusion XL 1.0: как пользоваться нейросетью для генерации изображений [Электронный ресурс] / Информационный портал vc.ru. — Режим доступа: vc.ru/services/1187150-stable-diffusion-xl-10-kak-polzovatsya-neirosetyu-dlya-generacii-izobrazhenii.

[2] Основные принципы обработки фотографий [Электронный ресурс] / Информационный портал sky.pro. — Режим доступа: sky.pro/wiki/lifestyle/osnovnye-principy-obrabotki-fotografij.

DEVELOPMENT OF THE WEB APPLICATION “NEUROMALBERT”

Mamontov I. S., Bragin A. D.
Scientific adviser: Bragin A. D.
National Research Tomsk Polytechnic University, Russia

Abstract — In this paper, the development process of a web application for generating unique images based on user sketches using modern diffusion machine learning models is described.



Секция 10

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ИНФОРМАЦИИ

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Павленко В. Ю., Кротов И. В., Максимовская Н. Л.
Научный руководитель: Максимовская Н. Л.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия

Аннотация — В данной статье проводится анализ угрозы нарушения целостности, включающей в себя любое умышленное изменение информации, хранящейся в вычислительной системе и передаваемой из одной системы в другую, в том числе и несанкционированное изменение информации при случайных ошибках программного или аппаратного обеспечения.

1. **Введение**

Актуальность проблемы состоит в защите персональных данных от внешних атак и угроз и является актуальной темой для пользователей Интернета. Не все пользователи готовы столкнуться с угрозами, которые их поджидают в интернет-пространстве. Данный обзор будет посвящён вопросу защиты персональных данных [1].

2. **Основная** часть

Сегодня Интернет является не только средством общения и универсальной справочной системой, в нём циркулируют договорные и финансовые обязательства, необходимость защиты которых как от просмотра, так и от фальсификации очевидна. Начиная с 1999 года Интернет становится мощным средством обеспечения розничного торгового оборота, а это требует защиты данных кредитных карт и других электронных платёжных средств.

Принципы защиты информации в Интернете опираются на определение информации. Информация-это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов. Если в ходе коммуникационного процесса данные передаются через открытые системы (а Интернет относится к таковым), то исключить доступ к ним посторонних лиц невозможно даже теоретически. Соответственно, системы защиты сосредоточены на втором компоненте информации — на методах. Их принцип действия основан на том, чтобы исключить или, затруднить возможность подбора адекватного метода для преобразования данных в информацию. Одним из приёмов такой защиты является шифрование данных [2].

Принцип достаточности защиты. Защита публичным ключом не является абсолютно надёжной. Поскольку каждый может использовать публичный ключ, то он может подробно изучить механизм шифрования и пытаться установить метод расшифровки сообщения, то есть реконструировать закрытый ключ. Алгоритмы кодирования публичным ключом не имеет смысла скрывать. Обычно к ним есть доступ. Тонкость в том, что знание алгоритма ещё не означает возможности провести реконструкцию ключа в разумно приемлемые сроки. Так, например, правила игры в шахматы известны всем, и нетрудно создать алгоритм для перебора всех возможных шахматных партий, но он никому не нужен, поскольку даже самый быстрый современный суперкомпьютер будет работать над этой задачей дольше, чем существует жизнь на нашей планете.

Количество комбинаций, которое надо проверить при реконструкции закрытого ключа, не столь велико, как количество возможных шахматных партий, однако защиту информации принято считать достаточной, если затраты на её преодоление превышают ожидаемую ценность самой информации. В этом и состоит принцип достаточности защиты, которым руководствуются при использовании несимметричных средств шифрования данных. Он предполагает, что защита не абсолютна и приёмы её снятия известны, но она всё же достаточна для того, чтобы сделать это мероприятие нецелесообразным

Способы и средства нарушения целостности информации. Угроза нарушения целостности включает в себя любое умышленное изменение информации, хранящейся в вычислительной системе или передаваемой из одной системы в другую, в том числе и несанкционированное изменение информации, хранящейся в вычислительной системе или передаваемой из одной системы в другую, в том числе и несанкционированное изменение информации при случайных ошибках программного или аппаратного обеспечения. Санкционированными изменениями являются те, которые сделаны уполномоченными лицами с обоснованной целью (например, периодическая запланированная коррекция некоторой базы данных).

В большинстве случаев виновниками оказывались штатные сотрудники организаций, знакомые с режимом работы и мерами защиты, что подтверждает опасность внутренних угроз, хотя им уделяют меньшее внимание, чем внешним. С целью нарушения статической целостности злоумышленник может: ввести неверные данные; изменить данные.

Угрозами динамической целостности являются нарушение атомарности транзакций, переупорядочение, кража, дублирование данных или внесение дополнительных сообщений. Соответствующие действия в сетевой среде называются активным прослушиванием.

3. Заключение

Обеспечение целостности данных является одной из самых сложных задач. Существует достаточно большое количество информации, которая должна быть доступна всем. Но даже в этом случае обеспечение защиты данных, особенно открытой информации, является главной задачей.

4. Список литературы

[1] Симонович, С. В. Информатика. Базовый курс. / С. В. Симонович. — СПб. : Питер, 2006. — 640 с.

[2] Могилев, А. В. Информатика / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер. — М. : Академия, 2004. — 848 с.

PROTECTING PERSONAL DATA IN TODAY`S WORLD

Pavlenco V. U., Krotov I . V., Maksimovskaya N. L.
Scientific Adviser: Maksimovskaya N. L.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, an analysis of the threat of integrity violation, which includes any intentional modification of information stored in a computing system and transmitted from one system to another, as well as unauthorized modification of information due to accidental software or hardware errors are considered.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ, КАК ЗАЩИТА ОТ ХАКЕРОВ

Драничников С. А., Максимовская Н. Л.
Научный руководитель: Максимовская Н. Л.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия

Аннотация — В данной статье проводится анализ о правилах обеспечения безопасности персональных данных. Показано, что именно необходимо защищать и в какой степени. Рассмотрены принципы защиты информации.

1. **Введение**

Актуальность проблемы состоит в защите персональных данных в сети. Политика обеспечения безопасности в следующем:

— оценка риска;

— ответственность;

— правила использования сетевых ресурсов;

— юридические аспекты;

— процедуры по восстановлению системы защиты [1].

2. **Основная** часть

Наиболее ценными считаются данные в сети. Программное обеспечение и операционные системы можно переустановить, а если используются разглашению важные данные, списки клиентов, сведения о продажах, то ущерб может быть по бизнесу.

«В группу риска» входят все пользователи, имеющие доступ к сети. Об этом очень важном от хакеров ресурсе часто забывают.

Пароли записываются на бумажках, отчёты, содержащие секретную информацию, распечатываются, а потом всё это выбрасывается в мусорную корзину.

Хорошая политика считается в виде инструктажа по технике безопасности Одним из приёмов защиты является шифрование данных, установление сложных паролей [2].

Принцип защиты. Сервера, на которых хранятся важные данные, не должны стоять в открытой комнате. Комнаты должны быть закрытыми. Аналогично должны защищаться маршрутизаторы, коммутаторы и другие устройства.

Комнаты с секретными устройствами должны закрываться и быть под наблюдением круглосуточно. Доступ к такому помещению должен контролироваться, например, регистрация в журнале.

Программный доступ. Надо ограничить программный доступ к сети. Необходимо установить защиту на сеть.

Необходимо проследить сетевые события и определить по ним, не пытался ли кто проникнуть в сеть.

Существует несколько типовых механизмов управления доступом к сети:

— пользовательские учётные записи и пароли;

— физические идентификаторы;

— защита ресурсов.

Если в сети нет секретных данных, то для доступа к ресурсам достаточно логина и пароля.

Угроза нарушения безопасности включает в себя любое умышленное изменение информации, хранящейся в сети или передаваемой из одной системы в другую, в том числе и несанкционированное изменение информации, хранящейся в сети.

Наблюдается рост киберугроз: от массовых вредоносных программ и фишинговых атак до целенаправленных, высокоорганизованных атак на персональные данные в государственных структурах.

Параллельно с этим, информационное пространство становится ареной для так называемых «информационных войн», включающих распространение дезинформации, пропаганду, манипулирование общественным сознанием и психологические операции, направленные на подрыв стабильности.

Хакеры постоянно совершенствуют свои методы. Одним из стандартных приёмов кибермошенников был фишинг.

При получении электронного письма со ссылкой, которая вела на поддельный сайт, либо устанавливала вредоносное ПО на компьютер пользователя. Сейчас в цифровую эпоху, когда похищают персональные данные злоумышленники используют поддельные ссылки и взломанные учётные записи в социальных сетях.

Общественные сети Wi-Fi небезопасны, так как соединения незащищённые, то хакеры могут проникнуть на устройство пользователя.

Как же защитить себя и свои личные данные от этой угрозы? VPN-сеть перенаправляет трафик, скрывая ваш IP-адрес и не позволяя мошенникам отследить пользователя. Она шифрует отправленные вами данные, поэтому если их перехватят хакер не сможет их прочесть. Это касается вашего Интернет-провайдера.

3. Заключение

Проведённый анализ в данной статье является важной темой по обеспечению безопасности данных в сети. Существует достаточно большое количество информации, которая должна быть доступна всем, но задача пользователя уметь сохранить свои данные от злоумышленников.

4. Список литературы

[1] Афонин, И. Л. Информатика Ч. 1. / И. Л. Афонин, Е. П. Игнашева. — Севастополь : ЧВВМУ, 2016. — 288 с.

[2] Могилев, А. В. Информатика / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер. — М. : Академия, 2004. — 848 с.

PERSONAL DATA SECURITY AS PROTECTION AGAINST HACKERS

Dranichikov C. A., Maksimovskaya N. L.
Scientific Adviser: Maksimovskaya N. L.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, an analysis of the rules for ensuring the security of personal data was done. What exactly are we protecting and from whom? Do we need to identify online values from criminals?

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЗОВОВ ФУНКЦИЙ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ BEE2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RUST FFI

Петров С. Н., Пакуль Е. С., Корчинский А. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Петров С. Н.
Национальный детский технопарк, Беларусь
E-mail: petrov@bsuir.by

Аннотация — Изучена производительность библиотеки bee2-rs, созданной на языке программирования Rust для вызовов функций библиотеки Bee2. Установлено, что из-за перехода с языка программирования C на язык Rust, скорость криптографических преобразований упала на 3,5%.

1. Введение

Приложения для обмена мгновенными сообщениями (мессенджеры) стали неотъемлемой частью современной жизни, оказав влияние на способы общения и работы, стали универсальным инструментом для коммуникации и совместной работы.

Авторами был разработан мессенджер, имеющий клиент-серверную архитектуру и включающий в качестве основных компонентов клиентское приложение, серверную часть, базу данных MySQL, балансировщик нагрузки.

Вопросы безопасности являлись одними из самых значимых при разработке мессенджера, в частности предполагалась реализация поддержки криптографических стандартов Республики Беларусь.

НИИ прикладных проблем математики и информатики БГУ является разработчиком стандартов серии СТБ 34.101. Информационные технологии и безопасность.

Также является официальным разработчиком криптографической библиотеки Bee2, реализующей алгоритмы и протоколы, определенные в стандартах Республики Беларусь СТБ 34.101.31 (belt), СТБ 34.101.45 (bign), СТБ 34.101.47 (brng), СТБ 34.101.60 (bels), СТБ 34.101.66 (bake), СТБ 34.101.77 (bash) [1]. Однако библиотека Bee2 написана на языке C, а мессенджер на языке Rust и напрямую использовать Bee2 в проекте невозможно.

Для решения данной проблемы была разработана библиотека bee2-rs, в которой была реализована поддержка криптографических функций библиотеки Bee2 с использованием механизма binding для языка Rust (Rust Foreign Function Interface, FFI), который позволяет совместное использование данных и функций между частями кода, которые были написаны на разных языках.

Ниже представлены результаты сравнения быстродействия алгоритма BELT в режиме сцепления блоков, реализованного с использованием библиотек Bee2 (на языке C) и bee2-rs (на языке Rust).

2. Основная часть

Испытания проводились в соответствии с методикой испытаний средств криптографической защиты информации на соответствие требованиям СТБ 34.101.31-2020 МИ.10131.10.01. При оценке реализации алгоритмов шифрования в режиме сцепления блоков (Cipher Block Chaining) выполнялся тест BELT.CBC.1.

Платформа для тестирования: процессор 11th Gen Intel(R) Core i5-1135G7 @ 2.40 GHz, ОЗУ 16 ГБ, ОС Windows 11.

Общее число итераций 100 миллионов для каждой библиотеки.

Для библиотеки Bee2 скорость цикла шифрования-расшифрования составила 198895453 бит/с.

Для библиотеки bee2-rs скорость цикла шифрования-расшифрования составила 192230411 бит/с.

Таким образом, скорость преобразований снизилась на 3,5%.

С исходным кодом библиотеки bee2-rs можно ознакомится в репозитории на GitHub [2], также он опубликован в реестре библиотек (crates) сообщества Rust [3].

3. Заключение

Установили, что из-за перехода с языка программирования C на язык Rust, скорость некоторых криптографических преобразований упала на 3,5%. Однако данное снижение не влияет на общую производительность приложения.

Таким образом мессенджер, разработанный с использованием языка программирования Rust, сможет использовать надежные криптографические функции от разработчика национального стандарта для шифрования сообщений, аутентификации пользователей и обеспечения безопасности связи без снижения быстродействия.

4. Список литературы

[1] agievich/bee2: A cryptographic library [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://github.com/agievich/bee2 (дата доступа: 23.07.2025).

[2] tpyauheni/bee2-rs [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://github.com/tpyauheni/bee2-rs (дата доступа: 25.07.2025).

[3] bee2-rs - crates.io: Rust Package Registry [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://crates.io/crates/bee2-rs (дата доступа: 26.07.2025).

PERFORMANCE EVALUATION OF BEE2 CRYPTO-GRAPHICS LIBRARY FUNCTION CALLS WITH RUST FFI

Petrov S. N., Pakul Y. S., Korchinsky A. A.
Scientific adviser: Petrov S. N.
National Children's Technopark, Belarus

Abstract — The performance of the bee2-rs library, created in the Rust programming language for calling Bee2 library functions, was studied. It was found that due to the transition from the C programming language to the Rust language, the speed of some cryptographic transformations dropped by 3.5%.

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ IoT-УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Маханова В. Ю., Пулко Т. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Пулко Т. А.
Национальный детский технопарк, Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mail: pulko@bsuir.by

Аннотация — В работе предложена система для обнаружения аномального поведения датчиков в важных средах. Сбор данных организован через микроконтроллер ESP8266 и протокол MQTT, а также используется алгоритм машинного обучения Isolation Forest. При выявлении отклонений от усвоенного шаблона система мгновенно формирует уведомления.

1. Введение

IoT-устройства становятся частью повседневной жизни: мы следим за температурой в холодильнике, влажностью в теплице, состоянием подвала. Но стоит помешать или подменить данные — и последствия могут быть неприятными, например, продукты испортятся или растения погибнут.

Машинное обучение давно применяется для обнаружения аномалий. Однако для IoT-устройств, из-за их новизны, такое решение не распространено. Цель работы состоит в создании системы для выявления ненормального поведения датчика в критически важных средах (например, датчик температуры в холодильнике или теплице), указывающего на попытки взлома или подмену данных.

2. Основная часть

Составим одну из самых простых моделей: общение датчиков через брокер MQTT. Для сбора данных можно настроить устройство (микроконтроллер), например, Arduino Nano 33 IOT или ESP8266, к которым подключаем датчик. В нашем случае был взят датчик температуры DS18B20. С устройства на брокер MQTT каждые несколько секунд приходят данные температуры, однако по незащищённому каналу их очень просто заменить.

Чтобы это предотвратить, нужно отслеживать все значения, поступающие на брокер. Одним из самых надёжных вариантов является машинное обучение, а конкретнее — алгоритм Isolation Forest [1], представленный на рис. 1.

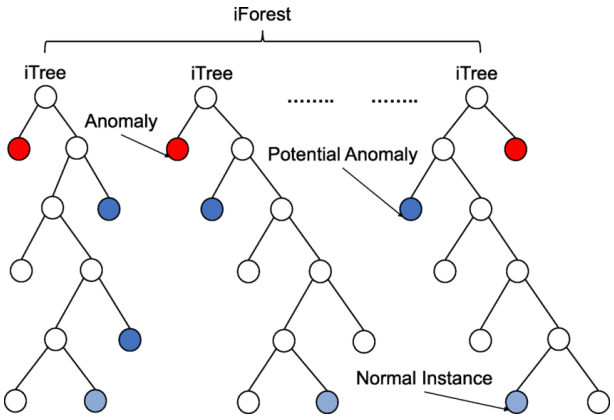


Рис. 1

Обучение данной модели проводится на «нормальных» показаниях, а параметры настраиваются таким образом, чтобы достичь требуемого баланса между чувствительностью к отклонениям и устойчивостью к шуму. Каждое новое значение температуры проверяется на соответствие усвоенному шаблону поведения: если модель классифицирует точку как аномальную, запускается механизм оповещений.

Механизм оповещения может быть настроен любым удобным образом для пользователя, например с помощью SMTP-сервера для отправки email, вебхуки для интеграции с внешними системами и push-уведомления. Это помогает информировать пользователя об аномалиях в поведении датчиков без излишних задержек.

3. Заключение

Таким образом, решение на основе MQTT и алгоритмов машинного обучения позволит эффективно обнаруживать аномалии в потоках данных, получаемых от датчиков. Механизм достижения будет заключаться посредством:

— предварительной обработки данных;

— удаления нерепрезентативных точек при обучении, что повышает стабильность модели;

— тщательной настройки параметров Isolation Forest для баланса чувствительности и ложных срабатываний;

— лёгкости и скорости модели, обеспечивающих быстрое время отклика при минимальных вычислительных затратах.

В дальнейшем машинное обучение можно будет интегрировать с искуственным интеллектом для ещё более точных и быстрых результатов.

4. Список литературы

[1] What is Isolation Forest? [Электронный ресурс] / GeeksforGeeks. — Режим доступа: https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/what-is-isolation-forest/

DETECTION OF ANOMALOUS BEHAVIOR IN IOT DEVICES USING MACHINE LEARNING

Makhanava V. Y., Pulko T.A.
Scientific adviser: Pulko T.A.
National Children's Technopark, Belarus

Abstract — The aim of the work is to develop a system for detecting abnormal behavior of a sensor in critical environments (example, temperature in refrigerator, greenhouse), indicating hacking attempts or data tampering. A prototype was implemented using ESP8266 for data collection via MQTT, and an Isolation Forest model trained for anomaly detection. An alerting mechanism notifies suspicious readings via email, webhooks, and push notifications.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Яременко А. С., Ивановский Н. В., Дьяков А. С., Лукьянчиков А. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Лукьянчиков А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: andreyyrem@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрены основные современных тенденций при проектировании систем безопасности предприятий. Сформулированы и обоснованы ключевые направления развития таких систем.

1. Введение

Современная система безопасности предприятия — это уже не просто турникеты и камеры видеонаблюдения. Это комплексная экосистема, интегрирующая физическую, информационную и организационную безопасность.

Эволюция киберугроз, риски утечек данных и сложность ИТ-инфраструктур требуют новых, проактивных и умных подходов к проектированию систем защиты.

2. Основная часть

Классический подход, основанный на работе разрозненных систем (СКУД, видеонаблюдение, ОПС, датчики) [1], перестает быть актуальным. Ключевой современный тренд — создание единого центра управления безопасностью (SOC — Security Operations Center).

Элементы такого центра могут быть в общем случае распределенными и связанными по радиоканалу. Обеспечить дальность связи можно специальными конструкциями антенн [2].

Все данные от различных подсистем стекаются на единую программно-аппаратную платформу, изображенную на рис. 1. Это предоставляет оператору единую и целостную картину всех событий на объекте в режиме реального времени. Данная система имеет ряд преимуществ: повышение оперативности, объединение систем, централизованное управление.



Рис. 1

Современные физические системы безопасности (видеокамеры, СКУД) представляют собой полноценные сетевые устройства, что стирает грань между физической и информационной защитой. Их уязвимость делает кибербезопасность неотъемлемой частью проектирования общей системы безопасности предприятия. Ключевыми элементами становятся:

— защита сетевого периметра и сегментация сети для изоляции систем безопасности;

— обязательное шифрование всех данных, как передаваемых, так и хранящихся;

— внедрение строгих политик контроля доступа и принципа наименьших привилегий для доступа к самим системам безопасности.

Искусственный интеллект трансформирует безопасность, переводя её из режима реагирования в режим прогнозирования и предупреждения угроз. Алгоритмы AI/ML в режиме реального времени анализируют огромные массивы данных, что позволяет: распознавать лица и автомобильные номера в автоматическом режиме, обнаруживать бесхозные предметы и подозрительные объекты, выявлять аномальную активность, проводить предикативный поведенческий анализ.

3. Заключение

Современное проектирование систем корпоративной безопасности представляет собой комплексный процесс, требующий интеграции физических и цифровых решений. Ключевыми направлениями развития являются:

— централизация управления — создание единого центра мониторинга и контроля;

— интеллектуальная аналитика — применение AI для прогнозной аналитики и распознавания угроз.

Современная эффективная система безопасности функционирует на опережение, не только регистрируя, но и предвосхищая потенциальные инциденты, что позволяет перейти от реагирования к предотвращению угроз.

4. Список литературы

[1] Груба, И. И. Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения : справ. пособие / И. И. Груба. — М. : СОЛОН-Пр., 2013. — 220 с.

[2] Study and design of antenna based on a strip line with variable wave impedance / A. A. Savochkin, A. V. Lukyanchikov, E. A. Redkina [et al.] // Fourth International Conference on Optics, Computer Applications, and Materials Science (CMSD-IV 2024). Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. — Bellingham, Washington, 2025. — P. 136510X. — https://doi.org/10.1117/12.3060892.

REVIEW OF MODERN TRENDS IN ENTERPRISE SECURITY SYSTEM DESIGN

Yaremenko A. S., Ivanovsky N. V., Dyakov A. S., Lukyanchikov A. V.
Scientific adviser: Lukyanchikov A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The main modern trends in the design of enterprise security systems are considered. The key development directions for such systems are formulated and substantiated.

СОЦИАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЮДЕЙ С МОШЕННИЧЕСКИМИ ЦЕЛЯМИ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

Вальянина Е. С., Турков Б. А.
Научный руководитель: Турков Б. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: ekaterinavalyanina@yandex.ru

Аннотация — Анализируется использование психологических приемов и техник с мошенническими целями. Показаны пути и способы защиты от них.

1. Введение

Преступное психологическое манипулирование представляет собой скрытое, преднамеренное и часто осуществляемое из жажды наживы влияние на психику человека с целью завладения его собственностью. Этот феномен изучается в рамках различных научных и психологических дисциплин, включая криминологию, судебную психологию и криминалистику. Тема остается до конца не раскрытой из-за постоянной эволюции человеческого поведения.

2. Основная часть

Манипуляция — это психологическое воздействие на человека с целью изменить его мышление и поведение, склонить к нужным действиям, сформировать привязанность. Манипулятор при помощи нехитрых приемов изменяет точку зрения и реакцию собеседника в ту сторону, которая ему нужна или выгодна. Целью данной работы является исследование психологических механизмов обмана и приемов манипулирования человеческим сознанием, а также сформулировать конкретные рекомендации для людей, направленные на защиту от мошеннических действий.

Методы манипуляции мошенников могут быть следующие.

Доверительные отношения. Чтобы наладить контакт, мошенники обращаются к вам по имени и отчеству, повторяют их в ходе разговора. Они говорят вежливо, спокойно и уверенно.

Звонок от значимого лица: мошенники, использующие телефон, часто выдают себя за представителей организаций, вызывающих доверие.

Использование схемы быстрой прибыли: мошенники могут обещать жертве высокую прибыль или быстрые деньги.

Страх потери или преследования: манипулируют страхом потери денег или уголовным преследованием.

Запугивание: если жертва сомневается, злоумышленники переходят к угрозам.

Метод нейролингвистического программирования (НЛП) — это метод самосовершенствования, который, по мнению его создателей, позволяет освоить навыки общения, изменить модели поведения и добиться успеха в любой области. Мошенничество с помощью НЛП сегодня происходит не только на улицах, но и в общественных местах.

Какие приемы используют НЛП-мошенники:

— делают упор на базовые для человека ценности;

— используют повышенный или пониженный тон речи;

— ведут «обработку» жертвы в агрессивной манере с целью вызвать страх;

— становятся слишком услужливыми, во всем с вами соглашаются;

— не дают времени подумать, все время торопят;

— решают проблемы, которые сами же и создают.

Задача мошенников, которые используют приемы нейролингвистического программирования — «зацепить» и обмануть.

Что чувствует человек, ставший жертвой НЛП? Примерно то же, что и пострадавший от криминального гипноза — он совершил действие, мотивам которого не может найти объяснение.

Общие правила защиты от аферистов и мошенников, использующих психологические приемы и технику НЛП:

— не вступать в диалоги с незнакомыми людьми;

— не ходить на презентации продукции, которые вам предлагают по телефону;

— не соглашаться на предложения воспользоваться услугами, которые вам предлагают по телефону;

— остерегаться слишком заманчивых предложений;

— дозировать информацию о себе в социальных сетях.

3. Заключение

В современном обществе, где наблюдается рост случаев мошенничества, особенно с применением психологических манипуляций, крайне важно глубоко разобраться в психологических аспектах этого явления и разработать практические рекомендации для защиты граждан. Понимание методов мошенников и знание правил безопасности помогут значительно снизить риски. Если же вы столкнулись с мошенничеством, незамедлительно действуйте, чтобы минимизировать возможные потери.

4. Список литературы

[1] Сухов, А. Н. Понятия и виды угроз информационной безопасности / А. Н. Сухов // Человеческий капитал. — 2022. — DOI 10.25629/HC.2022.02.11.

[2] Другач, Ю. С. Контролируемый взлом. Библия социальной инженерии / Ю. С. Другач ; 2-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2024. — 192 с.

SOCIAL ENGINEERING: USING PSYCHOLOGICAL TECHNIQUES TO INFLUENCE PEOPLE FOR SCAM PURPOSES AND HOW TO PROTECT AGAINST THEM

Valyanina.E. S., Turkov B. A.
Scientific adviser: Turkov B. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In this paper, the use of psychological techniques and methods for fraudulent purposes are analyzed. In this, ways to protect against them are shown.

РАЗРАБОТКА КОРПОРАТИВНОЙ VPN-СЕТИ ДЛЯ ООО

Волкова Е. Д.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: katedegtuarev@mail.ru

Аннотация — Проанализирован и подобран полнофункциональный прототип системы, который повышает безопасность корпоративного доступа за счет комбинации VPN-туннелирования и двухфакторной аутентификации, соответствующей современным требованиям к защите информации.

1. Введение

В условиях роста киберугроз, особенно целевых атак на корпоративные ресурсы, стандартные методы аутентификации по логину и паролю становятся недостаточными. Компрометация учетных данных является одной из основных причин утечек информации. Сочетание VPN для создания защищенного канала связи и двухфакторной аутентификации (2FA) на основе одноразовых паролей (OTP), привязанных к номеру мобильного телефона сотрудника, представляет собой надежный и доступный механизм контроля доступа. Разработка подобных систем силами внутренних IT-подразделений актуальна для компаний, требующих повышенного уровня безопасности и независимости от сторонних SaaS-решений. Работа посвящена задаче разработки защищенного VPN соединения для предприятия, часть сотрудников которой работают удаленно.

2. Основная часть

Как известно, VPN (Virtual Private Network) — это технология создания виртуального зашифрованного туннеля поверх публичной сети (Интернет) [1]. Технологию применяют для обеспечения безопасности, конфиденциальности, для доступа к ресурсам.

Один из известных инструментов для реализации туннеля — OpenVPN [2], который обладает как достоинством в виде высокий уровень безопасности и стабильности, достаточно гибок в настройке параметров и портов, так и недостаток в виде установки стороннего клиентского ПО.

Также для реализации корпоративного туннеля для подключения удаленных сотрудников, необходимо реализовать безопасность сети, например, с помощью 2FA (Two-Factor Authentication) метода аутентификации (пароль и код, получаемый каким-либо образом, например, с помощью телефона) [3].

Как известно, классический пароль — это лишь один фактор. Его можно подобрать или украсть с применение разных методов, включая социальную инженерию. Поэтому двухфакторная аутентификация, хоть и относиться к более сложному методу, но необходима для реализации защищенного соединения. Можно сказать, что метод 2FA требует комбинации двух факторов из разных категорий аутентификации, например, пароль (знание) + код из приложения (владение). Причем фактор «владение» обычно представляет собой следующие типы данных:

— одноразовые пароли по времени (TOTP, Time-based One-Time Password);
— SMS сообщения;
— E-mail код;
— аппаратные ключи безопасности (FIDO U2F / FIDO2);
— Push-уведомления;
— биометрия.

Для реализации корпоративной сети можно сделать предположение, что наиболее актуальными и достаточно надежными являются одноразовые пароли TOTP, или пароли, получаемые по SMS.

Причины популярности TOTP — независимость от сети и относительная безопасность, однако при этом требуется установление дополнительных программ, например, Google Authenticator

Причины популярности SMS-based OTP — простота и доступность в реализации, однако данный тип аутентификации достаточно уязвим к атакам типа SIM-swap, зависимость от покрытия сети [4].

Поэтому SMS-based OTP и TOTP были выбраны в качестве основных элементов при реализации двухфакторной аутентификации.

Для реализации VPN туннеля необходимо разработать программу, для этого был произведен выбор стека технологий, в который вошли следующие элементы:

— модуль Backend: Java 17+ & Spring Boot 3 (выбор обусловлен с точки зрения производительности и эффективности);
— база данных: PostgreSQL (выбрана исходя из надежности и поддержки сложных запросов);
— SMS-шлюз: SMS-аггрегаторов (например, SMS.ru, SMSC.ru, для реализации аутентификации требуется дополнительное исследование по возможностям данных агрегаторов, поддерживающих REST API);
— модуль VPN: технология OpenVPN с управлением через командную строку и скрипты.
— модуль Frontend (админ-панель): Thymeleaf для простого интерфейса администратора.

3. Заключение

Были выявлены оптимальные решения для разработки корпоративного VPN сервиса, которые соответствуют требованиям надёжности и простоты реализации. Разработка будет осуществляться на базе языка Java, что позволяет дополнить код различными библиотеками, обеспечивающими надёжность сети.

4. Список литературы

[1] Николаев, М. А. Технологии защиты информации в интернете. Профессиональное применение / М. А. Николаев. — М. : ДМК Пресс, 2021. — 374 с.
[2] OpenVPN Manual Page [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://community.openvpn.net/
[3] Smith, R. Modern Authentication and Authorization: Implementing Zero Trust and MFA / R. Smith, G. Marakas. — O'Reilly Media, 2022.
[4] Кузнецова, Л. М. Угрозы и уязвимости систем двухфакторной аутентификации на основе SMS / Л. М. Кузнецова // Вопросы кибербезопасности. — 2023. — С. 219—225.

DEVELOPMENT OF A CORPORATE VPN NETWORK FOR COMPANY

Volkova E. D.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A fully functional prototype of the system has been analyzed and selected, which enhances the security of corporate access through a combination of VPN tunneling and two-factor authentication that meets modern information security requirements.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Хайлов А. В., Зайцев С. А.
Научный руководитель: Зайцев С. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: xajlov20044@mail.ru

Аннотация — В докладе рассматривается использование методов искусственного интеллекта и машинного обучения для обеспечения кибербезопасности. Приведены примеры применения нейросетевых моделей для обнаружения DDoS-атак, фильтрации фишинговых сообщений и выявления аномалий в поведении пользователей. Рассматриваются проблемы качества данных, вычислительных ресурсов и адаптации к новым угрозам, а также пути их решения.

1. Введение

В условиях роста объёма данных и усложнения кибератак традиционные методы защиты оказываются недостаточно эффективными. Применение ИИ и МО позволяет анализировать сетевой трафик, выявлять аномалии и оперативно реагировать на угрозы.

2. Основная часть

В работе рассматриваются методы обнаружения атак с использованием автоэнкодеров, которые обучаются на нормальном трафике и фиксируют аномалии при DDoS-атаках.

Для фильтрации фишинговых сообщений применяются сверточные нейронные сети, способные распознавать характерные признаки вредоносных писем. Методы кластеризации и обучения без учителя позволяют выявлять аномалии в поведении пользователей и серверов.

Важным направлением является интеграция систем обнаружения угроз с SIEM-платформами, такими как Splunk и IBM QRadar.

Они позволяют собирать и анализировать логи в реальном времени, а также использовать предобученные модели машинного обучения для выявления атак.

Отдельное внимание уделяется специализированным решениям на базе ИИ, например, Darktrace, которые используют поведенческие модели для мониторинга сетевого трафика и мгновенного реагирования [1].

Основные проблемы связаны с качеством данных. Недостаточно репрезентативные обучающие выборки могут привести к ложноположительным или ложноотрицательным срабатываниям. Для минимизации ошибок необходимо использовать данные из различных источников и проводить регулярное обновление моделей [6].

Другой важной проблемой является ограниченность вычислительных ресурсов, так как глубокие нейронные сети требуют значительных затрат при обучении и прогнозировании. В таких случаях применяются распределенные вычисления и облачные технологии, включая контейнеризацию (Docker, Kubernetes).

Адаптация к постоянно меняющимся киберугрозам требует внедрения методов онлайн-обучения и обучения с подкреплением. Это позволяет моделям динамически обновляться и эффективно справляться с новыми типами атак.

Гибридные подходы, объединяющие обучение с учителем и без учителя, обеспечивают большую устойчивость систем защиты.

Практическая ценность рассматриваемых методов подтверждается примерами их внедрения в банковском секторе, государственных структурах и крупных корпорациях. Системы ИИ успешно применяются для анализа транзакций, мониторинга критически важных инфраструктур и защиты корпоративных сетей.

3. Заключение

Применение ИИ и МО в кибербезопасности открывает новые возможности для обнаружения и предотвращения атак.

Современные инструменты позволяют значительно повысить уровень защиты информационных систем при условии обеспечения качества данных и адаптации моделей к изменяющимся угрозам.

Внедрение ИИ в практику киберзащиты позволяет автоматизировать процессы мониторинга и анализа, снижать нагрузку на специалистов и обеспечивать оперативное реагирование на инциденты в реальном времени.

4. Список литературы

[1] Михайлов, С. И. Методы искусственного интеллекта в информационной безопасности / С. И. Михайлов. — М. : Наука, 2020. — 550 с.
[2] Котенко, И. В. Интеллектуальные методы анализа сетевого трафика для обнаружения компьютерных атак / И. В. Котенко, И. Б. Саенко // Защита информации. *Инсайд*, 2019. — № 3. — С. 12—21.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING METHODS FOR CYBERSECURITY

Khailov A. V., Zaitsev S. A.
Scientific adviser: Zaitsev S. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, the use of artificial intelligence and machine learning methods to ensure cybersecurity are discussed. Examples are given of applying neural network models for detecting DDoS attacks, filtering phishing messages, and identifying anomalies in user behavior. The issues of data quality, computational resources, and adaptation to new threats are considered, as well as possible solutions.

СЛОЖНОСТИ В ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ИНФОРМАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕМ В 2025 ГОДУ

Стегней Д. А.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: dst724@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены технические, организационные и экономические барьеры, включая проблемы адаптации отечественных решений, стандартизации и сертификации, кадрового обеспечения, а также влияния санкционных ограничений. На основе проведенного исследования предложены практические рекомендации по преодолению этих трудностей для повышения эффективности систем безопасности и укрепления технологической независимости государства.

1. Введение

Обеспечение безопасности критически важных объектов и информационных систем представляет собой одну из приоритетных задач национальной безопасности любой страны, особенно в эпоху цифровой трансформации и глобальных вызовов. В условиях усиления геополитической напряженности и введения международных санкций Российская Федерация активно реализует политику импортозамещения, направленную на снижение зависимости от зарубежных технологий и продуктов. Это включает сферу методов и средств защиты объектов и информационных ресурсов. Настоящий доклад конкретизирует проблему в части сложностей практического применения отечественных методов и средств, фокусируясь на интеграционных аспектах, сертификации и кадровых ресурсах, с целью предложить решения для эффективной реализации стратегии.

2. Основная часть

Основная задача исследования — проведение детального анализа трудностей, возникающих при внедрении отечественных методов и средств обеспечения безопасности объектов и информации в Российской Федерации, в рамках политики импортозамещения, прогнозируемой к полному развертыванию к 2025 году. Это включает оценку соответствия новых решений требованиям безопасности, выявление барьеров на этапах интеграции, а также выработку рекомендаций по минимизации негативных последствий [1, 2].

В ходе исследования были выявлены следующие ключевые сложности, классифицированные по категориям для удобства анализа/

Техническая несовместимость и качество продукта. Отечественные решения, разработанные компаниями и организациями, часто основаны на российских стандартах и протоколах, что вызывает проблемы совместимости с устаревшими системами, интегрированными в объекты инфраструктуры.

Сертификация и стандартизация. Новые методы и средства должны соответствовать требованиям Федеральных законов, таких как Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры» № 187-ФЗ, а также международным стандартам ISO 27001.

Кадровый дефицит и обучение. Одним из основных препятствий является недостаток специалистов, владеющих навыками работы с отечественными системами. По данным Министерства цифрового развития Российской Федерации, в 2023 году в отрасли кибербезопасности наблюдался дефицит около 500 000 квалифицированных кадров. Влияние санкций и логистических барьеров Санкции, введенные в отношении Российской Федерации, ограничивают доступ к зарубежным комплектующим и технологиям, необходимым для производства отечественных средств безопасности.

Организационные и финансовые проблемы. На уровне предприятий интеграция новых систем сталкивается с сопротивлением из-за высокой стоимости внедрения и необходимости изменения рабочих процессов [3, 4].

3. Заключение

На основе анализа проведенного исследования установлено, что импортозамещение в сфере обеспечения безопасности объектов и информации в Российской Федерации сопряжено с комплексом трудностей, включающих техническую адаптацию, сертификацию, кадровые и финансовые барьеры. Эти проблемы могут временно снизить эффективность защиты, но их преодоление через предложенные рекомендации позволит не только достичь целей программы к 2025 году, но и повысить общую устойчивость национальной безопасности. Дальнейшее исследование должно включать мониторинг пилотных проектов для постоянной корректировки стратегии импортозамещения. Выводы подчеркивают необходимость межсекторного сотрудничества для обеспечения технологической суверенности.

4. Список литературы

[1] Иванов, И. И. Импортозамещение в сфере кибербезопасности: вызовы и решения / И. И. Иванов, А. Н. Петрова. — М. : Изд-во МГУ, 2024. — № 3. — С. 45—60.
[2] Сидоров, К. М. Проблемы сертификации отечественных средств защиты информации / К. М. Сидоров, Е. В. Иванов. — СПб. : Изд-во СПбГУ, 2023. — Т. 12. — С. 102–118.
[3] Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК). Отчет о состоянии информационной безопасности в РФ. — М. : ФСТЭК, 2024. — С. 15—30.
[4] Королев, В. К. Кадровый дефицит в отрасли ИБ: пути решения / В. К. Королев. — Екатеринбург : Изд-во УрФУ, 2024. — № 2. — С. 78—92.

DIFFICULTIES IN THE APPLICATION OF METHODS AND MEANS OF ENSURING THE SECURITY OF OBJECTS AND INFORMATION IN RUSSIAN FEDERATION ASSOCIATED WITH IMPORT SUBSTITUTION IN 2025

Stegney D. A.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, technical, organizational, and economic barriers, including the challenges of adapting domestic solutions, standardization and certification, human resources, and the impact of sanctions restrictions are discussed. Based on the research, the article provides practical recommendations for overcoming these difficulties in order to improve the efficiency of security systems and strengthen the country's technological independence.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ОБЩЕСТВЕННЫХ WI-FI СЕТЯХ

Гаенко И. В., Сметанина Т. И.
Научный руководитель: Сметанина Т. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ewan.gaenko@yandex.ru

Аннотация — В работе рассматривается проблема безопасности при подключении к общественным Wi-Fi сетям. Отмечается рост их популярности в связи с развитием цифровой инфраструктуры и нестабильной работой мобильной связи. Анализируются основные механизмы защиты беспроводных сетей: от первых стандартов Wired Equivalent Privacy (WEP) и Wi-Fi Protected Access (WPA) до современных средств шифрования трафика с использованием протокола Hyper Text Transfer Protocol Secure (HTTPS), или технологии Virtual Private Network. Подчеркивается уязвимость открытых сетей и возможность атак.

1. Введение

Подключение к общественным Wi-Fi сетям стало неотъемлемой частью современной жизни. По данным компании «TMT Консалтинг», на конец 2024 года количество общедоступных точек доступа выросло на 4,5 %, и эта тенденция сохраняет положительную динамику.

Особенно актуальным Wi-Fi становится в условиях нестабильной работы мобильной связи или ограничений в её использовании. В такие моменты именно беспроводные сети позволяют людям оставаться на связи, работать дистанционно и пользоваться онлайн-сервисами.

Однако вместе с удобством растёт и количество потенциальных рисков. Подключаясь к открытой сети, пользователь зачастую не задумывается о том, что его личные данные могут оказаться доступными для злоумышленников, поэтому вопрос безопасности общественных Wi-Fi сетей приобретает всё большую значимость.

2. Основная часть

Исторически безопасность в беспроводных сетях обеспечивалась с помощью встроенных механизмов. Так, в 1997 году был разработан первый стандарт защиты — Wired Equivalent Privacy (WEP), а в начале 2000-х появился более надёжный протокол — Wi-Fi Protected Access (WPA) в нескольких версиях. Эти технологии основаны на шифровании трафика с использованием специальных ключей и предполагают ввод пароля для подключения [1, 2].

В условиях общественных пространств такой подход неудобен, поэтому открытые сети часто функционируют без этих механизмов, и данные передаются в незашифрованном виде.

Вместе с тем шифрование на уровне Wi-Fi не является единственным способом защиты информации. Сегодня в интернете стандартом является использование протокола HTTPS — защищённой версии HTTP, работающей поверх Transport Layer Security/Secure Socket Layer (TLS/SSL). В случае перехвата HTTPS-трафика злоумышленник сможет увидеть только домен и IP-адреса отправителя и получателя, но содержимое сообщений останется зашифрованным и доступным лишь на сервере.

Тем не менее при контроле сети атакующий может попытаться подменить SSL/TLS-сертификат. Если пользователь проигнорирует предупреждение браузера и согласится продолжить работу, его данные окажутся под угрозой.

Для повышения уровня конфиденциальности рекомендуется использовать Virtual Private Network (VPN) или прокси-серверы с поддержкой шифрования.

Вкратце эти технологии позволяют создать безопасный канал связи между устройством и удаленным сервером.

В этом случае провайдер или владелец сети смогут зафиксировать только факт соединения с удалённым сервером, при этом содержание передаваемой информации и перечень посещаемых ресурсов будут зашифрованы.

3. Заключение

Общественные Wi-Fi сети обеспечивают удобный доступ к интернету, но при этом могут нести серьезные риски безопасности. Современные технологии защиты — HTTPS, TLS, VPN — позволяют снизить угрозы, однако полностью исключить их невозможно. Наибольшую угрозу в открытых Wi-Fi сетях представляет возможность организации «злой точки доступа», имитирующей легитимную сеть.

В этом случае у злоумышленника появляется наибольшее количество возможностей получить чужие данные.

Но даже так главным уязвимым звеном остаётся сам пользователь: игнорирование предупреждений и невнимательность чаще всего приводят к утечкам данных. Следовательно, безопасность в таких сетях достигается только при сочетании технических средств защиты и осознанного поведения пользователей.

4. Список литературы

[1] TMT Консалтинг. TMT-рейтинг Wi-Fi 2024 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://tmt-consulting.ru/wp-content/uploads/2025/09/TMT-рейтинг-Wi-Fi-2024.pdf.
[2] IT-World. Рынок общественных Wi-Fi сетей: рост и риски [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.it-world.ru/it-news/eh2tygzzer4s0gcs4888wgso0sc4owc.html.

SECURITY IN PUBLIC WI-FI NETWORKS

Gaenko I. V., Smetanina T. I.
Scientific advisor: Smetanina T. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, the problem of security when connecting to public Wi-Fi networks is considered. There is an increase in their popularity due to the development of digital infrastructure and unstable operation of mobile communications. The main mechanisms for protecting wireless networks are analyzed: from the first standards of Wired Equivalent Privacy (WEP) and Wi-fi Protected Access (WPA) to modern means of encrypting traffic using Hyper Text Transfer Protocol Secure (HTTPS), or Virtual Private Network technology. The vulnerability of open networks and the possibility of attacks are emphasized.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА И ОБНАРУЖЕНИЯ КИБЕРАТАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Лаврова Е. В., Ялына Р. А., Иванов Г. А.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Лаврова Е. В.
Приазовский государственный технический университет, филиал Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Россия
E-mail: UNIIT-PSTU@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрены подходы к синтезу моделей с использованием трансформерных архитектур и многослойных перцептронов (MLP). Приведены результаты тестирования системы на синтетических данных, включая оценку точности классификации и визуализацию процесса анализа. Показана возможность применения разработанной системы для автоматизации мониторинга и реагирования на современные киберугрозы.

1. Введение

Традиционные методы анализа сетевого трафика, такие как сигнатурный анализ и правила, эффективны для обнаружения известных атак, но не способны выявлять новые угрозы. В последние годы всё большее внимание уделяется методам машинного обучения, таким как деревья решений, SVM и кластеризация, а также глубокому обучению, включая рекуррентные и сверточные нейронные сети. Особое место занимают трансформеры, которые показывают высокую эффективность в обработке последовательностей и текстовых данных [1, 2].

2. Основная часть

Трансформерные модели, такие как BERT и GPT, успешно применяются в задачах классификации и генерации текстов. В контексте анализа сетевого трафика они позволяют эффективно анализировать временные последовательности и обнаруживать тонкие аномалии, что делает их перспективным инструментом для кибербезопасности.

Разработанная система включает несколько ключевых модулей:

— модуль предобработки и извлечения признаков: преобразует данные из pcap-файлов в структурированный формат, подходящий для анализа;

— модуль обучения трансформерной модели: использует задачу Masked Language Modeling (MLM) для адаптации модели к доменной специфике;

— модуль классификации: анализирует трафик и выявляет подозрительные активности на основе обученных моделей;

— модуль визуализации: предоставляет графическое представление результатов анализа, включая диаграммы угроз и автоматически генерируемые отчёты.

Эксперименты проведены на синтетических данных, имитирующих как различные типы атак, так и безопасный трафик.

Тестирование показало, что модель MLP выделяет аномальную активность, но испытывает трудности с дифференциацией некоторых типов атак, таких как SYN Flood и SSH Brute-force.

Результаты визуализированы с помощью гистограммы распределения вероятностей показанной на рис. 1. Эта визуализация наглядно иллюстрирует, насколько модель уверена в своих решениях по различным типам трафика — будь то нормальный или атакующий.

Гистограмма показывает распределение вероятностей для предсказанного класса — от значений близких к 0 (низкая уверенность) до 1 (максимальная уверенность):

— широкий и многопиковый характер распределения может сигнализировать о неустойчивости модели и неоднозначности признаков;

— чёткие пики около 1.0 свидетельствуют о высоком уровне уверенности и, возможно, хорошем качественном различении классов;

— значительное перекрытие распределений разных классов указывает на сложности с разделением некоторых типов атак и нормального трафика.

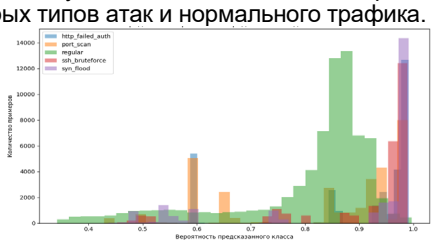


Рис. 1

3. Заключение

Использование трансформерных моделей и нейронных сетей обеспечивает масштабируемость и адаптивность системы, что позволяет оперативно реагировать на новые угрозы. Дальнейшие исследования направлены на улучшение точности классификации и расширение функционала системы за счёт развития архитектуры модели.

4. Список литературы

[1] Михайловский, С. Г. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения для обнаружения атак на информационную систему организации / С. Г. Михайловский // Технические средства защиты информации : матер. XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8 апр. 2025 г. — Минск : Белорус. гос. ун-тет информатики и радиоэлектроники, 2025. — С. 233—238.

[2] Щербаков, А. Е. Исследование применения искусственного интеллекта и машинного обучения в области кибербезопасности: техники обнаружения аномалий и предотвращения угроз / А. Е. Щербаков // Вопросы кибербезопасности. — 2023. — Т. 9. — С. 151—156.

INFORMATION SYSTEM FOR NETWORK TRAFFIC ANALYSIS AND CYBERATTACK DETECTION USING MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING METHODS

Lavrova E. V., Yalyna R. A., Ivanov G. A.
Scientific adviser: Lavrova E. V.
Priazovsky State Technical University — Branch of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia

Abstract — Approaches to the synthesis of models using transformer architectures and multilayer perceptrons (MLP) are considered. The results of system testing on synthetic data, including accuracy assessment and analysis process visualization, are presented. The possibility of applying the developed system for automating monitoring and response to modern cyber threats is demonstrated.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ПАРОЛЬНЫЙ СТРАЖ»

Гаража А. В., Маслова М. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Маслова М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Squar08@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрена разработка программы «Парольный Страж», предназначенной для повышения цифровой безопасности пользователей. Приведены функциональные возможности системы: проверка стойкости паролей, генерация надёжных паролей и их безопасное хранение с использованием современного шифрования.

1. Введение

В современных условиях цифровой безопасности особую актуальность приобретает проблема слабых и повторно используемых паролей. Миллионы аккаунтов ежегодно взламываются из-за использования ненадёжных паролей. Существующие менеджеры паролей часто имеют недостатки: сложность интерфейса, платность или уязвимости в облачном хранении. В данной работе представлена разработка программы «Парольный Страж», которая позволяет локально и безопасно управлять паролями.

2. Основная часть

Программа реализована на языке Python и состоит из трёх основных модулей, приведённых ниже.

Проверка пароля — анализирует введённый пароль на длину, наличие заглавных и строчных букв, цифр и специальных символов. На основе анализа присваивает паролю один из трёх уровней надёжности: «Слабый», «Средний», «Надёжный».

Генератор паролей — создаёт уникальные пароли заданной длины (рекомендуется от 16 символов) с обязательным включением всех категорий символов. Исключает использование словарных слов, последовательностей и повторяющихся паттернов [1].

Менеджер хранения паролей — сохраняет пароли в локальном файле в зашифрованном виде с использованием алгоритма шифрования Fernet (библиотека cryptography) [2]. Каждая запись включает название сайта, логин и зашифрованный пароль.

Для шифрования используется симметричный ключ, что обеспечивает высокий уровень безопасности при локальном хранении данных. Пользователь может просматривать сохранённые пароли только после ввода мастер-пароля.

Программа была протестирована на группе пользователей. Результаты показали, что более 40% участников начали использовать уникальные и сложные пароли после знакомства с программой.

3. Заключение

Разработанная программа «Парольный Страж» представляет собой эффективное решение для повышения уровня цифровой безопасности пользователей. Она сочетает простоту использования, современные методы шифрования и работу в офлайн-режиме. В перспективе планируется добавление графического интерфейса, интеграция с базами утечек паролей и реализация двухфакторной аутентификации.

4. Список литературы

[1] Anderson, R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems / R. Anderson. — Wiley, 2008.
[2] Официальная документация библиотеки cryptography для Python.

DEVELOPMENT OF THE PASSWORD GUARDIAN SOFTWARE APPLICATION

Garazha A. V., Maslova M. A.
Scientific adviser: Maslova M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The development of the "Parolny Stragh" program designed to enhance users' digital security is considered. The functional capabilities of the system are presented: password strength checking, generation of strong passwords, and their secure storage using modern encryption.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАЩИЩЕННОСТИ АРМ С ОС LINUX

Филатов Р. А., Константчук О. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: errorusername404@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрены существующие методики сканирования АРМ с ОС Linux и анализа конфигурации их системы защиты согласно нормативно-правовым документам ФСТЭК. Приведены результаты определения метода сканирования и системы мониторинга.

1. Введение

В условиях растущего количества атак на инфокоммуникационную инфраструктуру и ужесточения требований к системе защиты информации, приоритетной задачей становится обеспечение безопасности находящихся в составе информационной системы автоматизированных рабочих мест АРМ. ФСТЭК России устанавливает строгие требования к конфигурации устройств [1], при этом ручная проверка трудоемка и не всегда эффективна. В статье представлена концепция автоматизированной системы мониторинга защищенности АРМ с ОС Linux.

2. Основная часть

Для АРМ с ОС *Linux* предъявляются следующие требования: авторизация, получение и выдача привилегий, права доступа субъектов к объектам файловой системы и ядру *Linux* [1]. Разработанная система мониторинга производит анализ настроек АРМ с ОС *Linux* согласно данным рекомендациям.

Архитектура системы построена на основе трех компонентов: модуля сканирования, модуля анализа и веб-интерфейса, которые взаимодействуют между собой по принципу сквозного цикла, начиная от инициализации сканирования до создания отчета о проведенной работе системы. Веб-интерфейс является центральным элементом взаимодействия пользователя с разработанным ПО и обеспечивает аутентификацию и авторизацию пользователей, позволяет формировать и запускать задачи сканирования, передавая параметры проверки в модуль сканирования в виде *JSON*-пакета. Для запуска сканирования пользователь указывает IP-адрес АРМ, вводит аутентификационные данные администратора АРМ (логин и пароль) и выбирает один из шести профилей сканирования. Профили сканирования настроены для двух видов операционных систем — *AstraLinux SE* и *RED OS,* и трех категорий информационных систем: информационных систем персональных данных, государственных информационных систем и систем критической информационной инфраструктуры, что позволяет проводить сканирование под конкретные требования ФСТЭК России.

Модуль сканирования осуществляет удаленную проверку АРМ по сетевому протоколу *SSH* с использованием библиотеки *Paramiko,* реализованной на языке *python* [2]. Модуль производит подключение, и при успешном соединении с АРМ последовательно выполняет сбор данных о конфигурации операционной системы, изучая конфигурационные файлы, состояние служб и параметры модулей. Собранные данные сохраняются в формате *JSON*-пакета и передаются на вход модулю анализа для последующей их обработки.

Модуль анализа является ядром системы и отвечает за сопоставление конфигурационных значений проверенного АРМ с требованиями, представленными в профилях сканирования. На основе результатов данного анализа составляется отчет о проведенном сканировании, содержащий перечень соответствующих, несоответствующих и не определенных значениях конфигурационных параметров проверенной ОС, указывая также методы и способы исправления несоответствующих параметров.

Для проверки корректности работы разработанной системы было проведено тестирование на контрольной группе, состоящей из 5 АРМ с различными настройками ОС. Тестирование включало в себя проверку установления *SSH*-соединения с удаленной машиной, точности сбора данных, анализа данных и формирования итогового отчета. Результаты данного тестирования показали, что система корректно идентифицирует 98,7% несоответствий, заявленных в методическом документе ФСТЭК России, а 1,3% требуют дальнейшей калибровки шаблонов сканирования и анализа.

3. Заключение

Таким образом, была разработана система мониторинга защищенности АРМ с ОС Linux согласно нормативно-правовым документам ФСТЭК.

Определен и рассмотрен метод сканирования АРМ с ОС Linux с помощью подключения по сетевому протоколу ssh. Определены требуемые настройки для соответствия требованиям нормативно-правовых документов ФСТЭК и представлены результаты работы системы.

4. Список литературы

[1] Рекомендации по безопасной настройке операционных систем Linux : метод. документ от 25 декабря 2022 г. [Электронный ресурс] / ФСТЭК России. — Режим доступа: https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-25-dekabrya-2022-g (дата обращения: 11.09.2025)

[2] Работа с ssh в Python [Электронный ресрс] / Хабр. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/150047/ (дата обращения: 10.09.2025)

DEVELOPMENT OF A SECURITY MONITORING SYSTEM FOR WORKSTATIONS RUNNING LINUX

Filatov R. A., Konstanchuk O. A.
Scientific adviser: Devitsyna S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Existing methods for scanning ARM with Linux OS and analysing the configuration of their protection system in accordance with FSTEC regulatory documents are considered. The results of determining the scanning method and developing a monitoring system are presented.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЕБ-АТАК С ПОДДЕРЖКОЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СИГНАТУР НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА АХО-КОРАСИК

Толчин М. В., Осинина О. С., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: maxim.leb98@gmail.com, lesia.aspens@gmail.com, sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация — Предложена система обнаружения веб-атак на основе модифицированного алгоритма Ахо-Корасик с поддержкой пользовательских правил. Реализация обеспечивает линейную сложность обработки и параллельный анализ трафика в реальном времени.

1. Введение

Современные веб-приложения являются критически важным компонентом цифровой инфраструктуры, что делает их одной из основных целей кибератак. Так, согласно данным ГК «Солар», количество атак на веб-приложения российских компаний выросло в два раза по сравнению с аналогичным периодом 2024 года. В данной статье рассматривается разработка высокопроизводительной системы обнаружения веб-атак, которая решает указанные проблемы за счет реализации модифицированного алгоритма Ахо-Корасик.

2. Основная часть

Задача обнаружения веб-атак требует анализа содержимого сетевых пакетов на прикладном (7-м) уровне модели *OSI*, где оперируют такие протоколы, как *HTTP*. Это позволяет выявлять вредоносные паттерны непосредственно в теле запросов и ответов, например, в параметрах *URL*, заголовках или теле запросов.

С точки зрения реализации, поиск сигнатур атак в тексте *HTTP*-сообщения является классической задачей поиска подстроки. Однако уникальность веб-атак заключается в том, что для их описания часто требуется одновременный поиск не одной, а множества подстрок (сигнатур), которые могут быть разбросаны по разным частям пакета и иметь сложные взаимосвязи.

Для эффективного решения этой задачи с линейной сложностью $O(n + m)$, где n — длина текста, а m — суммарная длина всех шаблонов, был выбран алгоритм Ахо-Корасик. Данный алгоритм строит детерминированный конечный автомат (ДКА) на основе префиксного дерева (бора) и суффиксных ссылок. Бор хранит все искомые шаблоны, а суффиксные ссылки позволяют автомату продолжить поиск при несовпадении символа, минимизируя количество повторных проверок и гарантируя, что каждый символ текста будет обработан ровно один раз [1, 2].

Классический алгоритм предложено существенно модифицировать для поддержки сложных пользовательских правил. В отличие от простого поиска отдельных подстрок, правила позволяют описывать сложные атаки через комбинацию условий. Каждое правило включает набор сигнатур, порядок их обнаружения, области поиска для каждой сигнатуры и дополнительное регулярное выражение для финальной проверки.

Модификации алгоритма включают несколько ключевых аспектов. Для одновременной работы с сигнатурами, чувствительными и нечувствительными к регистру, автомат строится на основе приведенных к нижнему регистру версий сигнатур. При этом оригинальные значения сохраняются для последующей проверки. В процессе анализа текст также преобразуется в нижний регистр, что позволяет использовать единый автомат для всех типов сигнатур.

Важной особенностью является двухэтапная верификация найденных сигнатур. После первоначального обнаружения проводится дополнительная проверка: определяется принадлежность позиции обнаружения заданной области поиска, а для чувствительных к регистру сигнатур выполняется точное сравнение с оригинальным текстом.

Правило считается выполненным только при соблюдении всех условий: обнаружении всех сигнатур в заданной последовательности, соответствия областей поиска для каждой сигнатуры и успешного выполнения дополнительного регулярного выражения при его наличии.

Архитектура решения, реализованная на языке *Go*, обеспечивает параллельную обработку множества *HTTP*-сессий. Использование легковесных горутин позволяет эффективно распределять вычислительную нагрузку и обрабатывать большой объем трафика в реальном времени без потери производительности.

3. Заключение

Таким образом, разработанная система на основе модифицированного алгоритма Ахо-Корасик демонстрирует высокую эффективность для задачи сигнатурного анализа веб-трафика, обеспечивая возможность создания гибких пользовательских правил для обнаружения сложных атак, сохраняя при этом линейную сложность обработки и поддерживая параллельный анализ трафика для работы в высоконагруженных средах.

4. Список литературы

[1] Теория вычислений. Введение в конечные автоматы [Электронный ресурс] // Хабр. — Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/358304/

[2] Гринченко, А. С. Алгоритм Ахо-Корасик / А. С. Гринченко, Е. А. Самойлова // Междунар. науч.-технич. конф. молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В. Г. Шухова, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Часть 12. — Белгород : Белгородский гос. технологич. ун-тет им. В. Г. Шухова, 2023. — С. 114—121.

DEVELOPMENT OF A WEB ATTACK DETECTION SYSTEM WITH CUSTOM SIGNATURE SUPPORT BASED ON AHO-CORASICK ALGORITHM

Tolchin M. V., Osinina O. S., Devitsyna S. N.
Scientific adviser: Devitsina S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A system for detecting web attacks based on a modified Aho-Corasick algorithm with support for custom rules is proposed. The implementation ensures linear processing complexity and parallel real-time traffic analysis.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВУЗОВ: ПО ПУТИ К РУСИФИКАЦИИ ЦИФРОВЫХ РЕСУРСОВ

Степанов В. Г., Захаров А. А.
Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Захаров А. А.
Тюменский государственный университет, Россия
E-mail: v.g.stepanov@utmn.ru

Аннотация — Русификация цифровых ресурсов вузов - элемент технологического суверенитета. Анализируются правовые основы и преимущества перехода на отечественное ПО: снижение когнитивной нагрузки, соответствие ФГОС, подготовка кадров и безопасность.

1. Введение

Актуальность исследования обусловлена стратегическими задачами обеспечения технологического суверенитета и информационной безопасности России. Подписанные Президентом РФ В. Путиным 18 июня 2025 года законы «О защите русского языка» и «О формировании единого реестра российского программного обеспечения» создают правовые предпосылки для перехода образовательных учреждений на отечественные цифровые решения. Этот процесс напрямую связан с противодействием внешним угрозам: участившиеся кибератаки на вузы и глобальные инциденты демонстрируют уязвимость импортного ПО. Русификация как этап импортозамещения позволяет исключить риски использования иностранного программного обеспечения, обеспечивает контроль над содержанием и укрепляет кибербезопасность образовательной среды. Таким образом, она становится ключевым элементом в системе мер по защите государственных интересов, развитию национальной IT-отрасли и сохранению интеллектуального потенциала страны.

Цель работы — разработка комплексных предложений по русификации программного обеспечения в высших учебных заведениях для повышения эффективности образовательного процесса, обеспечения информационной безопасности и достижения технологического суверенитета.

2. Основная часть

Под термином «русификация» понимается комплексный процесс перехода высших учебных заведений на российское программное обеспечение. Это не только лингвистический перевод интерфейса, но и глубокая локализация, включающая адаптацию контента, учёт культурных особенностей, форматов данных и других нюансов. Цель такого подхода - создание интуитивно понятной и эффективной цифровой среды для пользователя. С точки зрения информационной безопасности тема широко освещена как зарубежными, так и российскими исследователями, такими как Ю.П. Игнатов [1], Р.Т. Алиев [2] и другие.

Глобальный сбой *Microsoft Windows* 19 июля 2024 года, вызванный ошибкой в обновлении *CrowdStrike*, привёл к коллапсу в работе авиакомпаний, аэропортов, банков и других критических инфраструктур по всему миру. Было отменено свыше 3700 рейсов и задержано более 33 000. Этот инцидент наглядно демонстрирует, что информационная безопасность напрямую влияет на все аспекты жизнедеятельности государства. Российские авиалинии, использовавшие отечественное ПО, избежали разрушительных последствий.

Для российских учебных заведений обеспечение информационной безопасности является критически важным. Статистика подтверждает растущие угрозы: по данным InfoWatch, число утечек данных в первом полугодии 2025 г. выросло на 20%, а согласно StormWall, количество DDoS-атак на вузы в конце июня 2025 г. увеличилось на 74% в годовом исчислении.

В этом контексте русификация ПО в вузах играет ключевую роль с нескольких точек зрения:

— снижение когнитивной нагрузки и повышение эффективности: понятный интерфейс на родном языке снижает когнитивную нагрузку, ускоряет освоение функционала и минимизирует ошибки, повышая продуктивность учебного процесса;

— соответствие нормативным и образовательным требованиям: внедрение отечественного ПО с русским интерфейсом является условием выполнения ФГОС и успешного прохождения аккредитации;

— формирование единого научно-технического пространства: развитие и унификация IT-терминологии на русском языке обеспечивает точность передачи знаний и закладывает основу для развития отечественной науки;

— укрепление информационной безопасности и цифрового суверенитета: локализация позволяет исключить риски, продемонстрированные глобальными сбоями, и обеспечить полный контроль над цифровым контентом;

— практическая подготовка кадров для национальной экономики: обучение на русифицированном ПО готовит выпускников к работе в реалиях российского IT-рынка, облегчая их адаптацию и способствуя технологической независимости страны.

3. Заключение

Таким образом, русификация ПО в вузах — это стратегическая мера, направленная на повышение качества образования, обеспечение кибербезопасности, развитие отечественной IT-отрасли и укрепление цифрового суверенитета России.

4. Список литературы

[1] Влияние цифровых технологий на когнитивные способности человека (обзор) / Ю. П. Игнатова, И. И. Макарова, В. П. Степаненко, А. А. Багдасаров // Психология. Психофизиология. — 2022. — Т. 15, № 4. — С. 72—83. — DOI: 10.14529/jpps220407

[2] Алиев, Р. Т. Интерфейс как зеркало: рефлексия индивидуального и коллективного / Р. Т. Алиев // Философия и культура. — 2024. — №. 3. — С. 82—97.

INFORMATION SECURITY IN UNIVERSITIES: ON THE WAY TO RUSSIFICATION OF DIGITAL RESOURCES

Stepanov V. G., Zakharov A. A.
Scientific adviser: Zakharov A. A.
Tyumen State University, Russia

Abstract — Russification of digital resources of universities is an element of technological sovereignty is considered. The legal foundations and advantages of switching to domestic software are analyzed: reducing cognitive load, compliance with the Federal State Educational Standard, personnel training and safety.

АКУСТИЧЕСКИЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ ИСТОЧНИКА ЗВУКА

Коренев Н. А., Паслён В. В.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Паслён В. В.
Донецкий национальный технический университет, Россия
E-mail: nikita-korenev@list.ru

Аннотация — Исследовано влияние двойной параболической акустической антенны на диаграмму направленности микрофона. Приведён способов увеличения дальности обнаружения объектов с помощью акустического обнаружителя.

1. Введение

Известно [1], что в основу работы акустических обнаружителей положен бинауральный эффект, и соединённые попарно четыре рупора позволяли производить пеленгование.

В докладе показан способ увеличения дальности обнаружения объектов за счёт применения двойной параболической акустической антенны (состоит из рефлектора и субрефлектора).

2. Основная часть

Синтез двойной параболической акустической антенны происходит в 4 этапа:

— моделирование распространения акустических волн в свободном пространстве;

— моделирование параболической антенны;

— моделирование двойной параболической антенны;

— сравнение и анализ полученных результатов моделирования.

Диаметр рефлектора составляет 52,0 см. Диаметр субрефлектора составляет 15,6 см. Фокусное расстояние для основного параболического зеркала равно 34 см, для малого зеркала — 10 см.

На рис. 1 представлена аппроксимированная зависимость звукового давления от частоты для свободного пространства (кривая 2), микрофона в фокусе параболического зеркала без субрефлектора (кривая 3) и микрофона в центре (кривая 1).

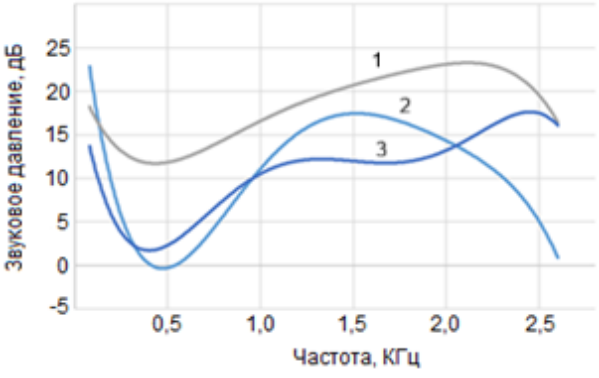


Рис. 1

Результаты моделирования свободного пространства служат начальными значениями для анализа свойств акустических антенн и определения их преимуществ.

Применение параболической акустической антенны увеличивает звуковое давление, которое может принять микрофон, но, согласно результатам моделирования, располагать микрофон необходимо в центре рефлектора.

Для двойной параболической акустической антенны наибольшее принятое микрофоном звуковое давление соответствует варианту взаимного размещения микрофона, рефлектора и субрефлектора, где фокусы зеркал совпадают, а микрофон расположен в центре рефлектора.

На рис. 2 показана зависимость звукового давления от частоты для трёх моделей: кривая 1 — двойная параболическая антенна, кривая 2 — простая параболическая акустическая антенна, кривая 3 — свободное пространство.

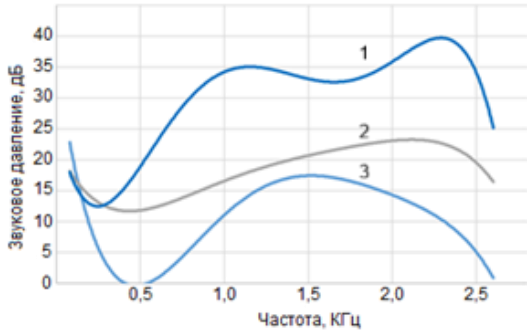


Рис. 2

Добавление субрефлектора увеличивает принимаемое звуковое давление на 10—15 дБ по сравнению с простой параболической антенной и на 15—20 дБ по сравнению с микрофоном, который расположен в свободном пространстве. Коэффициент усиления двойной параболической антенны составляет 20 дБ.

Для двойного параболической акустической антенны диаграмма направленности равна приблизительно от 21° на 2600 Гц до 85° на 80 Гц.

3. Заключение

В акустическом обнаружителе источников звука необходимо применять несколько типов микрофонов: направленные с двойной параболической антенной и всенаправленные (для обнаружения объектов по звуку с частотами до 1 кГц).

Таким образом, применение двойной параболической акустической антенны позволит увеличить дальность обнаружения объекта за счёт острой диаграммы направленности и коэффициента усиления около 20 дБ при минимальном воздействии на конструкцию.

4. Список литературы

[1] ВикиЧтение : Слепые разведчики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://fis.wikireading.ru/hPBRvVNbdj (дата обращения: 06.03.2025).

[2] Абалмазов, Э. И. Направленные микрофоны: мифы и реальность [Электронный ресурс] / Э. И. Абалмазов // Системы безопасности. — 1996. — № 4. — Режим доступа: http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=2&lvl=05.01.02.

ACOUSTIC SOURCE DETECTOR

Korenev N. A., Paslyon V. V.
Scientific adviser: Paslyon V. V.
Donetsk National Technical University, Russia

Abstract — The effect of a double parabolic acoustic antenna on the microphone's radiation pattern is studied. The ways of increasing the range of detection of objects using an acoustic detector are given.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОММЕРЧЕСКОЙ ТАЙНЫ

Зубов В. О., Филатов Р. А., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.,
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: sndevitsyna@sevsu.ru [б] errorusername404@yandex.ru fiftitrol@gmail.com

Аннотация — В статье представлен программный комплекс, направленный на предотвращение утечек коммерческой тайны от внутренних нарушителей. Предложенное решение реализует контроль доступа к конфиденциальным файлам, их маркировку, мониторинг действий пользователей и автоматическое реагирование на инциденты. Архитектура системы основана на клиент-серверной модели с использованием кроссплатформенных агентов. Проведено тестирование, включающее функциональные, нагрузочные и безопасностные проверки.

1. Введение

В условиях цифровизации и высокой конкуренции утечки коммерческой тайны становятся критическим риском для бизнеса.

Согласно аналитическим данным InfoWatch, более 60% всех инцидентов в России связаны с действиями сотрудников.

Традиционные средства защиты (антивирусы, файерволы, разграничение доступа) не способны в полной мере противостоять инсайдерам. Поэтому необходимы специализированные системы, способные контролировать действия легитимных пользователей и реагировать на нарушения в реальном времени.

2. Основная часть

Объектом исследования является информационная система организации, обрабатывающая конфиденциальные документы.

Цель разработки — создание приложения, предотвращающего утечку коммерческой тайны от внутренних нарушителей.

Система реализована по клиент-серверной архитектуре. Основные компоненты:

— клиентский агент (Windows/Linux) — фиксирует действия пользователей; сервер мониторинга (FastAPI, Python) — анализирует события, применяет политики и регистрирует нарушения [1];

— база данных (PostgreSQL) — хранит информацию о действиях и инцидентах [2];

— веб-интерфейс администратора (React) — управление пользователями, политиками и журналами;

— система уведомлений (Telegram Bot API) — мгновенное оповещение службы ИБ.

Агенты отслеживают операции с файлами и передают данные на сервер.

Сервер проверяет соответствие политике безопасности, сохраняет события в базе данных и, при нарушении, генерирует уведомления.

Администратор через веб-интерфейс может анализировать инциденты, изменять политики и управлять доступом.

Для проверки работоспособности системы были разработаны тест-кейсы трёх категорий:

— функциональные — фиксация действий пользователей, корректность уведомлений;

— безопасностные — устойчивость к завершению агента [3], SQL-инъекциям, подмене событий;

— нагрузочные — обработка более 1000 событий в минуту, работа с десятками агентов одновременно.

Результаты показали высокую надёжность, устойчивость к сбоям и эффективность предотвращения утечек.

3. Заключение

Разработанное приложение решает задачу защиты коммерческой тайны в условиях внутренних угроз.

Оно сочетает мониторинг действий сотрудников, гибкую систему политик и автоматическое реагирование.

Ключевые преимущества решения: кроссплатформенность, модульность, расширяемость и соответствие российским реалиям (поддержка Astra Linux, интеграция с отечественными стандартами ИБ).

Таким образом, система может быть внедрена в организациях с ограниченными ресурсами для повышения уровня информационной безопасности и снижения рисков утечек.

4. Список литературы

[1] Микросервис на Python + FastAPI [Электронный ресурс] // Хабр. — Режим достпа: https://habr.com/ru/articles/799337/

[2] Работа с PostgreSQL в Python [Электронный ресурс] / Khashtamov. — Режим доступа: https://khashtamov.com/ru/postgresql-python-psycopg2/

[3] Осипенко, Н. Б. Тестирование программного обеспечения: практическое руководство / Н. Б. Осипенко. – Гомель : ГГУ, 2015. — С. 10—19.

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR PROTECTION OF COMMERCIAL SECRETS

Zubov V. O., Filatov R. A., Devitsyna S. N.
Scientific adviser: Devitsyna S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, a software package aimed at preventing leaks of trade secrets from internal intruders is presented. The proposed solution implements access control to confidential files, their labeling, monitoring of user actions and automatic incident response. The system architecture is based on a client-server model using cross-platform agents. Testing has been carried out, including functional, load and safety checks.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСТКВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Тверезый В. Э., Сагалаев А. В.
Научный руководитель: Сагалаев А. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: Trezzzvost@yandex.ru

Аннотация — Проводится сравнительный анализ уровней безопасности и требуемых вычислительных ресурсов популярных криптографических алгоритмов классического и постквантового типов.

1. Введение

Современные достижения в области создания квантовых вычислительных машин ставят под вопрос безопасность традиционных криптосистем, таких как RSA и схемы на основе эллиптических кривых (далее ECC). Серьезной угрозой выступает алгоритм Шора, способный эффективно решать задачи факторизации и дискретного логарифмирования, что существенно снижает уровень защиты классических криптографических методов [1].

2. Основная часть

Классическая и постквантовая криптография отличаются фундаментальными принципами и уровнем защиты в контексте современных и будущих угроз. Классические криптографические алгоритмы, такие как RSA, Диффи-Хеллман и ECC, обеспечивают безопасность на основе вычислительной трудности задач факторизации больших чисел или дискретного логарифмирования.

Постквантовые системы базируются на математических задачах, которые считаются сложными не только для классических, но и для квантовых вычислительных платформ. Среди таких направлений выделяются алгоритмы, основанные на решетках, теории кодов исправления ошибок и криптографии на основе хеш-функций. Алгебраические решетки заслуживают особого внимания из-за их высокой математической сложности, что обеспечивает как надежную защиту, так и приемлемую производительность.

Значительный прогресс отмечен благодаря усилиям международных организаций, таких как NIST, которые официально утвердили стандарты постквантового шифрования (FIPS 203, 204, 205), охватывающие протоколы инкапсуляции ключей и цифровой подписи [2]. Несмотря на эти достижения, остаются задачи, связанные с усилением доверия к безопасности алгоритмов, разработкой новых гибких криптосистем и их интеграцией в существующую инфраструктуру.

Особое внимание уделяется защите от атак по побочным каналам, которые представляют собой косвенные подходы к компрометации ключей без непосредственного взлома алгоритмов. Внедрение постквантовых решений уже началось, и организации, которые своевременно начнут миграцию, смогут обеспечить устойчивую защиту данных в долгосрочной перспективе.

Сравнения криптостойкости и вычислительных усилий для FIPS 203 и ECC приводится в таблице 1.

Сравнение алгоритмов из таблицы показывает явные различия в назначении, характеристиках и применении классических и постквантовых криптографических систем. ECC характеризуются короткими ключами и меньшими вычислительными издержками, что делает их идеальными для ограниченных по ресурсам систем.

Таблица 1

Алгоритм	Уровень безопасности (бит)	Вычислительные усилия	Устойчивость к квантовым атакам
ECC P-256	128	1	Нет
ECC P-384	192	2	Нет
ECC P-521	256	3	Нет
FIPS 203 Kyber	128	5	Да
FIPS 203 Dilithium	128	5	Да

Алгоритмы FIPS 203 требуют больших ключей и более мощных вычислений, что усложняет их внедрение, но обеспечивает надежную защиту в условиях будущих квантовых угроз.

3. Заключение

Таким образом, если задача — обеспечить быстрый, эффективный и проверенный метод защиты для текущих систем, классические ECC-алгоритмы остаются предпочтительными. Но при необходимости долгосрочной перспективной безопасности, особенно в свете приближающейся эры квантовых компьютеров, имеет смысл переходить к постквантовым алгоритмам из FIPS 203, несмотря на увеличение затрат на ресурсы [3].

4. Список литературы

[1] Алексеев, Е. В. Постквантовая криптография : проблемы и перспективы / Е. В. Алексеев // КриптоПро. — М., 2024. — 18 с.

[2] Национальный институт стандартов и технологий США (NIST). Постквантовые криптографические стандарты FIPS 203, 204, 205, 2024. — 73 с.

[3] Даншин, А. В. Безопасность и защита данных в облачных технологиях / А. В. Даншин, С. Н. Девицына // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — № 7. — 2024. — С. 206.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF POST-QUANTUM CRYPTOGRAPHY FOR ENSURING INFORMATION SECURITY IN THE CONTEXT OF THE DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPUTING

Tverezy V. E., Sagalaev A. V.
Scientific adviser: Sagalaev A. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — A comparative analysis of the security levels and required computational resources of popular classical and post-quantum cryptographic algorithms is conducted.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ БИОМЕТРИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Богачева Д. В., Пелись В. В.
Научный руководитель: Пелись В. В.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: dbogachevaaa15@gmail.com

Аннотация — Рассмотрены возможности применения поведенческой биометрии для повышения защиты корпоративных систем. Отмечена важность непрерывной аутентификации и обнаружения мошенничества на основе поведенческих данных. Проанализированы основные преимущества и ограничения технологии.

1. Введение

В условиях роста киберугроз традиционные методы аутентификации теряют эффективность. Биометрия, основанная на уникальных поведенческих паттернах пользователя, становится перспективным направлением для защиты корпоративных систем.

2. Основная часть

Задача исследования — оценить потенциал поведенческой биометрии как средства защиты корпоративных систем, выявить ключевые методы и технологии, а также проанализировать их практическое применение.

Существуют следующие методы поведенческой биометрии [1—3]:

— динамика набора текста (Keystroke Dynamics);
— анализ движений мыши (Mouse Dynamics);
— анализ походки (Gait Analysis);
— распознавание голоса (Voice Recognition);
— анализ подписи (Signature Analysis).

Поведенческая биометрия находит применение в различных областях корпоративной безопасности:

— обнаружение мошенничества: а банковской сфере и электронной коммерции поведенческая биометрия используется для выявления мошеннических транзакций;

— управление инсайдерскими угрозами: анализ поведения сотрудников позволяет выявлять подозрительную активность, которая может указывать на внутренние угрозы.

В период 2023—2025 годов российская компания ID Finance продолжила развитие и внедрение системы поведенческой биометрии, успешно применяя ее для защиты корпоративных и финансовых сервисов. Современные интеграции позволили повысить точность распознавания пользователей до 98,3%, а также ускорить процесс идентификации.

Благодаря адаптивному машинному обучению система эффективно выявляет мошеннические и подозрительные действия в реальном времени, снижая финансовые потери.

Использование поведенческой биометрии позволило компании сократить операционные расходы на верификацию клиентов более чем на 30% и повысить уровень безопасности клиентских данных с 2023 года до настоящего времени.

Преимущества и недостатки метода приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Преимущества	Недостатки
Повышенная безопасность: Паттерны поведенческой биометрии сложнее подделать, чем статические биометрические данные или пароли	Сложность внедрения: требуются специализированное оборудование и программное обеспечение
Непрерывный мониторинг: Возможность отслеживать активность пользователя в реальном времени	Защита данных: необходимо обеспечивать надежное хранение и шифрование собранных биометрических данных
Удобство для пользователя: Аутентификация происходит в фоновом режиме и не дополнительных действий	Возможность ошибок: существует вероятность ложных срабатываний или отказов в доступе
Возможность диагностики: При наличии накопленных данных система может использоваться для оценки состояния оператора, что повышает ценность метода в корпоративных системах	Влияние состояния человека: Биометрический почерк может изменяться в зависимости от состояния оператора. Если эта особенность не учитывается, система может не распознать пользователя, что требует введения дополнительных авторизационных данных

3. Заключение

Поведенческая биометрия доказала свою эффективность как современный инструмент защиты корпоративных систем. Она обеспечивает непрерывную аутентификацию и высокую точность выявления угроз.

4. Список литературы

[1] Долганова, О. И. Варианты использования Единой биометрической системы как инструмента доступа к цифровому профилю гражданина / О. И. Долганова, Д. А. Чистякова // Бизнес-информатика. — 2022. — № 3. — С. 3—11.

[2] Довгаль, В. А. Анализ перспективных методов поведенческой биометрии для аутентификации пользователей / В. А. Довгаль, Д. В. Довгаль // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2017. — № 1. — С. 1—3.

[3] Винокуров, А. В. Биометрические системы идентификации в кредитных организациях как инструмент противодействия мошенничеству / А. В. Винокуров // Деньги и кредит. — 2016. — № 1. — С. 1—5.

APPLICATION OF BEHAVIORAL BIOMETRICS TO PROTECT CORPORATE SYTEMS

Bogacheva D. V., Pelis V. V.
Scientific adviser: Pelis V. V.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The possibilities of using behavioral biometrics to enhance the protection of corporate systems are considered. The importance of continuous authentication and fraud detection based on behavioral data was noted. The main advantages and limitations of the technology are analyzed.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В ЗАЩИЩЕННОМ ИСПОЛНЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЗДИСКОВЫХ КЛИЕНТОВ

Скидан П. В., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: qsnpoll@yandex.ru

Аннотация — Рассмотрены ключевые проблемы проектирования автоматизированных систем в защищенном исполнении на базе бездисковых клиентов (тонких клиентов). Предложена архитектура решения, интегрирующая механизмы доверенной загрузки, контроля целостности, избыточности серверной инфраструктуры и резервирования каналов связи для создания отказоустойчивой и безопасной системы.

1. Введение

Современные системы защиты от несанкционированного доступа всё чаще используют централизованные подходы к хранению и обработке данных. Одним из таких решений являются тонкие клиенты (ТК) — устройства с минимальной вычислительной мощностью, где вся основная логика работы выполняется на защищённых серверах. Преимуществом такой архитектуры является существенное усложнение задачи утечки информации, так как на рабочих местах не хранятся критичные данные. Однако проектирование подобных систем сопряжено с комплексом проблем, лежащих в плоскостях информационной безопасности (ИБ) и технической реализации. В работе проводится анализ этих проблем и предлагаются практические пути их решения для построения отказоустойчивой и защищенной автоматизированной системы.

2. Основная часть

Ключевой проблемой в проектирование, защищённой систем на основе бездисковых клиентов, является обеспечение доверия к серверу загрузки, где злоумышленник может осуществить атаку "человек посередине» (MITM-атаку) путём подмены DHCP/DNS-ответов в локальной сети, перенаправив загрузчик тонкого клиента на контролируемый злоумышленником сервер загрузки с вредоносным образом операционной системы (ОС). Для защиты возможно воспользоваться механизмами доверенной загрузки (PXE Secure Boot) с цифровыми сертификатами для аутентификации сервера. Организовать изоляцию сетевых сегментов (VLAN), что исключает возможность несанкционированного доступа к трафику загрузки.

Не менее важна проблема целостности образов ОС, компрометация которых приводит к масштабному заражению всех клиентов. Решение включает контроль целостности через криптографические хэш-суммы, а также использование принципов неизменяемой инфраструктуры (Immutable Infrastructure), это гарантирует, что образы после развертывания не подвергаются модификации, а заменяются новыми верифицированными версиями через механизмы автоматического обновления.

Для минимизации инсайдерских угроз и случайных действий пользователя реализуется политика минимальных привилегий с загрузкой неизменяемых образов, блокировкой USB-портов и ограничением прав на установку программного обеспечения (ПО) и записи данных на отчуждаемые носители. Все пользовательские сессии запускаются в контролируемом окружении терминальных серверов или в виртуальной среде (VDI).

Технические проблемы рассматриваемого решения заключаются в пропускной способности каналов связи. Размер эталонного образа напрямую влияет на время загрузки и производительность сети. Крупные образы создают нагрузку на каналы связи, особенно при одновременной загрузке множества клиентов. В качестве решения используются методы дедупликации и кэширования образов совместно с оптимизацией размера ОС через минимизацию размера дистрибутива и вынос пользовательских данных и профилей в распределенные сетевые хранилища с репликацией между узлами.

Критическая зависимость от доступности канала требует создания избыточной серверной инфраструктуры с локальными зеркалами и резервными защищённых каналами связи на базе технологии, использующей ПО для управления и оптимизации широкополосных сетей (WAN).

Для распределенных организаций исключительно централизованная модель ТК нежизнеспособна, поэтому предлагается гибридная архитектура с мастер-серверами в центре обработки данных и подчиненными серверами в филиалах, обеспечивающая автономность при обрывах магистральных каналов.

Кроме того, внедряется система непрерывного мониторинга целостности всех компонентов с использованием SIEM-решений, которые отслеживают аномалии в режиме реального времени и автоматически инициируют процедуры восстановления при обнаружении компрометации, с уведомлением сотрудников подразделения ИБ.

3. Заключение

Таким образом, техническая реализация предусматривает оптимизацию сетевой нагрузки через дедупликацию и кэширование, создание распределённой инфраструктуры с локальными зеркалами и резервированием каналов. Предложенная гибридная архитектура обеспечивает баланс между централизованным управлением и автономностью филиалов.

DESIGNING AN AUTOMATED SYSTEM IN A SECURE DESIGN USING DISKLESS CLIENTS

Skidan P. V., Devitsyna S. N.
Scientific adviser: Devitsyna S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The key problems of designing automated systems in a secure design based on diskless clients (thin clients) are considered. The architecture of the solution is proposed, integrating the mechanisms of trusted boot, integrity control, redundancy of the server infrastructure and redundancy of communication channels to create a fault-tolerant and secure system.

ВЫЯВЛЕНИЕ COMMAND-AND-CONTROL КАНАЛОВ В ЗАШИФРОВАННОМ ТРАФИКЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МЕТАДАННЫХ ПАКЕТОВ

Гелеверя Н. В., Маврин С. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Маврин С. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: natashageleverya@gmail.com

Аннотация — Рассмотрен процесс обнаружения скрытых каналов управления (Command-and-control, C2) в условиях шифрования сетевого трафика. Описана разработка модуля на языке программирования Python, реализующего методы анализа метаданных пакетов, эвристик DNS, временных закономерностей (beaconing) и контентного анализа.

1. Введение

Использование шифрования в сетевых коммуникациях создаёт условия для скрытого образования Command-and-control (C2) каналов, маскируя их под легитимный трафик, что значительно снижает эффективность работы традиционных методов анализа содержимого пакетов. В таких условиях целесообразно использовать анализ метаданных и поведенческих характеристик сетевых соединений. Целью работы является разработка программного модуля для выявления C2 каналов на основе анализа структуры соединений, частоты обращений и заголовков ответов серверов без необходимости дешифрования трафика.

2. Основная часть

Реализация модуля выполнена на языке Python с использованием инструментов сетевого анализа и обработки данных. В его основу положено несколько подходов. Анализ отпечатков (fingerprinting) TLS применяется для выявления подозрительных соединений по параметрам зашифрованных сессий, что позволяет обнаруживать нестандартные библиотеки без дешифровки трафика. Для этих целей используется библиотека scapy, которая обеспечивает доступ к полям TLS handshake. Анализ DNS запросов реализован с помощью dnspython, что позволяет выявлять динамически сгенерированные домены (DGA) или аномальные поддомены среди легитимных обращений. Для фиксации регулярных временных закономерностей используется beaconing detection, при котором статистическая обработка и анализ временных рядов выполняются средствами pandas и numpy, что помогает отличать автоматизированные соединения от пользовательских. Завершающим элементом выступает анализ содержимого с использованием библиотек re и BeautifulSoup, обеспечивающий извлечение ключевых фраз и аномальных HTTP-заголовков, указывающих на возможное использование ресурса в качестве панели управления ботнетом. Подобные методы описываются также в исследованиях по динамике P2P-ботнетов и их эвристическому выявлению [1].

В процессе сканирования модуль обрабатывает как одиночные IP-адреса, так и списки. Для каждого ресурса формируется запись, включающая статус угрозы, IP-адрес, порт, страну и заголовок страницы. Результаты выводятся в виде таблицы, удобной для интерпретации и последующего анализа.

Модуль поддерживает многопоточную обработку, что ускоряет работу при проверке десятков и сотен адресов. Конфигурация вынесена в отдельный файл формата JSON, что позволяет изменять набор анализируемых параметров и адаптировать алгоритм под конкретные сценарии.

На рисунке 1 показан пример сканирования для определения наличия C2-каналов.

```
Результаты сканирования:
================================================================================
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| Статус    | IP адрес        |  Порт | Страна  | Заголовок         |
+===========+=================+=======+=========+===================+
| ОБНАРУЖЕН | 192.168.1.10    |   443 | RU      | C2 Command Panel  |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | 192.168.1.20    |    80 | US      | Safe Website      |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | c2.example.com  |    80 | US      | Safe Website      |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ОБНАРУЖЕН | safe.com        |   443 | RU      | Admin Portal      |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | 10.0.0.5        |    80 | DE      | Corporate Intranet|
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | malware.net     |    80 | NL      | Blog Homepage     |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ОБНАРУЖЕН | test.org        |   443 | RU      | C2 Dashboard      |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | panel.hacker.io |    80 | US      | Control Center    |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ЧИСТО     | gooddomain.net  |    80 | FR      | Safe Website      |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
| ОБНАРУЖЕН | evil-server.cc  |   443 | RU      | Exploit Kit Panel |
+-----------+-----------------+-------+---------+-------------------+
================================================================================
Всего обнаружено: 4 потенциальных C2 серверов
```

Рис. 1

В отличие от решений, ориентированных преимущественно на анализ содержимого пакетов, предложенный подход безопасен, масштабируем и позволяет выявлять C2 каналы при полном шифровании полезной нагрузки.

3. Заключение

Таким образом, реализован модуль, способный выявлять потенциальные C2 каналы в зашифрованном трафике на основе анализа метаданных и поведенческих признаков. Использование методов TLS fingerprinting, DNS-эвристик, beaconing и контентного анализа обеспечивает надежное выявление подозрительных соединений без дешифрования данных. Инструмент демонстрирует гибкость применения, возможность интеграции с другими системами кибербезопасности и эффективность для раннего обнаружения инфраструктуры атакующих.

4. Список литературы

[1] Insights into peer-to-peer botnet dynamics: reviewing emulation testbeds and proposing a conceptual model / M. Parthipan // Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. — 2025. — P. 2077—2096.

IDENTIFICATION OF COMMAND-AND-CONTROL CHANNELS IN ENCRYPTED TRAFFIC BASED ON PACKET METADATA ANALYSIS

Geleverya N. V., Mavrin S. A.
Scientific adviser: Mavrin S. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The process of detecting hidden control channels (Command-and-control, C2) in conditions of network traffic encryption is considered. The development of a module in the Python programming language that implements methods for analyzing packet metadata, DNS heuristics, temporal patterns (beaconing), and content analysis is described.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН УТЕЧЕК ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ

Зубов В. О., Константчук О. А., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: olesik.list@gmail.com

Аннотация — Проанализированы причины утечек и проблемы защиты персональных данных в медицинской сфере, предложены пути их решения, такие как новые правила обезличивания данных, предусмотренные нормативными актами. Особое внимание уделено сравнительному анализу старого и нового подходов к обезличиванию персональных данных.

1. Введение

Цифровизация здравоохранения значительно облегчает работу медиков и взаимодействие между организациями, но, вместе с тем, и создаёт новые риски, связанные с возможными утечками персональных данных пациентов. За первое полугодие 2025 года количество утечек данных в российских медицинских учреждениях выросло на 16,7% по сравнению с прошлым годом, а страна заняла второе место в мире по данному показателю [1].

2. Основная часть

Одной из причин утечек данных является низкая квалификация сотрудников медицинских учреждений в вопросах информационной безопасности. Многие работники недооценивают важность соблюдения принципов защиты данных, допускают ошибки при обращении с информацией, не соблюдают должным образом требования нормативных актов и игнорируют предупреждения о возможных последствиях халатного отношения к данным пациентов.

Другой важной проблемой является ограничение набора обезличиваемых данных, заданное старым порядком обезличивания, установленным приказом Минздрава России № 341н от 14.06.2018 №341Н «Об утверждении порядка обезличивания сведений о лицах, которым оказывается медицинская помощь, а также о лицах, в отношении которых проводятся медицинские экспертизы, медицинские осмотры и медицинские освидетельствования». Ранее применялась методика частичного обезличивания, которая оказалась недостаточной для надежной защиты данных пациентов. Решение этих проблем возможно через применение обновленных правил обезличивания персональных данных и усиление мер информационной безопасности.

1 сентября 2025 года вступил в силу приказ Минздрава России № 139н «Об утверждении Порядка обезличивания сведений о лицах, которым оказывается медицинская помощь, а также о лицах, в отношении которых проводятся медицинские экспертизы, медицинские осмотры и медицинские освидетельствования», который пришел на замену приказу № 341н от 14.06.2018. Рассмотрим различия приказов.

Основной задачей приказа № 341н было обеспечение сохранности персональных данных пациентов посредством простых методов, таких как частичное удаление отдельных полей информации. Этот документ определял базовые принципы защиты данных, однако не предполагал значительных технологических инноваций и масштабного внедрения цифровых решений.

Новый приказ № 139н кардинально меняет ситуацию. Во-первых, он направлен не только на сохранность данных, но и на повышение эффективности электронного обмена информацией между различными системами здравоохранения. Изменился сам подход к составу обезличиваемых данных. Если раньше речь шла лишь о базовых полях, таких как ФИО, паспортные данные и история болезней, то теперь список существенно расширился. По новым требованиям подлежат обезличиванию не только стандартные элементы, но и другие важные категории, такие как информация о медицинских осмотрах, обследовании и результатах лечения. Это делает возможным формирование более полной картины состояния здоровья пациентов, сохраняя при этом их право на приватность. Что касается требований к самим процедурам обезличивания, то они стали намного строже. Вместо общих рекомендаций и формальных инструкций появились строгие технические стандарты и конкретные инструкции по реализации различных механизмов защиты данных. Новые нормы включают введение уникальных идентификаторов, применение специальных алгоритмов шифрования и ведение специализированных баз данных, обеспечивающих безопасный доступ к обезличенным сведениям [2].

3. Заключение

В результате исследования выявлено, что частыми причинами утечек ПДн пациентов являются недостаточность профессиональных знаний сотрудников, техническая отсталость и устаревшие методики обезличивания. Предложено решение проблемы путем реализации современных методов обезличивания персональных данных пациентов.

4. Список литературы

[1] InfoWatch: медучреждения России попали в тройку лидеров по числу утечек ПДн в мире [Электронный ресурс]. — Режим доступ: https://telecomdaily.ru/news/2025/08/14/infowatch-meduchrezhdeniya-rossii-popali-v-troyku-liderov-po-chislu-utechek-pdn-v-mire (дата обращения 30.08.2025).

[2] Авдикова, В. А. Алгоритм разработки подсистемы защиты персональных данных специальной категории в медицинском учреждении / В. А. Авдикова, С. Н. Девицына // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. — 2023. — № 6. — С. 229.

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF LEAKS OF PERSONAL DATA OF PATIENTS

Zubov V. O., Konstanchuk O. A., Devitsyna S. N.
Scientific adviser: Devitsyna S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The causes of leaks and issues related to the protection of personal data in the medical field have been analyzed, and solutions have been proposed, such as new rules for data anonymization provided by regulatory acts. Special attention is given to the comparative analysis of old and new approaches to the anonymization of personal data.

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ВЕБ-САЙТОВ ОТ УТЕЧКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Герасёва А. А., Москвитина Е. В., Ожиганова М. И.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Ожиганова М. И.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: annn.ger@mail.ru, moskvitina2004@bk.ru

Аннотация — В данной статье рассмотрены методы защиты веб-сайтов от утечки ПДн, которые соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации.

1. Введение

В современном мире работу многих компаний сложно представить без использования веб-ресурсов. Однако, в связи с ростом веб-атак на российские домены, перед руководителями компаний стоит важный вопрос об обеспечении безопасности данных ресурсов, ведь злоумышленники могут не только парализовать работу предприятия, но и осуществить кражу персональных данных и другой информации ограниченного доступа.

2. Основная часть

Масштабы кибератак на российский бизнес продолжают расти. По данным сервиса WAF ГК «Солар» за 2024 год, количество веб-атак на российские домены возросло более чем в 4 раза — с 15 до 65 млн. инцидентов ежемесячно [1]. В том числе наблюдается рост утечки персональных данных (ПДн). По данным ЭАЦ ГК «InfoWatch» в 2024 году скомпрометировано 1,581 млрд записей ПДн, при этом значительную часть таких данных занимают пароли, логины, номера телефонов и адреса электронной почты [2]. Поскольку злоумышленники целенаправленно охотятся за аутентификационной информацией, защита систем аутентификации и баз данных веб-сайтов выходит на первый план. Защита веб-сайтов от утечки ПДн требует комплексного подхода, сочетающего технические и организационные меры защиты. При построении системы защиты веб-сайтов следует руководствоваться следующими документами: ФЗ № 152, приказ ФСБ России № 117, постановление Правительства РФ № 1119 и др.

Базовой технической мерой защиты, которая нейтрализует риски как при передаче данных, так и при хранении информации, является сквозное шифрование данных. При шифровании данных при передаче (in transit) обязательно: использование HTTPS с актуальными сертификатами TLS (1.2-1.3); отключение устаревших протоколов; настройка HSTS для принудительного HTTPS. Для шифрования при хранении на сервере или в базе данных (at rest) рекомендуется использование криптостойких алгоритмов, хранение ключей шифрования отдельно от данных, а также применение tokenization, то есть замена ПДн на токены, например, вместо хранения клиентского номера телефона, хранить его зашифрованный вид совместно с токеном для доступа [3].

Для обеспечения безопасности веб-ресурсов не менее важен строгий контроль доступа. Предприятиям рекомендована минимизация прав доступа и их регулярный аудит. Для сотрудников, имеющих доступ к ПДн, необходимо организовать многофакторную аутентификацию на основе TOTP, аппаратных ключей и/или биометрии. Для предотвращения несанкционированного доступа к ПДн необходимо организовать внедрение ролевого управления доступом, а также ведение детальных логов всех операций с данными.

С целью минимизации рисков при обработке ПДн нужно применять метод маскирования данных, что позволит обеспечить безопасное использование ПДн в тестовых и аналитических средах. Мониторинг и предотвращение вторжение в систему необходимо реализовать через SIEM и DLP-системы. Для защиты от скрытых угроз необходимо построение безопасной архитектуры и использование Dev. Для поиска уязвимостей на этапе разработки применяется автоматическое сканирование кода (SAST/DAST), а сегментация сред позволит защитить ПДн от случайного удаления или утечки во время тестирования.

Не стоит забывать и об организационных мерах защиты, например, о создании «Политики обработки ПДн на веб-ресурсе» и указании в договоре с заказчиком о необходимости соблюдения требований о защите ПДн. Компаниям необходимо проводить регулярное обучение персонала, а также ежегодные аудиты соответствия законодательству и тестирования на проникновение.

3. Заключение

Таким образом, российским компаниям необходимо регулярно проводить аудиты безопасности веб-сайтов. Для защиты ресурсов необходим комплексный подход, который включает в себя: шифрование данных, контроль доступа и аутентификацию, маскирование данных, безопасную архитектуру и DevSecOps, а также организационные меры защиты.

4. Список литературы

[1] Новости компании [Электронный ресурс] / InfoWatch. — Режим доступа: https://www.infowatch.ru/company/presscenter/news/rossiya-zanyala-vtoroye-mesto-po-kolichestvu-utechek-dannykh-v-mire (дата обращения: 25.08.2025).

[2] Новости компании [Электронный ресурс] / InfoWatch. — Режим доступа: https://www.infowatch.ru/company/presscenter/news/kolichestvo-slitykh-personalnykh-dannykh-v-dve-tysyachi-dvadtsat-chetvertom-godu-vyroslo-na-tret (дата обращения: 27.08.2025).

[3] Девицына, С. Н. Способы улучшения защищённости сервисов, использующих jwt-токены [Электронный ресурс] / С. Н. Девицына, П. В. Пилькевич, Е. В. Удод // Экономика. Информатика. — 2023. — Т .50, № 1. — Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=53739428 (дата обращения: 27.08.2025).

RELEVANT METHODS OF PROTECTING WEBSITES FROM PERSONAL DATA LEAKAGE

Geraseva A.A., Moskvitina E. V., Ozhiganova M. I.
Scientific adviser: Ozhiganova M. I.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the paper, methods for protecting websites from the leakage of personal data that comply with the requirements of the legislation of the Russian Federation are discussed.

АНАЛИЗ РИСКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕССАХ DEVSECOPS

Неруш А. В., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: nerush03@mail.ru, sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация — Представлены результаты исследования рисков использования искусственного интеллекта в процессах DevSecOps. Проведено экспериментальное исследование на моделях ChatGPT, Claude и CodeLlama. Выявлены небезопасные практики в сгенерированном ИИ коде, рассчитан интегральный рейтинг безопасности и сформирован отчет с технической и управленческой интерпретацией результатов.

1. Введение

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) и его трансформация в самостоятельное направление могут привести к определенным рискам. Согласно Artificial Intelligence Index Report 2025, в 2024 году ИИ использовали 78% компаний, при этом зафиксирован рост числа инцидентов, связанных с его внедрением, с единичных случаев в 2012 году до 233 в 2024 году [1]. По данным PT Expert Security Center, в IV квартале 2024 года общее количество атак увеличилось на 13% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, причем в более половине случаев причиной стало вредоносное ПО [2]. В этих условиях требуется разработка специализированного инструмента анализа рисков, интегрируемого в процессы DevSecOps, что и является целью исследования.

2. Основная часть

На основе анализа современных практик DevSecOps и распространенных уязвимостей (CWE, OWASP Top 10) была разработана система критериев для разбора структурированных файлов (Dockerfile, YAML). Критерии сфокусированы на анализе соответствия ряду правил, связанных с типичными уязвимостями: использование хардкодированных паролей, открытые порты, включённый режим отладки (debug=true), отсутствие комментариев и других признаков небезопасной конфигурации. Для каждого правила назначается вес, на основании которого формируется рейтинг безопасности кода.

Тестирование проводилось на трёх моделях искусственного интеллекта: ChatGPT, Claude и CodeLlama, с ограничением задачи до генерации Dockerfile и YAML-пайплайна. В результате была сформирована таблица с выявленными нарушениями и итоговыми рейтингами [3].

Таблица 1

Модель ИИ	Тип файла	Кол-во нарушений	Критические ошибки	Итоговый рейтинг (0–100)
ChatGPT	Dockerfile	2	1	72
ChatGPT	YAML	1	0	85
Claude	Dockerfile	1	0	88
Claude	YAML	2	0	80
CodeLlama	Dockerfile	3	2	60
CodeLlama	YAML	4	2	55

Как показывают результаты тестирования, наименее устойчивым к появлению небезопасных конфигураций оказался CodeLlama, особенно при генерации YAML-пайплайнов, где часто встречались хардкодированные учетные данные и отсутствие комментариев. ChatGPT показал средние результаты: ошибки встречались, но в большинстве случаев они не были критическими. Наиболее устойчивым к ошибкам оказался Claude, хотя в отдельных случаях имелись упрощённые конфигурации без явных механизмов защиты.

3. Заключение

Таким образом, предложенный метод позволяет формализовать процесс оценки рисков при использовании ИИ в DevSecOps и дает основание для принятия решений о допустимости внедрения конкретных ИИ-моделей в производственные процессы. С его помощью проведена проверка сгенерированного ИИ DevSecOps-кода на наличие типичных уязвимостей, сформирован количественный рейтинг безопасности и составлены отчёты по каждому из тестируемых ИИ. Условно-управленческая интерпретация результатов: CodeLlama может использоваться только для обучающих и тестовых целей, но не рекомендуется для генерации инфраструктурного кода, связанного с продакшеном. ChatGPT подходит для генерации документации и вспомогательных сценариев DevSecOps, при обязательной последующей проверке специалистом. Claude может частично применяться для генерации инфраструктурного кода, однако также требует дополнительной валидации.

4. Список литературы

[1] The 2025 AI Index Report [Электронный ресурс] / Stanford Human-Centered Artificial Intelligence (HAI). — Режим доступа: https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report (дата обращения: 09.09.2025).

[2] Актуальные киберугрозы: IV квартал 2024 года — I квартал 2025 года [Электронный ресурс] / Positive Technologies. — Режим доступа: https://www.ptsecurity.com/ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-iv-kvartal-2024-goda-i-kvartal-2025-goda/#id7 (дата обращения: 09.09.2025).

[3] Карцан, И. Н. Глубокое обучение искусственного интеллекта в бизнес-аналитике /, И. Н. Карцан, А. В. Неруш // Сборник материалов X Всерос. науч.-практич. конф., Москва, 7 нояб. 2024 г. — М. : ФГБНУ «Экспертно-аналитический центр», 2024. — С. 659—674.

DEVELOPMENT OF A RISK ANALYSIS TOOL FOR THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DEVSECOPS PROCESSES

Nerush A. V., Devitsyina S. N.
Scientific adviser: Devitsyina S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The results of a study of the risks of using artificial intelligence in DevSecOps processes are presented. An experimental study was conducted using ChatGPT, Claude, and CodeLlama models. Unsafe practices were identified in the generated AI code, an integrated safety rating was calculated, and a report was generated with a technical and managerial interpretation of the results.

ЗАЩИТА И АНАЛИЗ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ OSINT И КОНКУРЕНТНОЙ РАЗВЕДКИ

Устюжанинов Р. С., Тяжелов Р. С., Маслова М. А.
Научный руководитель: Маслова М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ustyuzhaninov.r@yandex.ru, snowdien1@gmail.com, mashechka-81@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены проблемы информационной безопасности и анализа данных в приложениях для разведки на основе открытых источников (OSINT) и конкурентной разведки.

1. Введение

В современном цифровом пространстве разведка на основе открытых источников (OSINT) и конкурентная разведка стали неотъемлемыми инструментами для бизнеса, аналитиков и государственных органов. По данным SpectrumData.ru, около 60% опрошенных компаний используют легальные методы разведки для предотвращения утечек персональных данных работников в сеть. Развитие облачных технологий усиливает доступность таких инструментов, но также увеличивает риски, связанные с безопасностью данных, как указано в исследованиях Масловой М.А. и Кузьминых Е.С., где подчеркиваются проблемы облачных сервисов, включая утечки данных и несанкционированный доступ [1].

Конкурентная разведка, как определено в статье [2], представляет собой комплекс мер по сбору и обработке данных из открытых источников для формирования управленческих решений, соблюдая закон и этические нормы.

2. Основная часть

Приложения для OSINT обрабатывают обширные объемы данных из открытых источников, таких как социальные сети и публичные реестры. В контексте конкурентной разведки, ключевым является соблюдение этических норм для избежания репутационных рисков и привлечения внимания государства [2, 3].

Дополнительные вызовы включают следующее.

Уязвимости в облачных средах. Использование облачных сервисов для хранения данных. Это повышает риски, связанные с конфигурацией и аутентификацией, как описано в анализе угроз облачных технологий [1].

Несанкционированный доступ и этические аспекты. В государственных применениях, таких как в МВД, важно отличать законный сбор от шпионажа, фокусируясь на открытых источниках [2].

Обработка и достоверность данных. Необходимость верификации информации для формирования управленческих решений, включая анализ пропаганды и контрпропаганды [2].

Для решения предлагается приложение с многоуровневой защитой, интегрирующее методы защиты от облачных рисков и принципы конкурентной разведки [4].

Приложение построено на микросервисной архитектуре с использованием облачных технологий, применяя концепцию «глубокой защиты» для минимизации уязвимостей. Оно включает в себя основные компоненты: механизм входа и регистрации, API-шлюз для обработки запросов, режимы поиска, сохранение результатов.

Рассмотрим их более детально.

Механизм входа и регистрации. Регистрация через секретный ключ, привязанный к HWID устройству, с дополнительной защитой от облачных рисков, шифрованием и многофакторной аутентификацией.

API-шлюз для обработки запросов. Маршрутизирует запросы к открытым базам, выполняя фильтрацию и мониторинг с использованием машинного обучения для выявления вредоносных запросов, аналогично методам защиты от угроз в облаке [1].

Режимы поиска: поиск по ФИО; расширенный поиск.

Сохранение результатов. Экспорт в защищенные форматы, с шифрованием данных для предотвращения утечек в облаке.

3. Заключение

В статье рассмотрены аспекты безопасности и анализа в приложениях для OSINT, интегрируя проблемы облачных сервисов и применение конкурентной разведки в государственных органах. Предложенная архитектура с HWID-регистрацией, API-шлюзом и многоуровневой защитой минимизирует риски, обеспечивая соответствие законам и этике. Такие меры необходимы в условиях роста угроз, способствуя эффективному сбору данных для управленческих решений.

4. Список литературы

[1] Маслова, М. А. Проблемы облачных сервисов и методы защиты от рисков и угроз / М. А. Маслова, Е. С. Кузьминых // Научный результат. Информационные технологии. — 2022. — Т. 7, № 3. — С. 14—22.

[2] Павлов, В. С. Использование методов конкурентной разведки в деятельности пресс-службы МВД / В. С. Павлов, М. А. Маслова // Научный результат. Информационные технологии. — 2023. — Т. 8, № 1. — С. 66—73.

[3] Что такое конкурентная разведка: методы, этапы, основные источники информации [Электронный ресурс] / SpectrumData. — Режим доступа: https://spectrumdata.ru/blog/proverka-soiskatelya/chto-takoe-konkurentnaya-razvedka-metody-etapy-osnovnye-istochniki-informatsii/ (дата обращения: 13.09.2025).

[4] Ахмадуллина, А. Р. Определение возможных рисков информационной безопасности при использовании методов OSINT в ходе проведения кибератак / А. Р. Ахмадуллина // Инженерные кадры — будущее инновационной экономики России. — 2024. — № 1. — С. 443—447.

PROTECTION AND DATA ANALYSIS IN APPLICATIONS FOR OSINT AND COMPETITIVE INTELLIGENCE

Ustyuzhaninov R. S., Tyazhelov R. S., Maslova M. A.
Scientific adviser: Maslova M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The problems of information security and data analysis in applications for open source intelligence (OSINT) and competitive intelligence are considered.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Ковязин Л. С., Мамбетов Н. Р., Маслова М. А.
Научный руководитель: Маслова М. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E–mail: interactstud@gmail.com, mashechka-81@mail.ru

Аннотация — Рассмотрены подходы к разработке универсальной онлайн–платформы для проведения виртуальных лабораторных и практических работ. Описаны ключевые компоненты системы, включающие интерактивные симуляции, обучающие модули и систему автоматической оценки. Приведены ожидаемые преимущества внедрения платформы в образовательный процесс, такие как повышение доступности практических навыков и снижение затрат на оборудование.

1. Введение

Современные тенденции в образовании, включая рост популярности дистанционных и гибридных форматов обучения, выявляют необходимость в создании эффективных инструментов для получения практических навыков. Традиционные лабораторные работы требуют наличия дорогостоящего оборудования, специально оборудованных помещений и прямого контакта студентов с преподавателем, что зачастую недоступно для образовательных учреждений в отдаленных регионах или для учащихся на дистанционных программах [1]. В данной работе предлагается подход к созданию комплексной интерактивной платформы, предназначенной для проведения виртуальных лабораторных и практических занятий.

2. Основная часть

Целью проекта является разработка универсальной онлайн-платформы, которая позволит студентам выполнять лабораторные работы в виртуальной среде, обеспечивая доступ к экспериментам независимо от географического положения и материально-технической базы учебного заведения.

Архитектура платформы включает следующие ключевые компоненты.

Модуль интерактивных симуляций. Основу платформы составляют точные 3D-модели и физические симуляторы для различных дисциплин (физика, химия, инженерия). Разработка симуляций ведется на основе современных игровых движков (таких как Unity или Unreal Engine), что позволяет достичь высокой степени визуализации и реалистичности физических процессов.

Обучающие модули. Каждая виртуальная лаборатория сопровождается встроенными инструкциями, теоретическими справками и контрольными вопросами для самостоятельной подготовки студента.

Система обратной связи и оценки. Платформа предусматривает автоматическую проверку хода и результатов эксперимента, формирование отчетов и выставление предварительной оценки. Преподаватель получает инструменты для удаленного мониторинга прогресса студентов и предоставления персональных комментариев.

Модуль интеграции. Для seamless–взаимодействия с существующей образовательной инфраструктурой платформа обеспечивает интеграцию с популярными системами управления обучением (например, Moodle) через стандартные протоколы (Learning Management System), позволяя автоматически передавать оценки и отслеживать активность.

Основным преимуществом предлагаемого подхода является централизованная и унифицированная среда. Это позволит значительно снизить затраты на закупку, обслуживание оборудования и расходных материалов, а также обеспечит безопасность при проведении опасных экспериментов.

План реализации проекта состоит из нескольких этапов:

— анализ требований и выбор стека технологий;

— разработка пилотного прототипа для одной дисциплины (например, механика или электричество);

— пользовательское тестирование и сбор обратной связи (от студентов и преподавателей);

— расширение функционала и библиотеки симуляций для других предметных областей;

— обучение преподавателей работе с платформой и запуск пилотной эксплуатации в нескольких вузах.

3. Заключение

Таким образом, разрабатываемая интерактивная платформа представляет собой современное решение для формирования практических компетенций в условиях цифровой трансформации образования. Ее внедрение позволит повысить качество и доступность практической подготовки студентов, обеспечит гибкость учебного процесса и создаст основу для развития новых образовательных методик.

4. Список литературы

[1] Маслова, М. А. Анализ и выявление положительных и отрицательных сторон внедрения дистанционного обучения / М. А. Маслова, Т. В. Лагуткина // Научный результат. Информационные технологии. — 2020. — Т. 5. — № 2. — С. 54—60.

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE PLATFORM FOR VIRTUAL LABORATORY AND PRACTICAL CLASSES

Kovyazin L. S., Mambetov N. R., Maslova M. A.
Scientific adviser: Maslova M. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Approaches to the development of a universal online platform for conducting virtual laboratory and practical work are considered. The key components of the system, including interactive simulations, training modules and an automatic assessment system, are described. The expected advantages of introducing the platform into the educational process are given, such as increasing the availability of practical skills and reducing equipment costs.

СПОСОБ ПРОВЕРКИ ПАРОЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА *k*-АНОНИМНОСТИ

Осинина О. С., Толчин М. В., Девицына С. Н.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Девицына С. Н.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: lesia.aspens@gmail.com, maxim.leb98@gmail.com, sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация — Рассматриваются современные методы проверки компрометации паролей через анализ хэшированных баз данных. Предложен способ использования принципа *k*-анонимности при интеграции с внешними *API* для обеспечения безопасности персональных данных. Разработанное решение повышает эффективность проверки паролей без раскрытия конфиденциальной информации.

1. Введение

В условиях активного развития технологий и цифровизации организаций учащаются случаи утечки данных. По данным *Cybernews*, в 2025 году была обнаружена одна из крупнейших утечек в истории — 16 млрд логинов и паролей, включая 455 млн записей, связанных с Россией. Возрастающее количество инцидентов требует разработки эффективных механизмов проверки паролей в публичных базах данных. Перспективным направлением являются методы криптографических преобразований, обеспечивающие безопасное взаимодействие с внешними сервисами через *API*. В статье рассматриваются современные подходы к проверке хэшированных паролей и анализируются особенности их интеграции со специализированными *API*.

2. Основная часть

Основу современных методов проверки паролей составляют алгоритмы криптографического хэширования. Среди наиболее распространенных алгоритмов следует выделить *SHA*-1, который обеспечивает высокую скорость обработки данных, несмотря на известные уязвимости к атакам поиска коллизий. Для задач проверки утечек именно *SHA*-1 остается наиболее востребованным, поскольку подавляющее большинство известных баз утечек используют этот алгоритм. В качестве более безопасных альтернатив рассматриваются *bcrypt* и *Argon*2, которые обеспечивают лучшую защиту от перебора за счет адаптивной сложности вычислений и устойчивости к *GPU*-атакам. Однако их применение ограничено необходимостью совместимости с существующими базами данных утечек [1].

Одним из методов обезличивания данных является анонимизация — полное удаление или замена всех прямых идентификаторов и обобщение уникальных значений. Таким методом является метод *k*-анонимности, в котором гарантируется, что каждая запись совпадает по *quasi*-идентификаторам хотя бы с *k*-1 другими.

Примером использования данного метода является его внедрение в сервисе *Have I Been Pwned*. Данный подход позволяет организовать проверку паролей без передачи полных хэш-значений внешним сервисам. Механизм работы включает несколько этапов: сначала на стороне клиента вычисляется SHA-1 хэш пароля, который затем разделяется на префикс (первые 5 символов) и суффикс (остальные символы). На сервер передается только префикс, в ответ на который клиент получает список всех хэшей с соответствующим префиксом. Финальная проверка совпадения суффикса выполняется локально на стороне клиента. Такой подход гарантирует, что полный хэш пароля никогда не покидает устройство пользователя, что исключает возможность его перехвата или несанкционированного использования.

Разработанное решение реализует двухэтапный механизм проверки паролей с использованием модифицированного алгоритма *SHA*-1 и принципа *k*-анонимности. Предлагается система, которая будет состоять из трех логических модулей: модуль криптографического преобразования (выполняет детерминированное хэширование входных данных), *HTTP*-клиент (обеспечивает взаимодействие с *REST API* сервиса *Have I Been Pwned)*, и менеджер секретов (осуществляет безопасное хранение ключей аутентификации). Особенностью реализации является полное отсутствие передачи полных хэш-значений внешним сервисам — на сервер передаются только первые 5 символов хэша, что соответствует требованиям *k*-анонимности.

Безопасность данных при передаче обеспечивается многоуровневой системой защиты. Все взаимодействие с внешними *API* осуществляется исключительно через защищённое *HTTPS*-соединение с обязательной проверкой *SSL*-сертификатов.

3. Заключение

Проведенное исследование демонстрирует, что разработанная система на основе алгоритма *SHA*-1 и принципа *k*-анонимности обеспечивает эффективную проверку паролей без компрометации конфиденциальных данных, благодаря модульной архитектуре, включающей криптографическое преобразование, безопасное взаимодействие с *API* через *HTTPS* с верификацией сертификатов, и механизмы кэширования с многоуровневой валидацией данных, что в совокупности позволяет сохранить высокий уровень безопасности при работе с существующими базами утечек.

4. Список литературы

[1] Бесов, В. В. Методы обезличивания пользовательских данных: анализ применимости в условиях современных требований к приватности / В. В. Бесов, Д. В. Данилова, Э. З. Мекуриа // Телекоммуникации и информационные технологии. — 2025. — Т. 12, № 1. — С. 84—89.

METHOD FOR CHECKING PASSWORDS BASED ON THE PRINCIPLE OF k-ANONIMITY

Osinina O. S., Tolchin M. V., Devitsina S. N.
Scientific adviser: Devitsina S. N.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — Modern methods of password compromise verification based on the analysis of hashed databases are considered. A method of using the k-anonymity principle when integrating with external APIs to ensure the security of personal data is proposed. The developed solution increases the efficiency of password verification without disclosing confidential information.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ВРЕДОНОСНЫХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

Смирнов А. А., Маврин С. А.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Маврин С. А.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: ltodesko@bk.ru

Аннотация — Рассмотрен подход к созданию автоматизированной системы исследования и выявления возможностей вредоносного программного обеспечения с использованием технологий виртуализации.

1. Введение

В современных корпоративных условиях не всегда достаточно существующих мер выявления вредоносного программного обеспечения, учитывая рост популярности направления кибербезопасности, стали появляться всё более изощрённые методы заражения персональных компьютеров пользователей и обхода существующих мер защиты. В докладе описываются концептуальная методика создания системы выявления вредоносных программ и выявления возможностей вредоносных программ.

2. Основная часть

Данный программные комплекс решает проблему трудоемкого ручного анализа вредоносных программ путем автоматизации процесса. Кроме того, он предоставляет решение, которое собирает подробную информацию о киберугрозе, обрабатывая все — от отслеживания памяти процесса и создания файлов до анализа сетевой активности. Автоматизируя и упрощая эти сложные процедуры, система обеспечивает более глубокое понимание потенциальных угроз, тем самым усиливая общие меры кибербезопасности [1, 2].

Для того чтобы наиболее эффективным образом противодействовать потенциальным вредоносным программам, вложениям, полученным были выделены основные критические модули, требующие разработки, была составлена соответствующая блок-схема для реализации работы функционала описываемого программного комплекса, приведено описание работы отдельных компонентов данной системы. Схема работы каждого модуля выглядит следующим образом:

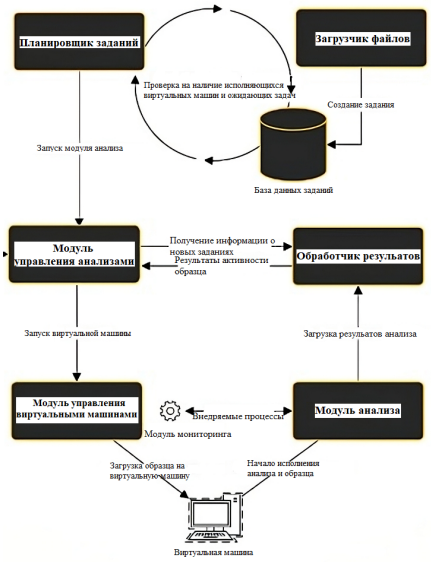


Рис. 1

Модуль управления анализами запускается планировщиком заданий. Данный модуль ответственен за завершения полного цикла анализа задания. Он решает, когда виртуальная машина запускается или приостанавливается, и, если или, когда другие модули были приостановлены, по причине возможных исключений. Модуль управления виртуальными машинами ответственен за установление связи с клиентским приложением, загруженным на исполняемую операционную систему виртуальной машины. Он проверяет была ли запущена виртуальная машина, в случае успешного подтверждения работы гостевой операционной системы загружается анализируемый вредоносный образец и запускается модуль анализа.

Каждый анализ запускается на новой изолированной виртуальной машине, либо из состояния снимка одной виртуальной машины. Инфраструктура программного комплекса состоит из хост-машины и ряда гостевых машин (виртуальных машин для анализа). Хост запускает основной компонент песочницы, который управляет всем процессом анализа, в то время как «гости» представляют собой изолированную среду, где образцы вредоносного ПО безопасно выполняются и анализируются. Данный результат достигается за счёт использования *Python* в качестве процесса автоматизации установления соединения с клиентом, а также подготовки к передачи необходимых команд на соответствующий порт клиентского приложения, работающей на машине для анализа вредоносного программного обеспечения.

3. Заключение

Таким образом, была описана модель разрабатываемого программного комплекса для автоматизации процессов обнаружения и выявления возможностей вредоносных программ, в свою очередь выявление скрытых возможностей требует участие пользователя.

4. Список литературы

[1] Добровольский, А. А. Компьютерные вирусы и методы борьбы с ними / А. А. Добровольский. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 320 с.
[2] Громов, Т. А. Компьютерная вирусология: учеб. пособие / Т. А. Громов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2004. — 384 с.

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED MALWARE ANALYSIS SYSTEM BASED ON VIRTUALIZATION

Smirnov A. A., Mavrin S. A.
Scientific adviser: Mavrin S. A.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — An approach to creating an automated system for investigating and identifying the possibilities of malicious software using virtualization technologies are presented.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И СКАНИРОВАНИЯ УЯЗВИМОСТИ

Пасюгин К. А., Вильсон Н. Г.
Научный руководитель: Вильсон Н. Г.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: nina0506@mail.ru

Аннотация — Кратко формулируется проблема неэффективности сигнатурных методов против современных целевых атак и скрытого сканирования. В данной работе предлагается двухуровневая система детектирования аномалий на основе машинного обучения, сочетающая неконтролируемые методы для первичного выявления отклонений и контролируемые алгоритмы для точной классификации угроз.

1. Введение

Актуальность проблемы обеспечения кибербезопасности информационных систем постоянно возрастает в условиях цифровой трансформации.

По данным отчета Verizon DBIR 2023, доля целевых атак, включая скрытое сканирование уязвимостей и подготовку к компрометации, увеличилась на 37% по сравнению с предыдущим годом [1].

Традиционные сигнатурные системы (IDS/IPS) демонстрируют неэффективность против атак с нулевым днем (zero-day) и низкоскоростного сканирования (low-and-slow), поскольку полагаются на известные шаблоны угроз.

Рост объема телеметрии до терабайт в сутки в среднем корпоративном сегменте делает ручной анализ невозможным.

2. Основная часть

Существующие подходы к детектированию угроз, которые можно разделить на три категории:

— сигнатурные методы (Snort, Suricata) — эффективны против известных угроз, но бесполезны против новых векторов атак;

— статистические методы (анализ временных рядов, пороговые значения) — требуют ручной настройки и подвержены ложным срабатываниям;

— машинное обучение — наиболее перспективное направление, включающее: контролируемое обучение (Random Forest, SVM), неконтролируемое обучение (Isolation Forest, Autoencoders), полуконтролируемое обучение (One-Class SVM).

В работе [2] предложено использовать Deep Learning для детектирования DDoS-атак с точностью 98.5%, однако метод требователен к вычислительным ресурсам.

Исследование [3] демонстрирует эффективность Isolation Forest для обнаружения аномалий в IoT-сетях, но не рассматривает задачу классификации типов угроз.

В отличие от существующих работ, предложенное решение предлагает комплексный подход с оптимизацией под продуктивную среду.

Для обучения и валидации моделей использовались датасеты:

— CIC-IDS2017 — содержит современные атаки (BruteForce, XSS, DDoS);

— UNSW-NB15 — включает разнообразные сценарии сканирования.

В ходе исследования предложена двухуровневая архитектура:

— уровень быстрого детектирования, такой как Isolation Forest используют для поиска аномалий в реальном времени;

— уровень классификации представляет сочетание XGBoost + LSTM для точного определения типа угрозы.

Выбор алгоритмов и методов был обусловлен некоторыми особенностями. Isolation Forest имеет линейную сложность O(n) и позволяет эффективно работать с большими данными. Оптимальное соотношение точности и скорости предсказания обеспечивается методиками XGBoost. LSTM используется для анализа временных последовательностей в сетевом трафике.

3. Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность предложенного двухуровневого подхода к детектированию аномальной сетевой активности и сканирования уязвимостей.

Подтверждена экспериментально эффективность комбинации временных, сетевых и поведенческих признаков для выявления сложных атак.

4. Список литературы

[1] Verizon. 2023 Data Breach Investigations Report. — 2023.
[2] Li, Y. Deep Learning for DDoS Attack Detection: A Comprehensive Review / Y. Li, Y. Lu // Computers & Security. — 2022. — Vol 118.
[3] Ahmed, M. Novel Approach for Network Traffic Pattern Analysis using Clustering / M. Ahmed, A. N. Mahmood // Journal of Network and Computer Applications. — 2022. — Vol. 198.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR DETECTING ANOMALOUS ACTIVITY AND SCANNING VULNERABILITY

Pasugin K. A., Wilson N. G.
Scientific adviser: Wilson N. G.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — The problem of the ineffectiveness of signature methods against modern targeted attacks and stealthy scanning is briefly formulated. The paper proposes a two-level anomaly detection system based on machine learning, combining unsupervised methods for primary detection of deviations and supervised algorithms for accurate threat classification.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ИНЪЕКЦИОННЫМ АТАКАМ НА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

Денисов Ю. В., Вильсон Н. Г.
Научный руководитель: Вильсон Н. Г.
Черноморское высшее военно-морское училище имени П. С. Нахимова, Россия
E-mail: nina0506@mail.ru

Аннотация — В данной статье проводится системный анализ механизмов осуществления основных видов инъекционных атак, включая SQL Injection, NoSQL Injection, XSS, Command Injection и другие. Статья подчеркивает необходимость применения комплексной стратегии «защиты в глубину» для эффективного устранения данных уязвимостей.

1. Введение

Актуальность проблемы безопасности веб-приложений в эпоху цифровой трансформации сложно переоценить. Согласно последнему отчету Verizon Data Breach Investigations Report (DBIR), инъекционные атаки составляют значительный процент от общего числа успешных киберинцидентов, приводя к масштабным утечкам данных, финансовым потерям и репутационному ущербу. Несмотря на развитость и доступность методов защиты, уязвимости, связанные с инъекциями, продолжают массово встречаться в программном коде.

Инъекционная атака определяется как внедрение произвольного кода в интерпретатор (СУБД, операционную систему, движок шаблонов и т.д.) путем обхода или недостаточности проверки входных данных. Уязвимость возникает, когда приложение некорректно разделяет исполняемый код и пользовательские данные.

2. Основная часть

Борьба с инъекциями на этапе разработки — наиболее эффективная стратегия.

1. Принцип наименьших привилегий: Учетная запись веб-приложения в СУБД должна иметь права только на необходимые операции (SELECT, INSERT, но не DROP). Процесс веб-сервера должен работать от непривилегированного пользователя.

2. Валидация и санитизация входных данных:

— «Белые списки»: Разрешать только известные хорошие символы (например, только буквы и цифры для логина);

— «Черные списки»: (Менее надежно) Запрещать известные плохие символы (', ", ;, --);

3. Параметризованные запросы (Prepared Statements): Золотой стандарт защиты от SQLi. Запрос с параметрами компилируется один раз, а данные передаются отдельно, не интерпретируясь как код.

4. Экранирование (Escaping) специальных символов: Преобразование опасных символов в их безопасные эквиваленты.

5. Политика безопасности контента (CSP): Заголовок Content-Security-Policy позволяет явно указать браузеру, какие источники скриптов и стилей являются доверенными, блокируя выполнение встроенных и вредоносных скриптов.

Инструменты статического анализа исследуют исходный код на наличие шаблонов уязвимостей до его запуска. А динамического анализа - тестируют работающее приложение, посылая множество запросов и анализируя ответы.

Для защиты на уровне инфраструктуры могут помочь анализ HTTP-трафик на наличие известных сигнатур атак и аномального поведения. Также полезны будут Системы обнаружения или предотвращения вторжений (IDS/IPS), их настраивают на сетевом уровне для детектирования аномальных паттернов трафика, характерных для автоматизированных атак.

Стратегия «Защиты в глубину» (Defense-in-Depth) является единственно верной для противодействия инъекционным атакам. Эффективная защита требует комбинации:

— обучение разработчиков безопасным практикам кодирования;

— внедрение безопасных жизненных циклов разработки с интеграцией статического анализа кода и динамического;

— регулярное проведение аудитов по безопасности;

— настройка и поддержка WAF для оперативного реагирования на новые угрозы.

3. Заключение

Проведенный анализ демонстрирует, что, несмотря на разнообразие и сложность инъекционных атак, фундаментальные методы защиты остаются неизменными и хорошо изученными. Проблема инъекций решается не на уровне оперативного контроля, а на этапах проектирования и разработки программного обеспечения через повсеместное внедрение безопасных API (параметризованные запросы, ORM) и строгой валидации данных.

4. Список литературы

[1] Кузнецов, М. В. Технологии защиты информации в веб-приложениях / М. В. Кузнецов, А. В. Шапошников. — М. : ДМК Пресс, 2019. — 438 с.

[2] MITRE ATT&CK Framework: Techniques [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://attack.mitre.org/

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF COUNTERING INJECTION ATTACKS ON WEB APPLICATIONS

Denisov U. V., Wilson N. G
Scientific adviser: Wilson N. G.
Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov, Russia

Abstract — In the paper, a systematic analysis of the mechanisms behind the main types of injection attacks, including SQL Injection, NoSQL Injection, XSS, Command Injection, and others is provided. The need for a comprehensive defense-in-depth strategy to effectively address these vulnerabilities is emphasized.



Секция 11

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ НЕГЛАСНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Трушкина А. В., Манько А. С.
Научный руководитель: Манько А. С.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: subridenssum@mail.com

Аннотация — Рассмотрены исторические и технические аспекты развития и построения некоторых известных устройств для негласного получения информации.

1. Введение

В современном мире, где главным объектом является информация, способы её получения бывают самые разные. Защита информации от ее негласного получения становится задачей, которая остается актуальна спустя много лет. Страницы истории сохранили множество устройств для негласного получения информации (УНПИ). В докладе рассмотрен ряд устройств, представляющих наибольший интерес с точки зрения технической составляющей.

2. Основная часть

Один из наиболее резонансных случаев, связанных с УНПИ — это случай 1960 года с устройством, называемым «The Thing» [1]. Оно представляло из себя пассивное УНПИ, разработанное советским инженером Л.С. Терменом и спрятанное внутри кабинета посла США в Москве в качестве подарка. На протяжении 7 лет секретная информация не проходила мимо советских служб за счёт того, что устройство работало без каких-либо элементов питания. Еще несколько лет американской разведчики пытались его разгадать. В дальнейшем эти устройства получили название акустопараметрических отражетелей, или более коротко — эндовибраторов (рис. 1).



Рис. 1

Эндовибратор состоял из модулятора, приемника акустических колебаний и переизлучающей антенны с резонансной системой, которая настраивается на частоту облучающего сигнала. При этом резонансная частота или добротность изменяются модулятором в соответствии с сигналами, которую принимает приемник акустических колебаний. Изменение параметров системы вызывает изменение отражающих свойств антенны и это приводит к модуляции отраженного радиосигнала. Медный цилиндр с серебренным покрытием представлял собой объемный высокодобротный резонатор реентерабельного типа. В центре — регулируемый дискообразный элемент с плоской поверхностью, образующий полость в сочетании с очень тонкой мембраной в 75 мкм. Антенна входила в полость через изолированное отверстие сбоку цилиндра. Любой звук в комнате, например, речь, заставлял мембрану вибрировать, что изменяло пространство внутри полости, а также пространство между мембраной и дискообразным элементом (рис. 2). В результате жучок создавал комбинацию амплитудной и частотной модуляции.

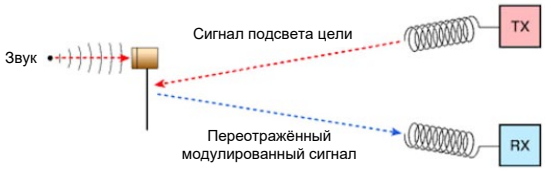


Рис. 2

Позднее были разработаны полуактивные эндовибраторы с электронной перестройкой, однако они могут быть обнаружены нелинейным локатором, обнаруживающим переотражённые высшие гармоники.

Помимо эндовибраторов, в докладе также рассмотрены некоторые другие известные технические средства сбора секретной информации. Большой интерес представляют устройства на основе считывания инфракрасного (ИК) облучения вибрируемых стёкол, которые также впервые были разработаны Л.С. Терменом [2]. Другим резонансным случаем стала прослушка кабинета советского посольства в Нидерландах, которая осуществлялась с помощью резонансного микрофона, вдохновлённого советским «The Thing». Импульсный сигнал облучения активировал приёмопередатчик под кодовым названием «Easy Chair», спрятанный в ножку рабочего стола посла СССР. Провальными для разведки, но прорывными для технологий оказались проекты «Acoustic Kitty» по вживлению радиомодуля в ушной канал и основание черепа и антенны в хвост кошки, а также проект «Чарли» по внедрению шпионской рыбы-робота в виде сома (миниатюрной подводной лодки) для выявления факта наличия радиоактивных изотопов в водах недружественных для США стран.

3. Заключение

Информационное противостояние между СССР и США во времена Холодной войны стало толчком для развития многих УНПИ, принципы работы которых используются спецслужбами и по сей день.

4. Список литературы

[1] Мелтон, К. Искусство шпионажа / К. Мелтон — М. : Альпина Нон-Фикшн, 2013. — 470 с.
[2] Паршаков, В. Р. Проблемы и особенности обнаружения закладочных устройств / Д. Д. Габриэльян, С. Е. Мищенко // Защита информации, 2015. — № 7. — С. 64—71.

THE HISTORICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF CONCEALED OBTAINING INFORMATION RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

Trushkina A. V., Manko A. S.
Scientific adviser: Manko A. S.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — The historical and technical aspects of the design and development of some concealed obtaining information equipment were considered.

НАУЧНЫЙ ПОДВИГ В ГОДЫ ВОЙНЫ: ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГРУППЫ КУРЧАТОВА — АЛЕКСАНДРОВА ПО ПРОТИВОМИННОЙ ЗАЩИТЕ ФЛОТА В СЕВАСТОПОЛЕ (1941—1942 гг.)

Брук Е. О.[1], Селиверстова П. А.[1], Богаткевич Т. А.[1,2]
Научный руководитель: канд. ист. наук Богаткевич Т. А.
[1]*Филиал МГУ в г. Севастополе, Россия*
[2]*Севастопольский государственный университет, Россия*
E-mail: bogatkevichta@mail.ru

Аннотация — В статье на основе анализа широкого круга исторических источников и научной литературы исследуется деятельность специальной группы Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ) по противоминной защите кораблей Черноморского флота в начальный период Великой Отечественной войны. Детально рассматриваются исторические предпосылки, организационные аспекты, хронология и непосредственная реализация работ по размагничиванию кораблей в условиях осажденного Севастополя под руководством И. В. Курчатова и А. П. Александрова. Приводятся конкретные данные о масштабах работ, количестве защищенных кораблей и их эффективности. Делается вывод о стратегическом значении данного научно-технического достижения для обеспечения боеспособности ВМФ СССР, спасения личного состава и его влиянии на исход оборонительных операций на Черном море.

1. Введение

Великая Отечественная война с первых дней приобрела характер не только масштабного вооруженного противостояния, но и острейшего противоборства научно-технических интеллектов воюющих сторон. Одной из критических точек этого противоборства летом-осенью 1941 года стал главная военная база Черноморского флота — Севастополь.

Массовое и внезапное применение люфтваффе неконтактных магнитных мин типа LMB и LMC поставило советский флот на грань катастрофы, потребовав немедленного и нестандартного ответа. Ответ этот был дан не в кабинетах штабов, а в лабораториях, на причалах и в доках осажденного города усилиями группы ученых-физиков.

Деятельность специальной бригады Ленинградского физико-технического института (ЛФТИ) под руководством будущих академиков И. В. Курчатова и А. П. Александрова по созданию и внедрению системы размагничивания кораблей (системы ЛКТ — «кабельная обмотка с током») представляет собой выдающийся пример мобилизации фундаментальной науки для нужд обороны и заслуживает детального исторического анализа.

2. Основная часть

Угроза магнитного минирования проявилась мгновенно. Уже 22 июня 1941 года немецкие самолеты-миноносцы He-111 из состава KG4 начали постановку магнитных мин в устье Финского залива, а 23 июня — на подходах к Кронштадту. На Черном море первые мины были выставлены в ночь на 23 июня 1941 года на фарватерах Севастополя и 24 июня — у пролива Босфор [1, с. 45].

Потери были стремительными и шокирующими. Только за первые две недели войны на минах подорвались и получили повреждения эсминец «Быстрый», тральщик «Т-408» («Якорь»), санитарный транспорт «Ворошилов». 9 июля 1941 года на магнитной мине у Севастополя подорвался и затонул эсминец «Быстрый», погибло 60 членов экипажа [2, с. 78].

Трагедия эсминца «Совершенный», также серьезно поврежденного, окончательно убедила командование флота в беспомощности традиционных методов траления. Угроза полной блокады главной базы флота и паралича морских коммуникаций стала реальной.

Теоретические и практические основы защиты кораблей от магнитных мин были заложены в СССР еще в предвоенный период, что стало ключевым фактором будущего успеха.

Систематические работы по изучению магнитных полей кораблей начались в 1936 году в ЛФТИ по инициативе А. П. Александрова и при поддержке начальника Управления кораблестроения ВМФ Р. А. Муклевича.

Ключевыми вехами предвоенного периода следует выделить следующие:

— лето 1937 года: первые успешные измерения магнитных полей эсминцев «Яков Свердлов» и «Артем» в Кронштадте;

— август 1938 года: на эсминце «Дозорный» в Ораниенбауме была опробована и доказала эффективность временная размагничивающая обмотка.

— 1939—1940 гг.: успешное размагничивание крупных кораблей, включая линкор «Марат» и крейсер «Максим Горький».

К июню 1941 года системы размагничивания были установлены на 30 кораблях Балтийского флота [3, с. 112].

Таким образом, к моменту начала войны СССР обладал не только теоретическими наработками, но и уникальным практическим опытом, который предстояло экстренно адаптировать к условиям тотальной войны на Черном море.

8 августа 1941 года И. В. Курчатов, А. П. Александров и группа сотрудников ЛФТИ (включая В. Р. Регеля, К. К. Щербо, В. В. Тарасова) прибыли в осажденный Севастополь на борту лидера «Ташкент» [4, с. 93].

Ученые столкнулись с чрезвычайными условиями: постоянные воздушные налеты (только за август на город было совершено 17 массированных налетов), острая нехватка оборудования (магнитометры доставлялись с риском для жизни), материалов (недостаток кабеля, изоляции) и времени.

Работы велись в три этапа:

— измерения: с помощью индукционных магнитометров (типа МИ-1 и МИ-2) ученые в течение 6—8 часов снимали карту магнитного поля корабля в 2—4 тысячах точек;

— проводились сложнейшие для того времени математические расчеты схемы намотки кабеля и силы компенсирующего тока, Курчатов лично участвовал в расчетах, часто работая по 16—18 часов в сутки;

— специальные бригады монтажников (часто под обстрелом) оплетали корабли километрами кабеля (для крейсера требовалось до 10—12 км кабеля, для эсминца — 5—7 км), после монтажа проводились контрольные замеры для подтверждения эффективности.

К 1 октября 1941 года группа выполнила титаническую работу: было размагничено более 50 кораблей Черноморского флота, включая крейсера «Ворошилов» и «Молотов», лидеры «Харьков» и «Ташкент», несколько эсминцев и подводных лодок [5, с. 134]. Эффективность была абсолютной: ни один из оборудованных системой ЛКТ корабль не подорвался на магнитной мине.

Параллельно, по инициативе Курчатова, был создан и испытан первый в СССР баржевый электромагнитный трал (БЭМТ). Он представлял собой установленную на барже большую катушку, питаемую от дизель-генератора, которая имитировала магнитное поле корабля и подрывала мины на безопасном расстоянии.

Результаты работ группы Курчатова-Александрова имели не только тактическое, но и стратегическое значение для всего советского ВМФ:

— непосредственный вклад в оборону Севастополя: обеспечение безопасного выхода кораблей для огневой поддержки сухопутных войск, эвакуации раненых и доставки подкреплений было критически важным для затягивания обороны города, система ЛКТ спасла от гибели десятки кораблей и тысячи жизней моряков;

— научно-технический прорыв: советские ученые решили проблему, над которой годами бились специалисты Великобритании и Германии. Когда в Севастополь прибыли британские морские офицеры для обмена опытом, они были поражены простотой и эффективностью советского метода, признав, что группа Курчатова достигла за 2 месяца больших результатов, чем их специалисты за 2,5 года [6, с. 201];

— был отработан конвейерный метод защиты кораблей, созданы мобильные бригады, подготовлены флотские специалисты для самостоятельного обслуживания систем, и этот опыт был немедленно перенесен на Северный и Тихоокеанский флоты;

— 10 апреля 1942 года за работы по противоминной защите кораблей А. П. Александрову, И. В. Курчатову и их ближайшим соратникам (В. Р. Регель, П. Г. Степанов, К. К. Щербо и др.) была присуждена Сталинская премия I степени — беспрецедентный случай для столь короткого срока реализации проекта в условиях войны [7, с. 175].

3. Заключение

Деятельность группы Курчатова–Александрова в Севастополе осенью 1941 года является ярчайшим примером подвига учёных, которые в тяжелейших условиях смогли свои профессиональные знания и навыки применить для оказания реальной помощи советскому флоту.

В экстремальных условиях осажденного города, под постоянными бомбежками, ученые не только применили предвоенные наработки, но и совершили качественный прорыв, создав и внедрив в рекордные сроки полноценную систему противоминной защиты всего флота.

Их работа наглядно демонстрирует, что в современной войне победа достигается не только на полях сражений, но и в интеллектуальной сфере, где фундаментальная наука, оперативно мобилизованная государством, становится прямым фактором обеспечения его обороноспособности. Исторический опыт успешного взаимодействия науки и флота в 1941 году представляет значительный интерес для военной истории и остается актуальным уроком мобилизационной готовности научного сообщества.

4. Список литературы

[1] Иванов, В. В. Флот в Великой Отечественной войне. 1941-1945 / В. В. Иванов. — М. : Наука, 1990. — 263 с.
[2] Черкашин, Н. А. Война на море. Оборона Севастополя / Н. А. Черкашин. — Симферополь : Таврия, 1985. — 286 с.
[3] Александров, А. П. Годы с Курчатовым [Электронный ресурс] / А. П. Александров // Наука и жизнь. — 1983. — № 2. — Режим доступа: http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/BIO/BORODA/BORODA.HTM
[4] Воронов, Б. С. Академик Курчатов в Севастополе / Б. С. Воронов. — Севастополь : Изд-во СевГУ, 2008. — 86 с.
[5] Архив ВМФ. Ф. 2. Оп. 10. Д. 45. Л. 12-15. Отчет о работе группы ЛФТИ по размагничиванию кораблей ЧФ. Октябрь 1941 г.
[6] Регель, В. Р. Записки физика о войне / В. Р. Регель. — Л. : Судпромгиз, 1960. — 341 с.
[7] Губарев, В. С. За безумной идеей. Русские ученые в годы войны / В. С. Губарев. — М. : Алгоритм, 2015. — 512 с.

SCIENTIFIC HEROISM DURING THE WAR YEARS: THE ACTIVITIES OF THE KURCHATOV-ALEXANDROV GROUP IN SEVASTOPOL (1941—1942)

Bruk E. O.[1], Seliverstova P. A.[1], Bogatkevich T. A.[1,2]
Scientific adviser: Bogatkevich T. A.
[1]*Sevastopol Branch of Lomonosov Moscow State University, Russia*
[2]*Sevastopol State University, Russia*

Abstract — Based on the analysis of a wide range of historical sources and scientific literature, in the paper, the activities of the ad hoc group of the Leningrad Physical and Technical Institute, to protect ships of the Black Sea Fleet from mines at the initial period of the Great Patriotic War, are examined. In the paper, a detailed analysis of the historical background, organizational aspects, chronology, and the actual implementation of degaussing operations on ships in the besieged city of Sevastopol under the leadership of I. V. Kurchatov and A. P. Alexandrov is provided. Also, specific data on the scale of the operations, the number of protected ships, and their effectiveness are presented. The conclusion is: the scientific and technical achievement was of strategic importance for ensuring the combat capability of the USSR Navy, saving its personnel, and influencing the outcome of defensive operations in the Black Sea.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ УСЛУГИ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕГИОНОВ

Сахно М. К., Абашкин В. Л.
Научный руководитель: канд. экон. наук Абашкин В. Л.
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия
E-mail: msahno@hse.ru

Аннотация — Исследована востребованность и доступность телекоммуникационных услуг в субъектах Российской Федерации. Приведены результаты иерархической кластеризации регионов методом Уорда.

1. Введение

Обеспечение доступности услуг связи в России является одним из приоритетов развития информационно-коммуникационной инфраструктуры, цифровой трансформации экономики и социальной сферы. Оценить уровень доступности телекоммуникационных услуг можно на основе данных федерального статистического наблюдения [1].

2. Основная часть

Востребованность и доступность услуг связи раскрывает потенциал цифровой трансформации территории. В этой связи в систему показателей исследования включены следующие индикаторы: число абонентов мобильного широкополосного доступа (далее ШПД) к интернету (в таблице 1 — индикатор № 1) и фиксированного ШПД со скоростью 100 Мбит/с и выше (№ 2) на 100 человек населения, соотношение абонентской платы за пакет услуг мобильной связи (включая интернет) (№ 3) и за фиксированный доступ к интернету (№ 4) со среднедушевыми денежными доходами населения. Кластеризация субъектов РФ по указанным индикаторам позволила выделить четыре группы регионов. В таблице 1 для каждой из них приводятся средние значения по анализируемым показателям за 2024 г.

Таблица 1

	№ 1 *(ед.)*	№ 2 *(ед.)*	№ 3 *(%)*	№ 4 *(%)*
В целом по РФ	123	18	1,1	1,0
Группа 1	142	20	0,9	1,0
Группа 2	113	18	1,4	1,3
Группа 3	109	9	1,1	1,3
Группа 4	72	5	2,1	2,6

Группа 1 — регионы с максимальной доступностью услуг связи — состоит из 15 территорий, включая Москву, Санкт–Петербург, Московскую и Ленинградскую области, пять субъектов РФ, административными центрами которых являются города-миллионеры, и ряд регионов, для которых характерны относительно высокие значения среднедушевых денежных доходов населения.

В группу 2 вошли 42 субъекта РФ с высоким уровнем доступности телекоммуникационных услуг. Их социально-экономические, географические, демографические и иные характеристики значительно различаются. Эта группа уступает регионам с максимальной доступностью услуг связи по всем рассматриваемым показателям.

Средний уровень доступность услуг связи характерен для 22 регионов России, вошедших в 3 группу. Большинство из них являются приграничными или отличаются низкой плотностью населения.

В группу 4, для которой характерен низкий уровень доступности телеком-услуг, вошли 6 субъектов РФ. Эти регионы отличаются сравнительно низким уровнем валового регионального продукта и среднедушевых денежных доходов населения.

Кластеризация регионов по уровню доступности услуг связи позволяет сделать важные выводы о возможностях и ограничениях цифровой трансформации территории. Во-первых, на большей части территории России сложились одинаково благоприятные условия для доступа к услугам связи. Заинтересованность операторов связи в развертывании профильной инфраструктуры и реализации инвестиционных проектов обеспечивается за счет высокого уровня социально-экономического развития и концентрация населения в городских агломерациях. Во-вторых, существенное отставание по параметрам доступности услуг связи наблюдается в небольшом числе субъектов РФ, расположенных на юге страны.

Для дальнейшего сокращения разрыва в доступности услуг связи особую роль играет господдержка. Стратегия пространственного развития РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года предусматривает в том числе развертывание сетей связи на экономически непривлекательных для операторов мобильной связи территориях, ускоренное развитие инфраструктуры связи на новых территориях и устранение цифрового неравенства субъектов РФ.

3. Заключение

Исследование показало, что жителям большинства регионов России доступна качественная и недорогая связь. Реализация стратегических документов в области связи будет способствовать сокращению разрыва между регионами по уровню доступности телекоммуникационных услуг. В свою очередь это будет способствовать достижению национальных целей цифровой трансформации экономики и социальной сферы.

Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

4. Список литературы

[1] Abdrakhmanova, G. ICT Measurement from Information Society to Digital Economy / G. Abdrakhmanova, L., Sokolov A. Gokhberg // Encyclopedia of Organizational Knowledge, Administration, and Technology. Hershey: IGI Global. — 2021. — P. 448—462.

COMMUNICATION SERVICES FOR DIGITAL TRANSFORMATION OF REGIONS

Sakhno M. K., Abashkin V. L.
Scientific adviser: Abashkin V. L.
National Research University Higher School of Economics, Russia

Abstract — The indicators of demand and availability of telecommunication services across Russian regions are analyzed. The results of hierarchical clustering of regions by the Ward method are presented.

ЮРИЙ ТИМОФЕЕВИЧ КРИВОРУЧКО — ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ В ОБЛАСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И ПОСАДКИ (к 50-летию деятельности во ВНИИРА, 1975-2025 гг.)

Катеринчук В. И., Ермолов П. П.
Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Ермолов П. П.
Севастопольский государственный университет, Россия
E-mail: viktor.katerin4uk@gmail.com

Аннотация — В докладе рассмотрена деятельность доктора технических наук, профессора кафедры радиоэлектронных систем Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации, главного конструктора АО «ВНИИРА» (Санкт-Петербург) в 1975—2025 гг.

1. Введение

Юрий Тимофеевич Криворучко (род. 17 октября 1946 г.) — доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных систем Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации (СПбГУ ГА), главный конструктор направления интегрированных систем навигации и посадки Северо-западного регионального центра концерна «Алмаз-Антей» (г. Санкт-Петербург). В 1972 г. окончил радиотехнический факультет Ленинградского институт авиационного приборостроения (ЛИАП), в 1989 г. защитил во ВНИИРА кандидатскую, в 2022 г. — докторскую диссертацию. Область научных интересов: бортовые комплексы радионавигации и посадки, микропроцессорная обработка радионавигационных сигналов и информации в бортовых и наземных СВЧ комплексах. Автор, соавтор более 100 научных работ, в том числе двух монографий, более 70 статей в научно-технических журналах, 18 авторских свидетельств и патентов на изобретения, двух учебных пособий. С 2023 г. — член Программного комитета Крымской микроволновой конференции.

Настоящий доклад основан на двух последних публикациях Ю. Т. Криворучко [1, 2].

2. Основная часть

В статье [1] автор подводит итог своей деятельности в 1975—2025 гг. и делит ее на пять периодов. Объем настоящей публикации позволяет только кратко обозначить содержание этих периодов.

В первом периоде (1975—1985 гг.) обеспечивались испытания и принятие на снабжение бортового навигационно-посадочного комплекса с цифровым вычислителем для морского вертолета Ка-252; проводилась разработка малого бортового навигационно-посадочного комплекса (БНПК); разработка первого в Минрадиопроме опытного 16-разрядного КМОП микропроцессорного магистрально-модульного бортового вычислительного устройства (БСВУ) и разработка системы программно-аппаратной отладки (СПАО) микропроцессорных устройств.

Во втором периоде (1985—1995 гг.) велись разработки СЦВМ — унифицированной микропроцессорной магистрально-модульной измерительно-вычислительной системы для самолетов гражданской и военной авиации и интегрированного бортового навигационно-посадочного комплекса «РСБН-85» на основе магистрально-модульных принципов и одноплатной платформы.

В третьем периоде (1995—2005 гг.) велось сопровождение автоматизированного производства унифицированных функционально-конструктивных модулей и магистрально-модульных бортовых навигационно-посадочных комплексов (БНПК) на серийных заводах Минрадиопрома.

В четвертом периоде (2005—2015 гг.) проводились Государственные испытания, серийный выпуск и эксплуатация БНПК А-331 в составе первого отечественного «цифрового» самолета Су-34, а также разработка, испытания и внедрение конверсионной модернизированной аппаратуры А-331-06М с международным диапазоном частот для летающей лаборатории.

В пятом периоде (2015—2025 гг.) решались научно-технические проблемы, возникшие при полетах государственной авиации с системой навигации и посадки РСБН/ПРМГ.

В статье [2] приведены результаты оценки точностных характеристик каналов измерения дальности радиотехнических систем ближней навигации и посадки. В результате анализа определена общая погрешность определения дальности, а также составляющая погрешности, вносимая аппаратурой наземного азимутально-дальномерного радиомаяка.

3. Заключение

Деятельность Ю. Т. Криворучко, ведущего отечественного специалиста в области интегрированных систем навигации и посадки, заслуживает более детального исследования.

4. Список литературы

[1] Криворучко, Ю. Т. 50 лет в строю Всесоюзного научно-исследовательского института радиоаппаратуры (ВНИИРА) / Ю. Т. Криворучко // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2025. — Т. 8, № 5. — С. 835—860.

[2] Анализ точностных характеристик дальномерного канала радиотехнических систем ближней навигации и посадки в сантиметровом диапазоне волн / Ю. Т. Криворучко, Л. Б. Фридман, В. М. Король, А. Ю. Княжский // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. — 2025. — Т. 8, № 6. — С. 958—969.

YURI TIMOFEEVICH KRIVORUCHKO IS THE LEADING SPECIALIST IN INTEGRATED NAVIGATION AND LANDING SYSTEMS (on the 50th anniversary of his work at VNIIRA, 1975—2025)

Katerinchuk V. I., Yermolov P. P.
Scientific adviser: Yermolov P. P.
Sevastopol State University, Russia

Abstract — In the report, the activities of Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Radioelectronic Systems of the Saint Petersburg State University of Civil Aviation, Chief Designer of JSC VNIIRA (Saint Petersburg) in 1975—2025, are examined. The report is based on the last two publications of Yu. T. Krivoruchko.



ШКОЛА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

ФИНАЛ КОНКУРСА «ШКОЛА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ-2025»

Координатор конкурса: канд. техн. наук, доц. Лащенко И. В.
Севастопольский государственный университет, Россия



На финал конкурса «Школа юного исследователя» были приглашены авторы 18 работ, прошедших предварительный отбор, в соответствии с Положением о конкурсе. В этом году в конкурсе участвовали ребята из средних образовательных учреждений: школ г. Севастополя и Республики Крым: г. Симферополя, г. Красноперекопска и села Ермаково Джанкойского района, участвовали обучающиеся Симферопольского техникума радиоэлектроники, Севастопольского кадетского корпуса СК РФ им. В. И. Истомина и лицея-предуниверсария СевГУ. Работы выполнялись участниками под руководством учителей учебных заведений и преподавателей дополнительного образования ГБОУ ЦДО «Малая академия наук» г. Севастополя и ГБОУ ДО РК «МАН «Искатель» г. Симферополь.

Перед конкурсом для ребят была проведена экскурсия по лабораториям кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» и Инжинирингового центра изделий микро- и наноэлектроники. Участники конкурса посетили лабораторные и практические занятия — ознакомились как учатся и работают наши студенты и выпускники.

Жюри конкурса состояло из преподавателей кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Высшей технологической школы «Севастопольский приборостроительный институт» СевГУ.

Призеры конкурса определены на основании публичной защиты представленных результатов исследований.

Победитель конкурса «Школа юного исследователя, 2025» Гран-при — Лавринюк Богдан, представивший работу «Макет системы умного дома «Школьный дом» (приз — Смарт-часы Honor-Choice Watch) определён при совместном обсуждении работ членами жюри обеих секций.

Секция 1. Электроника, радиотехника и телекоммуникации:

— 1 место в секции 1 — Рябчик Кирилл («Робот-учитель «Макаренко») (приз — Комплект из двух радиостанций двусторонней связи Baofeng);

— 2 место в секции 1 — Сосновский Вячеслав («Разработка программно-аппаратной системы управления моделью атомного реактора и Акулинин Дмитрий («Умная теплица в школе»);

— 3 место в секции 1 — Кобец Валерия («Цифровое табло для волейбола»); Петрушин Кирилл («Электронный кодовый замок»); Аксютин Никита («Образовательная платформа для изучения цифровых интерфейсов передачи данных на микроконтроллере STM32F103C8T6»).

Секция 2. Физика, математика, информационные технологии:

— 1 место в секции 2 — Круглов Александр («Windows — приложение по теории чисел на языке программирования C++») (приз — Комплект устройств для умного дома Agara Zigbee);

— 2 место в секции 2 — Адамян Артур («Об одном свойстве треугольника») и Цыбка Евгений («Эволюционный статус комет, проходящих перигелий в 2025 году короткопериодических комет»);

— 3 место в секции 2 — Сурначев Архип («Разработка процессора для быстрого майнинга криптовалюты»); Глеч Елизавета («Разработка приложения для автоматического управления задачами»); Туманян Аркадий («Интеллектуальная игра «ГЕНИЙ Я» на языке программирования C++»).

СИСТЕМА УМНОГО ДОМА «ШКОЛЬНЫЙ ДОМ»

Лавринюк Б. В.
Под руководством Садыкова Э. Э.
МОУ «СТОЛБОВСКАЯ ШКОЛА»
Джанкойский р-н
E-mail: bogdan_lavrinyuk@mail.ru

Abstract — During the work, the Home Assistant and ESPHome software platforms, as well as the ESP32 and Raspberry Pi 4 hardware components, were studied, and on their basis a prototype version of the multifunctional smart home system "SCHOOL HOME" was developed and tested.

1. Введение

Данный проект систематизирует знания в области домашней автоматизации, представляя разработку системы «ШКОЛЬНЫЙ ДОМ».

Актуальность: устранение недостатков коммерческих решений (высокая стоимость, ограниченный функционал, зависимость от облачных хранилищ).

2. Основная часть

Изучены платформы Home Assistant и ESPHome, а также компоненты ESP32 и Raspberry Pi 4. Система реализует управление освещением, климатом и безопасность. Проведено тестирование.

Система охраны: RFID-карта, сигнализация и отправка SMS при несанкционированном доступе.

Устранение утечки газа: активация вентиляции и отправка SMS при обнаружении утечки газа.

Климат-контроль: автоматическое включение вентиляции при достижении пороговой температуры.

В практической части был собран макет (рис. 1).

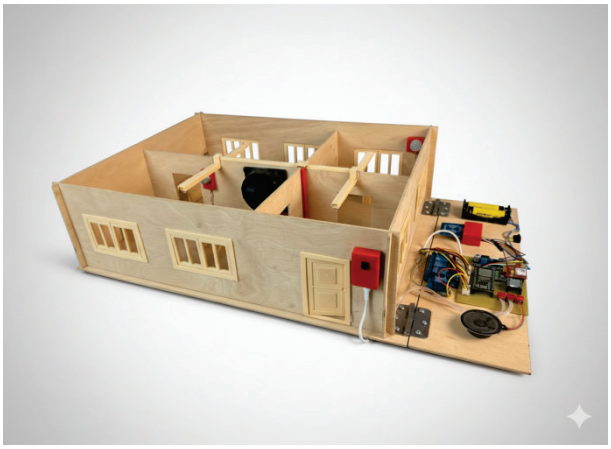


Рис. 1 — Макет системы «ШКОЛЬНЫЙ ДОМ»

3. Заключение

Разработана и протестирована макетная версия системы «ШКОЛЬНЫЙ ДОМ». Система показала высокую надежность и эффективность. Реализованная архитектура обеспечивает адаптивность и экономическую эффективность. Результаты имеют практическую значимость для развития проектов автоматизации.

РОБОТ-УЧИТЕЛЬ «МАКАРЕНКО»

Рябчик К. А.
Под руководством Лебёдкина А.В.
ГБОУ ДО РК МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: kirillrabcik3@gmail.com

Abstract — In the course of my creative design work, I developed a robot that checks the correctness of students' solved tests, as well as automatically scores for them.

1. Введение

Изучив принципы робототехники и среду программирования на основе конструктора Mindstorms EV3, я решил создать в помощь учителю домашнего робота, который будет сам проверять знания учащихся и выставлять оценку, тем самым экономя время самого учителя.

2. Основная часть

Для создания модели робота я использовал: набор LEGO Mindstorms EV3; конструктор LEGO Technic; программное обеспечением LEGO Mindstorms EV3. Модель «Робота-учителя «Макаренко» (рис. 1) состоит из движущейся головки маркера с датчиком цвета, определяющего местоположение листа А4 и правильность отмеченного ответа (закрашенного ручкой); колес, подающих лист бумаги формата А4; датчика касания. В основу робота входит микропроцессор EV3 и два сервомотора EV3, отвечающих за движения робота.

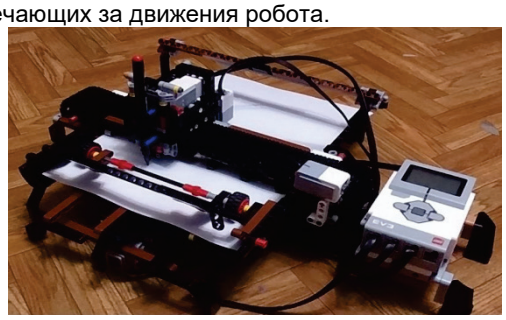


Рис. 1 — «Робот-учитель «Макаренко»

В программе прописана вся цепочка команд — «блоки», которые позволяют внутри программы создавать подпрограммы, что не нагромождает программную блок-схему и не делает ее нечитаемой, а разбивает на модули. Органично сконструированный роботизированный учитель после загруженной в него программы, выполнил все действия, согласно изложенным условиям: проверил решенный тест ученика и выставил соответствующую оценку.

3. Заключение

В ходе конструкторской работы придуман, собран и запрограммирован робот-учитель, который будет отличным помощником любому учителю в их учебном процессе и позволит без особых усилий и с наименьшими затратами времени и нервов провести самостоятельную или контрольную работу на проверку знаний своих учащихся.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕЛЬЮ АТОМНОГО РЕАКТОРА

Сосновский В. Ю.
Под руководством Курбет Е. Н.
ГБОУ ДО РК МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: maniskatel@crimeaedu.ru

Abstract — A hardware model of the RBMK reactor's thermal processes was developed, and the model was tested for its main functionality.

1. Введение

Выполнен анализ устройства атомного реактора типа РБМК, а также детальный анализ событий и действий, приведший к тепловому взрыву на ЧАЭС.

2. Основная часть

На основании анализа создана математическая упрощённая тепловая модель работы реактора в стационарном режиме и в нестационарном режиме, записанная в виде баланса тепловой энергии в системе $Q_{ТВЭЛ}(1/N_{ст.}, 1/H_{ст.}) - Q_{H_2O} - Q_{гр.кладки} = 0$.

Из этой модели видны причины, повлекшие за собой возможность аварии. Была поставлена задача промоделировать эти причины и визуализировать их.

Для решения такой задачи была разработана аппаратная модель тепловых процессов реактора РБМК.

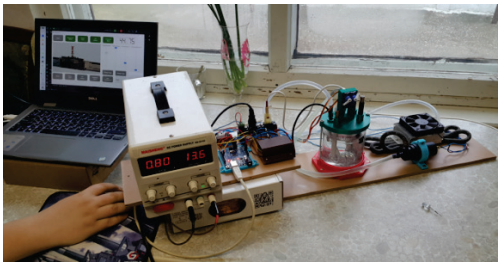


Рис. 1 — Созданная программно-аппаратная модель системы управления моделью атомного реактора

При её изготовлении использовались приёмы 3D-моделирования, 3D-печати на принтере, разработка схемотехники блока электронных ключей, разработка топологии электронной платы и её сборка. Для разработки системы управления была разработана базовая UML-модель, на её основе создана описательная модель программы управления реактором для микроконтроллерной платы Arduino Uno.

Для организации передачи данных между уровнями системы посредством интерфейса UART был создан собственный протокол кодирования сообщений.

3. Заключение

Модель прошла тестирование на основной функционал и является частью дальнейшей работы по созданию полноценной двухуровневой системы управления тепловыми процессами в модели атомного реактора.

«УМНАЯ ТЕПЛИЦА» В ШКОЛЕ

Акулинин Д. А.
Под руководством Кобылянской М. С.
ГБОУ СОШ №57
г. Севастополь,
e-mail: dimaakulinin1522@gmail.com

Abstract —The paper describes the development of a school greenhouse with automatic watering and lighting control. The system is based on the Arduino microcontroller and soil moisture sensors. The project demonstrates how radio engineering can help care for plants and develop engineering skills in students.

1. Введение

Проект «Трогательная клумба» реализуется в школе № 57 с 2018 года и направлен на выращивание посадочного материала для социальных учреждений. Чтобы улучшить уход за растениями, учащиеся разработали систему, автоматически регулирующую микроклимат и полив. Проект объединяет знания по физике, информатике и биологии и помогает школьникам освоить основы радиотехники на практике.

2. Основная часть

Система построена на Arduino UNO и датчике влажности почвы, который включает насос при снижении влажности. Фитолампы обеспечивают дополнительный свет. Эксперименты показали, что растения при автоматическом поливе растут быстрее и сохраняют зелёные листья.

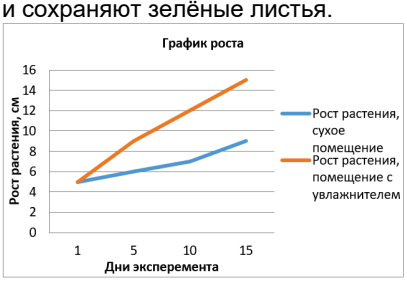


Рис. 1 — График роста растений в помещениях с различной влажностью, см

Данные наблюдений заносятся в электронный журнал на базе Google Таблиц, что позволяет отслеживать динамику роста.

3. Заключение

Использование Arduino и простых датчиков позволяет создать недорогую и надёжную систему автоматического полива и освещения. Проект доказал, что радиотехника может успешно применяться в школьном растениеводстве, формируя у детей инженерные навыки и интерес к научно-техническому творчеству.

4. Список использованных источников

[1] Кобылянская, М. С. К вопросу о размножении посадочного материала и семеноводстве силами образовательных учреждений / М. С. Кобылянская, Д. А. Акулинин // Философия образования в отечественной культурно-исторической традиции: история и современность. — Пенза : Пензенский ГАУ, 2025. — С. 175—179.

[2] Муллаянов, Д. Р. Разработка системы управления умной теплицей на базе Arduino / Д. Р. Муллаянов // Автоматика и управление. — 2024. — № 3. — С. 59—64.

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОДОВЫЙ ЗАМОК

Петрушин К. А.
Под руководством Дурманова М. А.
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук» «ГБОУ СОШ №54»
г.Севастополь
E-mail: Kir43891092@yandex.ru

Abstract — During the work performed, an electronic code lock with the ability to change the password was developed

1. Введение

Данная работа посвящена организации пропускной системы с помощью электронного кодового замка. Главными ее задачами является предотвращение доступа посторонних лиц на территорию учреждения или помещений.

2.Основная часть

В ходе выполненной работы был создан прототип электронного кодового замка (рис. 1)

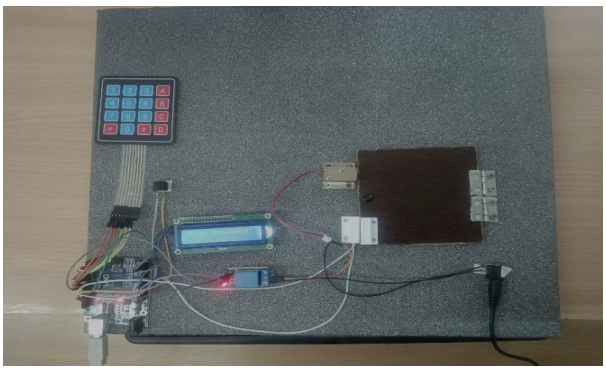


Рис. 1 — Прототип электронного кодового замка

Электронные кодовые замки являются эффективным средством предотвращения доступа посторонних лиц к охраняемым помещениям. Их главными достоинствами является простота в обращении, надёжность, возможность обеспечить высокую степень защиты.

Данное устройство является недорогим и может послужить хорошей заменой существующих кодовых замков.

3. Заключение

В данном проекте разработан прототип электронного кодового замка для «умного дома» с использованием платформы Arduino Uno, матричной клавиатуры и дисплея. В качестве исполняющих устройств для открытия и закрытия защелки использовался электромагнитный замок. Для того чтобы обнаружить момент закрытия двери используется магнит и магнитоконтактный датчик. Электронный замок имеет опцию смены пароля, а также защиту от взлома.

4. Список использованных источников

[1] Веб-сайт Sirius-hub [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://sirius-hub.com/stati/elektronnyj-zamok-vidy-ustrojstvo-princip-raboty/?ysclid=mgturvhsas604950145

WINDOWS-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО ТЕОРИИ ЧИСЕЛ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++

Круглов А. А.
Под руководством Третьякова Д. В.
ГБОУ ДО РК «МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: maniskatel@crimeaedu.ru

Abstract — An application that contains a number theory course has been developed.

1. Введение

Теория чисел — очень важный раздел математики. Разделы теории чисел лежат в основе таких областей, как криптография, компьютерная графика, кодирование информации и многие другие. Но при решении задач из теории чисел порой требуется большое количество времени. Поэтому была поставлена следующая цель — автоматизирование решения таких задач и создание приложения, которое помогает при их решении.

2. Основная часть

Для написания приложения был использован язык программирования C++ в пользу его быстроты выполнения кода. В моём случае скорость вычислений очень важна. Написание кода происходило в среде разработки Visual Studio. В Visual Studio очень удобно писать код и настраивать проект.

При входе в приложение мы видим краткую справку по работе с ним, а именно какому действию соответствует какой номер. Чтобы посчитать что-либо через приложение, вам необходимо ввести номер нужного вам действия, а затем следовать указаниям на экране, какие данные необходимо ввести.

Чтобы скачать приложение, вы можете воспользоваться один из QR кодов (рис. 1).

Версия для Windows

Исходный код в git-репозитории

Рис. 1 — QR коды для сканирования

По QR коду с исходным кодом вы можете получить больше информации о приложении.

3. Заключение

Выполняя эту работу, было написано приложение, содержащее почти весь университетский курс теории чисел. С помощью него можно исследовать различные вопросы теории чисел. Цель работы была достигнута — было написано рабочее многофункциональное приложение Также были выполнены все поставленные задачи.

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ СТАТУС КОМЕТ, ПРОХОДЯЩИХ ПЕРИГЕЛИЙ В 2025 ГОДУ

Цыбка Е. Д.
Под руководством Роговой О. В.
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»
г. Севастоополь
E-mail: evgeniytsybka@gmail.com

Abstract – The paper classifies comets passing perihelion in 2025 by age category. Brightness ranges and the beginning and end of their activity periods are determined. Based on photometric age calculations, they are assigned to age groups.

1. Введение

Из-за сложности наблюдения за отдельными кометами на протяжении их жизни, ученые изучают их эволюцию, наблюдая множество комет на разных стадиях развития. Анализ яркости и координат позволяет получить данные об их химическом составе и эволюционном статусе

2. Основная часть

В исследованиях использовались данные о короткопереодических кометах с сайта cobs.si. Для них рассчитывалась амплитуды яркости (разница между яркостью в перигелии и минимальной яркостью в активной фазе (A sec)) по формуле:

P-AGE = 1440 / (A sec (R on + R off)).

На основании этих данных кометам присваивается фотометрический возраст (Page) – показатель, определяющий, насколько комета истощила свои запасы газов. По этому признаку кометы делятся на 5 возрастных групп.

Заметна фотометрического возраста от разницы яркости (Asec) (рис. 1).

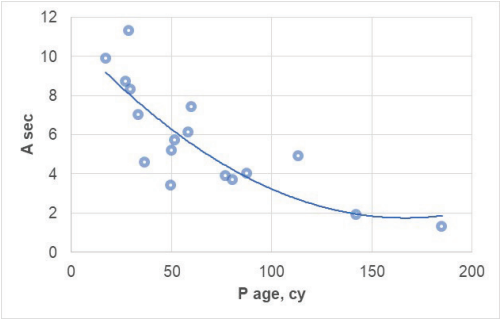


Рис. 1 — График диапазона яркости от фотометрического возраста

3. Заключение

Для 17 из 105 комет, имеющих достаточные данные наблюдений, был определён эволюционный статус на основе диапазона яркости их активности. Эти кометы отнесены к 4 возрастным группам, за исключением самых молодых.

ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ ТРЕУГОЛЬНИКА

Адамян А. А.
Под руководством Третьякова Д. В
Малая Академия Наук «Искатель»
г. Симферополь
Email: maniskatel@crimeaedu.ru

Abstract — Some properties of the triangle are considered.

1. Введение

Условие задачи.

Дан треугольник ABC со стороной a, где вершина A находится в начале координат. На сторонах AB и BC выбирают точки M и N так, что отрезок MN параллелен стороне AC. По отрезкам MN, AN и CM построен треугольник MNL. При каком соотношении между отрезками AC и MN площадь треугольника MNL принимает максимальное значение, где MN = h. Аналогичные задачи решаются для равнобедренного и равностороннего треугольника.

2. Основная часть

Изначально определим координаты точек в каждом из треугольников и подставим в определитель для нахождения площадей. Получим следующие значения площадей:

$S_{\triangle MNL} = \frac{\sqrt{3}h^2(a-h)}{4(a+h)}$ — для равностороннего;

$S_{\triangle MNL} = \frac{tg\alpha \cdot h^2(a-h)}{4(a+h)}$ — для равнобедренного;

$S_{\triangle MNL} = \frac{h^2 tg\alpha tg\beta(a-h)}{(a+h)(tg\alpha+tg\beta)}$ — для разностороннего.

Обозначим отношение $\frac{h}{a}$ через k. Очевидно, что $k \in (0,1)$. Тогда $h = ak$

Исследуем функцию $\omega(k) = \frac{k^2(1-k)}{1+k}$ на максимум, которая возникает в каждом из треугольников.

В результате получаем значение $k_1 = \frac{\sqrt{5}-1}{2} = \Phi^{-1}$, где $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ — золотая пропорция.

Находим максимальную площадь в каждом из треугольников путём подставления $k = \Phi^{-1}$;

$S = \frac{\sqrt{3}h^2}{4\Phi^3}$ — для равностороннего треугольника;

$S = \frac{tg\alpha \cdot h^2}{4\Phi^3}$ — для равнобедренного треугольника;

$S = \frac{h^2 tg\alpha tg\beta(a-h)}{(a+h)(tg\alpha+tg\beta)}$ — для разностороннего треугольника.

3. Заключение

В ходе исследования установлено, что задача о максимальной площади треугольника MNL в равностороннем, равнобедренном и разностороннем случаях достигается при одном и том же значении параметра $k = \frac{1}{\Phi}$, что отражает гармоничное распределение параметров

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОРА ДЛЯ БЫСТРОГО МАЙНИНГА КРИПТОВАЛЮТЫ

Сурначев А. В.
Под руководством Ибраимовой Е. Р.
ГБОУ ДО РК МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: akropolic@yandex.ru

Abstract — The performance of various computing architectures (CPU, GPU) for the mining task was investigated and a proprietary scheme was developed that will work faster than the CPU.

1. Введение

Криптовалюты позволяют создавать открытые и безопасные системы, для манипуляций с деньгами. И все это обеспечено блок-чейном, без банков, посредников. В проекте приводятся исследования производительности различных вычислительных архитектур (CPU, GPU) для задачи майнинга и разработка собственной схемы, которая будет работать быстрее CPU.

2. Основная часть

Майнинг криптовалюты — это процесс, при котором вычислительные устройства решают задачу поиска правильного хэша блока. Для биткоина эта задача заключается в том, чтобы найти число (nonce), при котором значение функции SHA-256 для блока данных окажется меньше заданного порогового значения. (рис.1).

Архитектура	Производительность (хэшей/сек)	Особенности
CPU (Python)	~10^2	Универсален, но медленный
GPU	~10^6–10^8	Массовый параллелизм
FPGA (ядро SHA-256)	~10^3–10^4	Специализированная архитектура

Рис. 1 — Архитектура CPU, GPU и FPGA

Эта задача требует огромного количества однотипных вычислений. Поэтому эффективность майнинга напрямую зависит от того, насколько быстро устройство способно выполнять хэширование.

Задача майнинга формулируется так.

SHA256(SHA256(BlockHeader+nonce)) < Target

SHA256 — хэш-функция, которая превращает данные в 256-битное число.

Target — сложность (целевое значение).

nonce — число, которое майнер подбирает.

3. Заключение

Таким образом, изучены основы криптовалют, блокчейна и майнинга, разобраны различия в архитектуре CPU, GPU и FPGA, реализованы майнинг на CPU и FPGA, а также сравнение его с GPU (по литературным данным);

Проведены эксперименты и получены реальные показатели производительности.

РАСПОЗНАВАНИЕ МЕЛОДИИ В ВИДЕО, ПРИ ЛИШНЕМ ШУМЕ ИЛИ РЕЧИ АВТОРА

Енгалычев И. Р.
Под руководством Ибраимовой Е. Р.
ГБОУ ДО РК МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: akropolic@yandex.ru

Abstract — Methods for improving the efficiency of recognizing musical compositions from video content with contaminated audio signals based on pre-processing using audio track separation technology are investigated. The operating principles of modern audio identification services (Shazam) are analyzed, and the key reasons for their failure under challenging conditions are identified. Audio Stems Separation technology is investigated.

1. Введение

Методы машинного обучения и искусственного интеллекта, такие как разделение аудиодорожек (Stem Separation), ранее доступные только профессионалам в студиях звукозаписи, теперь воплощены в бесплатных и удобных приложениях.

2. Основная часть

Разделение звука на составные части (стэмы) — давняя задача в области обработки аудиосигналов. Традиционно она решалась с помощью аппаратных и программных эквалайзеров, гейтов и фильтров, которые были малоэффективны и приводили к значительной потере качества. Технология получила мощный импульс к развитию с приходом алгоритмов машинного обучения. В основе работы большинства сервисов распознавания музыки лежит технология создания и сравнения аудиоотпечатков (audio fingerprinting) (рис. 1).

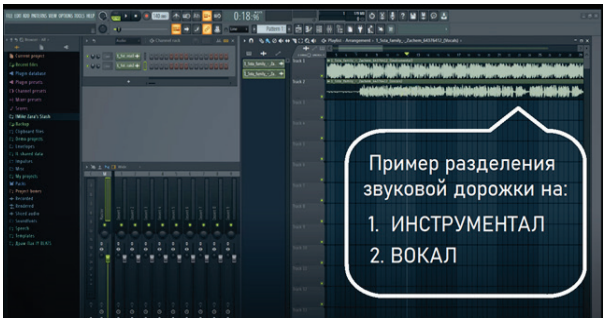


Рис. 1 — Пример разделения звуковой дорожки

Эффективность описанной технологии резко снижается при наличии следующих помех: наложение сигналов, динамическое сжатие и низкое качество, альтерации исходного трека, короткая длитель-ность фрагмента. Современные системы разделения, такие как Demucs, Spleeter.

3. Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования была подтверждена гипотеза о том, что технология разделения аудиодорожек (Audio Stems Separation) является высокоэффективным решением проблемы распознавания музыки из видео в условиях загрязненного аудиосигнала.

О СОКРАТИМОСТИ ДРОБЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Дрёмов А. А.
Под руководством Третьякова Д. В.
ГБОУ ДО РК МАН «Искатель»
г. Симферополь
E-mail: tetradyoutoo@gmail.com

Abstract — In the work, the conditions of the reducibility and non-reducibility for the fractions of special types are presented. These conditions were formulated and proved.

1. Введение

В книге А. В. Кужеля «Математическая импровизация» был рассмотрен вопрос о сократимости и несократимости дробей вида $\frac{an+b}{cn+d}$ на число m ∈ N, при a, b, c, d, n ∈ Z и (b,d) = 1,

который сводился к проверке всех натуральных делителей числа $\frac{\Delta}{(a,c)}$, где $\Delta = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}$

2. Основная часть

В данной работе была рассмотрена дробь более общего квадратичного вида

$$\frac{an^2+bn+c}{dn^2+hn+g},$$

для которой были сформулированы и доказаны условия сократимости и несократимости.

Далее в работе были рассмотрены дроби, являющиеся частными случаями данной. Такие как:

$$\frac{an^2+c}{dn^2+g} \quad \frac{bn+c}{dn^2+hn+g} \quad \frac{an^2+c}{dn^2+hn+g}$$

Для каждого частного случая были сформулированы и доказаны условия сократимости и несократимости. Использование каждого из условий на практике было проиллюстрировано примерами.

3. Заключение

В работе были рассмотрены свойства сократимости дробей специального вида в порядке их перехода от частного случая к более общему. Выведены условия сократимости и несократимости дробей данного вида. Приведены примеры использования полученных в работе условий сократимости и несократимости на практике. Результаты данной работы могут быть использованы для составления олимпиадных задач связанных с сократимостью дробей.

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАЧАМИ

Глеч Е. С.
Под руководством Глеч Е. В.
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»
г. Севастополь
E-mail: lizaglech@yandex.ru

Abstract — A program for users who want to get started with electronic diaries to record and analyze incoming information to increase their productivity.

1. Введение

Хотя существующие приложения по управлению задачами предлагают множество полезных функций, пользователи не часто их используют. Основные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи: сложность интерфейса, отсутствие гибкости, зависимость от интернета, перегруженность уведомлениями и платный функционал.

Цель работы: создать компьютерное приложение для записи задач с возможностью их ручной и автоматической сортировки и анализа для повышения продуктивности пользователей.

2. Основная часть

Среди множества подходов к планированию задач для реализации в приложении был выбран алгоритм GTD, который помогает ускорить процесс принятия решений относительно поступающей информации. В программе он реализован в виде дерева решений с использованием рекурсивного метода. Отвечая на наводящие вопросы, пользователь позволяет программе поместить задачу в один из шести списков.

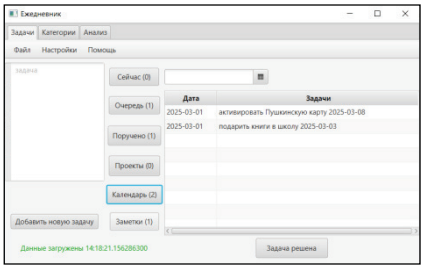


Рис.1 — Управление задачами с помощью алгоритма GTD

В дополнение к методу управления задачами GTD, в программе реализована автоматическая сортировка задач по категориям. Подпись к категории подается на вход библиотеки demidko/aot - общедоступная Java/Kotlin библиотека, для работы с русским языком. Пользователь может выбрать промежуток времени и получить отчет по количеству каждого типа задач в виде гистограммы.

3. Заключение

Программа разработана на языке программирования Java с использованием графической библиотеки JavaFX и доступна для скачивания в виде exe-файла. Исходный код программы доступен на github.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Сборник научных трудов

Вып 8, 2025 г.

Рубрики сборника:

1. Радиоэлектронные комплексы, системы и устройства, 2. Инфокоммуникационные системы и сети, 3. Программируемые устройства микро- и наноэлектроники, 4. Антенны, устройства микроволновой техники и радиофотоника, 5. Измерение и контроль параметров сигналов, цепей, материалов и технологических процессов, 6. Методы и средства цифровой обработки информации и компьютерные технологии, 7. Схемотехника и компонентная база электронных устройств, 8. Интеллектуальные технические системы, 9. Web-технологии и компьютерная графика, 10. Методы и средства обеспечения безопасности объектов и информации, 11. Исторические аспекты радиоэлектронных и телекоммуникационных технологий.

Адрес редакции:
ул. Университетская, д. 33, Севастополь, 299053
Тел. редакции: (8692) 41-77-41 (добавочный 1069)
https://www.sevsu.ru/nauka/nt-potencial/pechat-izdaniya-vedushim/sbornik-nauchnykh-trudov-sovremennye-problemy-radioelektroniki-i-telekommunikatsiy
E-mail: confrt@sevsu.ru

Отпечатано в типографии Printex
ул. Кулакова, д. 59а, Севастополь, 299011
Тел.: (8692) 46-47-44, (8692) 45-56-78

Публикуемые материалы прошли обязательную процедуру рецензирования и экспертного отбора. Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, данных, имен собственных и прочих сведений.

Редакция не несет ответственности за нарушение авторами исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности третьих лиц. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с позицией авторов.

Учредитель и издатель
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, Севастополь, 299053

Главный редактор: Савочкин А. А.

Подписано к печати 10.10.2025. Заказ 350025. Дата выхода в свет: 25.12.2025. Тираж: 45 экз.
Свободная цена. Формат 89×124М/16. Бумага офсетная. Уч.-изд. л. 32,2