

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№4(28)
2024

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Выходит 4 раза в год

ISSN 2658-4727

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И
ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНО-
ПРИБОРОСТРОЕНИИ**
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Севастополь, 2024

Главный редактор
Филипович О.В., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Заместитель главного
редактора
Балакин А.И., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Научный редактор
Бохонский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)

Редакционная коллегия
Варганов М.В., д.т.н., проф.
(г. Москва)
Греков Н.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Доронина Ю.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Жмудь В.А., д.т.н., доц.,
(г. Новосибирск)
Краснодубец Л.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Моисеев Д.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Осипов К.Н., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Песчанский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Петрешин Д.И., д.т.н., проф.
(г. Брянск)
Прейс В.В., д.т.н., проф.
(г. Тула)
Щенятский А.В., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Заморёнов М.В., к.т.н., доц
(г. Севастополь)
Майстришин М.М., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Рапацкий Ю.Л., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

- Жиляков П.В.** Задача самонаведения автономных подводных аппаратов в 4
присутствии подводных течений
Вильсон Н.Г., Володин А.Н. Анализ основных методов и способов 15
управления БПЛА в том числе с использованием технологий
искусственного интеллекта
Грушун А.И., Грушун Т.А., Осадченко А.Е., Карапетян В.А. 31
Обеспечение устойчивости системы автоматического управления
промышленного робота

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Бохонский А.И., Варминская Н.И., Карташов Л.Е., Майстришин М.М.** 41
Снижение энергоёмкости управляемого движения объекта
Жмудь В.А. Компромиссный характер задачи фильтрации шумов в 48
системах с обратной связью
Филипович О.В., Камцев В.А. Аппроксимация квадратичной функцией 67
нелинейной зависимости «вход-выход» при селективной сборке двух
элементов
Осипов К.Н., Новиков В.В. Модель оценки остаточного ресурса 74
машиностроительных изделий общетехнического назначения

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- Бурлака В.В., Гулаков С.В., Головин А.Ю.** Прибор для импульсных 85
испытаний транзисторов MOSFET и IGBT
Васютенко А.П., Балакин А.И. Моделирование статических характеристик 93
рычажного пневматического преобразователя
Ширшин А.В., Федоров А.В. Сравнение алгоритмов кластерной 103
сегментации данных рентгеновской компьютерной томографии
полимерных композиционных материалов

Подписной индекс научного журнала 85768 по интернет-каталогу «Пресса России».

Научный журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ производствами (технические науки);

2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды производствами (технические науки);

2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Учредитель и издатель: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» ул. Университетская, 33. Севастополь, 299053.

Editor-in-Chief

Filipovich O.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Deputy Editor-in-Chief

Balakin A.I., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Scientific Editor

Bokhonsky A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Editorial Board

Vartanov M.V., doctor of technical sciences, professor (Moscow)

Grekov N.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Doronina Yu.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Zhmud V.A., doctor of technical sciences, docent (Novosibirsk)

Krasnodubets L.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Moiseev D.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Obzherin Yu.E., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Osipov K.N., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Peschanskiy A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Petreshin D.I., doctor of technical sciences, professor (Bryansk)

Preis V.V., doctor of technical sciences, professor (Tula)

Schenyatsky A.V., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Zamoryonov M.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Maystrishin M.M., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Rapatsky Yu.L., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

CONTENTS

AUTOMATION AND CONTROL OF PROCESSES AND PRODUCTIONS

- Zhilyakov P.V.** The task of self-guiding autonomous underwater vehicles in the presence of underwater currents 4
- Wilson N.G., Volodin A.N.** Analysis of the basic methods of UAV control, including using artificial intelligence technologies 15
- Grushun A.I., Grushun T.A., Osadchenko A.E., Karapetyan V.A.** Ensuring stability of the automatic control system of an industrial robot 31

MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

- Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Kartashov L.E., Maistrishin M.M.** Reducing the energy capacity of controlled movement of an object 41
- Zhmud V.A.** Compromise nature of the noise filtering problem in feedback systems 48
- Filipovich O.V., Kamtsev V.A.** Approximation by a quadratic function of the nonlinear input-output relationship for selective assembly of two elements 67
- Osipov K.N., Novikov V.V.** Model for assessing the residual resource of general-purpose engineering products 74

MEASURING INSTRUMENTS AND METHODS

- Burlaka V.V., Gulakov S.V., Golovin A.Yu.** Pulse testing device for MOSFET and IGBT transistors 85
- Vasyutenko A.P., Balakin A.I.** Modeling of static characteristics of lever pneumatic transducer 93
- Shirshin A.V., Fedorov A.V.** Comparison of algorithms for cluster segmentation of polymer composites X-ray computed tomography data 103

Subscription index of the scientific journal is 85768 according to the Internet catalogue "Press of Russia".

The scientific journal is included in the "List of peer-reviewed scientific editions, in which the main results of dissertations for the degree of Candidate of sciences, for the degree of Doctor of sciences should be published", approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, in the following scientific specialties:

1.2.2. Mathematical modeling, numerical methods and software packages

2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnostics of materials, products, substances and the natural environment

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions

Founder and publisher: FSAEI HE «Sevastopol State University» ul. Universitetskaya, 33. Sevastopol, 299053.

© FSAEI HE «Sevastopol State University»

© Authors of the articles

ЗАДАЧА САМОНАВЕДЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В ПРИСУТСТВИИ ПОДВОДНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Жиляков П.В.

THE TASK OF SELF-GUIDING AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES IN THE PRESENCE OF UNDERWATER CURRENTS

Zhilyakov P.V.

Аннотация. Рассматривается задача приведения автономных подводных аппаратов к заданной цели при движении в горизонтальной плоскости и действии сильного, изменяющегося во времени течения. Управление формируется по изображениям, поступающих с видеокамеры или гидроакустического датчика. Для приведения АПА к цели используется несколько методов самонаведения, наблюдатель течения с коррекцией течения. Результаты иллюстрируются компьютерным моделированием.

Abstract. This article considers the problem of bringing autonomous underwater vehicles to a given target when moving in a horizontal plane and under the action of a strong, time-varying current. The control is formed from images coming from a video camera or a sonar sensor. To bring the APA to the target, several homing methods are used, a flow observer with flow correction. The results are illustrated by computer modeling.

Ключевые слова. Автономные подводные аппараты, система управления с обратной связью, методы наведения на цель, наблюдатель подводного течения, компенсация подводного течения.

Keywords. Autonomous underwater vehicles, feedback control system, aiming method, underwater current observer, underwater current compensation.

Жиляков Павел Владимирович, младший научный сотрудник, yanyu@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Zhilyakov Pavel Vladimirovich, research assistant, yanyu@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

**АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА В ТОМ ЧИСЛЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Вильсон Н.Г., Володин А.Н.

**ANALYSIS OF THE BASIC METHODS OF UAV CONTROL, INCLUDING USING ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

Wilson N.G., Volodin A.N.

Аннотация. В статье приведен обзор существующих систем управления БПЛА, методов и способов применения нейронных сетей в задачах управления, навигации и распознавания. Рассмотрены методы и способы совершенствования существующих систем управления позиционирования БПЛА в том числе с помощью нейронных сетей (искусственного интеллекта).

Abstract. The article provides an overview of existing UAV control systems, methods of using neural networks in control, navigation and recognition tasks. The methods and methods of improving existing UAV positioning control systems, including using neural networks (artificial intelligence), are considered.

Ключевые слова. Нейронные сети, позиционирование, беспилотные летательные аппараты, системы навигации, двухчастотный метод.

Keywords. Neural networks, positioning, unmanned aerial vehicles, navigation systems, two-frequency method.

Вильсон Нина Геннадиевна, преподаватель, nina0506@mail.ru, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Володин Андрей Николаевич, канд. техн. наук, доц., доцент, 331007andrey@mail.ru, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Wilson Nina Gennadievna, lecturer, nina0506@mail.ru, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

Volodin Andrey Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, 331007andrey@mail.ru, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Грушун А.И., Грушун Т.А., Осадченко А.Е., Карапетьян В.А.

ENSURING STABILITY OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Grushun A.I., Grushun T.A., Osadchenko A.E., Karapetyan V.A.

Аннотация. Рассматривается алгебраический метод построения областей с гарантированным показателем устойчивости систем автоматического управления (САУ) промышленных роботов. Классическое решение такой задачи требует многократного построения частотных годографов, которые имеют нерегулярный характер изменения, и для сложных систем их построение может превратиться в существенную проблему, связанную с выбором шага изменения и максимального значения частоты. В свою очередь, для решения задачи нужны годографы не в целом (не во всем диапазоне частот), а лишь их отдельные точки, с помощью которых определяются границы искомых областей и значения необходимых параметров. Предлагается определять наличие этих точек по положительным вещественным корням специальным образом построенных алгебраических уравнений, что не требует перебора значений частотных характеристик, тем самым не требует их непосредственного построения. Вычисление положительных вещественных корней, в отличие от вычисления комплексных корней, не представляет сложности. Предлагаемое решение задачи позволяет полностью автоматизировать процесс получения результата, повысить сложность исследуемых САУ промышленных роботов и сократить временные затраты при построении искомых областей.

Abstract. An algebraic method for constructing areas with a guaranteed stability indicator for automatic control systems (ACS) of industrial robots is considered. The classical solution to such a problem requires repeated construction of frequency hodographs. These hodographs have an irregular pattern of change, and for complex systems their construction can turn into a significant problem associated with the choice of the change step and the maximum frequency value. In turn, to solve the problem, hodographs are needed not as a whole (not in the entire frequency range), but only their individual points, with the help of which the boundaries of the sought areas and the values of the necessary parameters are determined. It is proposed to determine the presence of these points by positive real roots of specially constructed algebraic equations, which does not require enumeration of the values of frequency characteristics, thereby not requiring their direct construction. Calculating positive real roots, unlike calculating complex roots, is not difficult. The proposed solution to the problem allows you to fully automate the process of obtaining the result, increase the complexity of the studied ACS of industrial robots and reduce the time costs when constructing the required areas.

Ключевые слова. Промышленный робот, линейная система автоматического управления, устойчивость, область устойчивости, положительные вещественные корни.

Keywords. Industrial robot, linear automatic control system, stability, stability area, positive real roots

Грушун Андрей Иванович, канд. техн. наук, доц., доцент, a.gran69@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Грушун Татьяна Александровна, канд. техн. наук, доц., доцент gai_gta@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Осадченко Александр Евгеньевич, канд. техн. наук, доцент, aeosadchenko@rambler.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Карапетьян Валерий Артёмович, канд. техн. наук, доц., доцент karvalart@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Grushun Andrey Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, a.gran69@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Grushun Tatiana Alexandrovna, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, gai_gta@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

*Osadchenko Alexander Evgenievich, candidate of technical sciences, associate professor,
aeosadchenko@rambler.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University*

*Karapetyan Valery Artemovich, candidate of technical sciences, associate professor, associate
professor, karvalart@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University*

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Бохонский А.И., Варминская Н.И., Карташов Л.Е., Майстришин М.М.

REDUCING THE ENERGY CAPACITY OF CONTROLLED MOVEMENT OF AN OBJECT

Bokhonsky A.I., Varminskaya N.I., Kartashov L.E., Maistrishin M.M.

Аннотация. На примерах релейного управления, классического, основанного на вариационном методе теории оптимального управления, и реверсионно конструируемого показана тенденция снижения энергии при достижении цели оптимального движения (типа разгон-торможение). Рассмотрен единый подход, основанный на задании перемещения в виде полинома с вычислением его коэффициентов при использовании краевых условий (критерий оптимальности заранее не задается). При реверсионном конструировании управления выявлено снижение энергии оптимального управления за счет уменьшения импульсов ускорений переносного движения как при разгоне, так и при торможении.

Abstract. The tendency of energy reduction upon achieving the goal of optimal motion (such as acceleration-braking) is shown using examples of relay control, classical control, control based on the variational method of optimal control theory, and reverse-designed control. A unified approach based on specifying the motion as a polynomial with calculation of its coefficients using boundary conditions (the optimality criterion is not specified in advance) is considered. Reverse-designed control reveals a decrease in the energy of optimal control due to a decrease in the impulses of acceleration of the translational motion both during acceleration and braking.

Ключевые слова. Оптимальное переносное ускорение (управление), релейное управление, классическое управление, реверсионно конструируемое, энергоёмкость управлений.

Keywords. Optimal transfer acceleration (control), relay control, classical control, reversibly constructed, energy intensity of controls.

Бохонский Александр Иванович, д-р. техн. наук, проф., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Варминская Наталья Ивановна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, nvarminska@gmail.com, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Карташов Леонид Евгеньевич, канд. техн. наук, доц., доцент, LEKartashov@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Майстришин Михаил Михайлович, канд. техн. наук, доц., директор колледжа, mihaail.maystrishin@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Bokhonskiy Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Varminskaya Natalya Ivanovna, candidate of technical sciences, associate professor, head of department, nvarminska@gmail.com, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

Kartashov Leonid Evgenievich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, LEKartashov@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Maistrishin Mikhail Mikhailovich, candidate of technical sciences, associate professor, college director, mihaail.maystrishin@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

КОМПРОМИССНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ШУМОВ В СИСТЕМАХ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Жмудь В.А.

COMPROMISE NATURE OF THE NOISE FILTERING PROBLEM IN FEEDBACK SYSTEMS

Zhmud V.A.

Аннотация. Широкое применение систем с отрицательной обратной связью объясняется их несомненными достоинствами: выходной сигнал в них весьма точно повторяет предписание (сигнал задания), а помеха, действующая на объект, как и небольшие изменения параметров математической модели объекта, практически не влияет на результат управления таким объектом. Как правило, принято результат измерения выходного сигнала, который используется для управления объектом, предварительно фильтровать для получения достаточного отношения сигнал/шум. Большинство разработчиков руководствуются правилом оптимального выделения сигнала на фоне шума, то есть используют такой фильтр, частота среза которого проходит через точку пересечения спектров сигнала и шума. Однако теоретически можно предсказать и на практике часто подтверждается, что подобная фильтрация хотя и способствует повышению отношения сигнал/шум в фильтрованном сигнале за счёт подавления шумов за пределами основной части спектра сигнала, иногда не улучшает возможности управления, а наоборот вредит этим возможностям, приводя к снижению устойчивости системы или к необходимости снижения её быстродействия. Причиной этого является утрата высокочастотной компоненты сигнала, хотя бы даже в этой области частот отношение сигнал/шум намного ниже единицы. Желательно сохранять значительную часть этого спектра сигнала. Эти теоретические утверждения не подкреплялись систематическими исследованиями и поэтому зачастую не вызывают должного доверия со стороны разработчиков таких систем, а когда подобное всё же получает экспериментальные доказательства в частных случаях, это вызывает удивление у разработчиков. Опыт автора показывал, что при использовании распространённого требования, состоящего в том, чтобы частота среза фильтра превышала частоту создаваемой системы автоматического регулирования, как минимум, на порядок, недостаточно. Требуется, чтобы частота фильтра была в 50 и более раз выше, чем частота, ограничивающая рабочую полосу системы. Данная статья предлагает исследование этого теоретического положения методом численного моделирования с целью доказательства и демонстрации необходимости преодоления противоречивости требований лучшей фильтрации и сохранения малого запаздывания по измеряемому сигналу, что требует решения компромиссной задачи с целью отыскания оптимального решения этой проблемы.

Abstract. The widespread use of negative feedback systems is explained by their undoubted advantages: the output signal in them very accurately repeats the prescription (setting signal), and the interference acting on the object, as well as small changes in the parameters of the mathematical model of the object, practically does not affect the result of controlling such an object. As a rule, it is accepted to pre-filter the result of measuring the output signal, which is used to control the object, to obtain a sufficient signal-to-noise ratio. Most developers are guided by the rule of optimal signal isolation against the background of noise, that is, they use a filter whose cutoff frequency passes through the intersection point of the signal and noise spectra. However, it can be theoretically predicted and is often confirmed in practice that such filtering, although it helps to increase the signal-to-noise ratio in the filtered signal due to the suppression of noise outside the main part of the signal spectrum, sometimes does not improve control capabilities, but on the contrary harms these capabilities, leading to a decrease in the stability of the system or to the need to reduce its speed. The reason for this is the loss of the high-frequency component of the signal, although even in this frequency range the signal-to-noise ratio is much lower than unity. It is desirable to preserve a significant part of this signal spectrum. These theoretical statements have not been supported by systematic studies and therefore often do not inspire due confidence on the part of developers of such systems, and when something similar does receive experimental evidence in particular cases, it surprises developers. The author's experience has shown that when using a common requirement that the filter cutoff frequency exceed the frequency of the automatic control system being created by at least an order of magnitude, it is not enough. It is required that the filter frequency be 50 or more times higher than the frequency limiting the operating band of the system. This article proposes a study of this theoretical position using the numerical simulation method in order to prove and demonstrate the need to overcome the inconsistency of the requirements for better filtering and maintaining a small delay in the measured signal, which requires solving a compromise problem in order to find an optimal solution to this problem.

Ключевые слова. Регулятор, динамическая ошибка, стабилизация, управление, моделирование, оптимизация, ПИД, ПИ²Д

Keywords. Controller, dynamic error, stabilization, control, modeling, optimization, PID, PI²D.

Жмудь Вадим Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой Лазерных систем Новосибирского государственного технического университета, старший научный сотрудник Алтай-Саянского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизической службы РАН, Отдел деформационного мониторинга земной коры, Россия, ведущий научный сотрудник Института лазерной физики СО РАН, заместитель генерального директора по науке Акционерного общества «Новосибирский институт программных систем», zhмud@corp.nstu.ru, v.zhмud@nips.ru, oao_nips@bk.ru

Vadim Zhмud, D.Sc. (Eng.), Associate Professor, Head of the Laser Systems Department of Novosibirsk State Technical University, Senior Researcher of the Altai-Sayan Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences, Department of Deformation Monitoring of the Earth's Crust, Russia, Leading Researcher of the Institute of Laser Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director General for Science of Novosibirsk Institute of Software Systems. zhмud@corp.nstu.ru, v.zhмud@nips.ru, oao_nips@bk.ru

АППРОКСИМАЦИЯ КВАДРАТИЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ «ВХОД-ВЫХОД» ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ

Филипович О.В., Камцев В.А.

APPROXIMATION BY A QUADRATIC FUNCTION OF THE NONLINEAR INPUT-OUTPUT RELATIONSHIP FOR SELECTIVE ASSEMBLY OF TWO ELEMENTS

Filipovich O.V., Kamtsev V.A.

Аннотация. Рассмотрен технологический процесс однопараметрической селективной сборки с известной нелинейной зависимостью между входными и выходным параметрами. Предложен вариант аппроксимации исходной модели «вход-выход» квадратичной функцией для случая сборки двух элементов. В качестве метода аппроксимации использован многомерный метод наименьших квадратов. Выведены зависимости, связывающие предельные значения, предельные отклонения и допуски параметров собираемых элементов. Приведены примеры моделирования, обозначены перспективы дальнейших исследований.

Abstract. The technological process of one-parameter selective assembly with known nonlinear dependence between input and output parameters is considered. A variant of approximation of the initial model 'input-output' by a quadratic function for the case of assembly of two elements is proposed. The multivariate least squares method is used as an approximation method. Dependences linking limit values, limit deviations and tolerances of parameters of assembled elements are derived. Modelling examples are given and prospects for further research are outlined.

Ключевые слова. Селективная сборка, нелинейная зависимость, аппроксимация, квадратичная функция.

Keywords. Selective assembly, nonlinear dependence, approximation, quadratic function.

Филипович Олег Викторович, канд. техн. наук, доц., доцент, ophisl@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Камцев Вячеслав Андреевич, ассистент, kva_m98@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Filipovich Oleg Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, ophisl@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kamtsev Vyacheslav Andreevich, assistant, kva_m98@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Осипов К.Н., Новиков В.В.

MODEL FOR ASSESSING THE RESIDUAL RESOURCE OF GENERAL-PURPOSE ENGINEERING PRODUCTS

Osipov K.N., Novikov V.V.

Аннотация. *Предлагается математическая вероятностно-статистическая модель расчета вероятности безотказной работы изделий общетехнического машиностроения, например, таких как редукторы, насосы, электрические моторы и т.д. по результатам измерений вектора информационных параметров в режиме реального времени эксплуатации, т.е. в условиях, когда решение о продолжении процесса эксплуатации должно быть принято до момента времени поступления нового наблюдения. Предлагаемая модель не привязана к конкретному изделию и поэтому может быть использована для широкого круга машиностроительных изделий.*

Abstract. *A mathematical probabilistic-statistical model is proposed for calculating the probability of failure-free operation of general engineering products, such as gearboxes, pumps, electric motors, etc. based on the results of measurements of the vector of information parameters in real-time operation, i.e. under conditions when the decision to continue the operation process must be made before the time of receipt of a new observation. The proposed model is not tied to a specific product and can therefore be used for a wide range of engineering products.*

Ключевые слова. *Моделирование, анализ результатов измерений, функция безотказности.*

Keywords. *Modeling, analysis of measurement results, failure-free function.*

Осипов Константин Николаевич, д-р. техн. наук, доц., профессор, knosipov@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Новиков Владимир Витальевич, д-р. техн. наук, профессор, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Osipov Konstantin Nikolaevich, doctor of technical sciences, associate professor, professor, knosipov@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

Novikov Vladimir Vitalievich, doctor of technical sciences, professor, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

ПРИБОР ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРАНЗИСТОРОВ MOSFET И IGBT

Бурлака В.В., Гулаков С.В., Головин А.Ю.

PULSE TESTING DEVICE FOR MOSFET AND IGBT TRANSISTORS

Burlaka V.V., Gulakov S.V., Golovin A.Yu.

Аннотация. Предложен прибор для импульсных испытаний силовых n-канальных транзисторов IGBT и MOSFET. Приведена принципиальная электрическая схема и дано описание работы ее отдельных узлов. Применение импульсных измерений позволило создать малогабаритный прибор с небольшой потребляемой мощностью (питание от шины USB). При этом имеется возможность определять пробивное напряжение канала в диапазоне до 1000 В и сопротивление канала открытого транзистора при токе до 80 А. Имеется также возможность оценки порогового напряжения, заряда затвора и входной емкости испытуемого транзистора. Сохранение и обработка данных измерений производится на ПК посредством специально разработанной утилиты.

Abstract. A device for pulse testing of power n-channel IGBT and MOSFET transistors is proposed. The device schematic diagram is shown and the operation of its individual blocks is described. The use of pulse measurements made it possible to create a small-sized device with low power consumption (the device is powered from the USB bus). At the same time, it is possible to determine the breakdown voltage of the transistor under test in the range of up to 1000 V and the channel resistance of the switched-on transistor under test at a current of up to 80 A. It is also possible to estimate the threshold voltage, gate charge and input capacitance of the transistor under test. Saving and processing of measurement data is performed on a PC using a specially developed utility.

Ключевые слова. Измерение параметров, MOSFET, IGBT, заряд затвора, сопротивление канала, напряжение насыщения, пробивное напряжение.

Keywords. Parameters measurement, MOSFET, IGBT, gate charge, on-state resistance, saturation voltage, breakdown voltage.

Бурлака Владимир Владимирович, д-р. техн. наук, доц., директор Научно-технического центра, vburlaka@rambler.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

Гулаков Сергей Владимирович, д-р. техн. наук, проф., ведущий научный сотрудник, gulakov.s.v@yandex.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

Головин Андрей Юрьевич, младший научный сотрудник, a.golovin@tms-2022.ru, Россия, Мариуполь, ФГБОУ ВО «Приазовский государственный технический университет»

Burlaka Vladimir Vladimirovich, doctor of technical sciences, associate professor, head of department, vburlaka@rambler.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

Gulakov Sergey Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, leading researcher, gulakov.s.v@yandex.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

Golovin Andrey Yurievich, research assistant, a.golovin@tms-2022.ru, Russia, Mariupol, Pryazovskyi State Technical University

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИК РЫЧАЖНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Васютенко А.П., Балакин А.И.

MODELING OF STATIC CHARACTERISTICS OF LEVER PNEUMATIC TRANSDUCER

Vasyutenko A.P., Balakin A.I.

Аннотация. Приведены схема и описание работы рычажного пневматического преобразователя для линейных измерений с регулируемыми проходными сечениями каналов истечения воздуха через входное и измерительное сопла. Дана структурная схема преобразования измерительного сигнала, сформулирована цель работы – определение метрологических параметров исследуемого преобразователя (диапазонов измерений и чувствительности) на основе моделирования их статических характеристик при различных значениях конструктивных параметров. Приведены результаты сравнительного анализа метрологических характеристик исследуемого и известного преобразователя типа сопло-заслонка с регулируемым измерительным соплом.

Abstract. The scheme and description of lever pneumatic transducer for linear measurements with adjustable cross-sections of air flow channels through the inlet and measuring nozzles are given. The structural scheme of measuring signal conversion is given, the aim of the work is formulated - determination of metrological parameters of the investigated transducer (measuring ranges and sensitivity) on the basis of modeling of their static characteristics at different values of design parameters. The results of comparative analysis of metrological characteristics of the investigated and known transducer of the nozzle-flap type with adjustable measuring nozzle are presented.

Ключевые слова. Пневматика, преобразователь, чувствительность, измерение, диапазон измерения, моделирование.

Keywords. Pneumatics, transducer, sensitivity, measurement, measurement range, modeling.

Васютенко Александр Павлович, канд. техн. наук, доц., доцент, APVasutenko@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Балакин Алексей Игоревич, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры, AIBalakin@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Vasyutenko Alexander Pavlovich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, APVasutenko@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Alexey Igorevich, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, AIBalakin@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шишкин А.В., Федоров А.В.

COMPARISON OF ALGORITHMS FOR CLUSTER SEGMENTATION OF POLYMER COMPOSITES X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY DATA

Shirshin A.V., Fedorov A.V.

Аннотация. Рентгеновская компьютерная томография (РКТ) является одним из наиболее информативных методов неразрушающего контроля полимерных композиционных материалов (ПКМ) и изделий из них. Одним из важных этапов РКТ изделий из ПКМ является сегментация, автоматизация которой представляет исследовательский интерес. Используются синтетические данные и данные РКТ, полученные от образцов ПКМ с различной внутренней структурой. Выбрано два алгоритма трёхмерной кластеризации: водоразделов (ВР) и суперпикселей (супервокселей) с линейной итеративной кластеризацией (СЛИК) и оценена их эффективность по параметрам: доля несовпадений границ кластеров и сферичность кластеров, а также производительность по времени разбиения датасета на необходимое число кластеров. Точность совпадения границ на реальных данных при разбиении на 250 кластеров составляет 92 % (СЛИК) и 85 % (ВР). Сферичность кластеров для обоих алгоритмов превышает 50 %, что позволяет в дальнейшем классифицировать их методами радиомического анализа. Отмечен рост времени кластеризации алгоритмом СЛИК при увеличении числа кластеров, при этом производительность алгоритма водоразделов значимо не изменялась во всём диапазоне разбиения.

Abstract. X-ray computed tomography (XCT) is one of the most informative methods of non-destructive testing of polymer composite materials (PCM) and products made from them. One of the important stages of the XCT of PCM products is segmentation, the automation of which is of research interest. Synthetic data and XCT data obtained from PCM samples with different internal structures are used. Two algorithms of three-dimensional clustering were selected: watershed (WS) and simple linear iterative clustering (SLIC) and their effectiveness was evaluated according to the parameters: the proportion of mismatches of cluster boundaries and the sphericity of clusters, as well as the time performance of splitting the dataset into the required number of clusters. The accuracy of matching boundaries on real data when divided into 250 clusters is 92% (SLIC) and 85% (WS). The sphericity of clusters for both algorithms exceeds 50%, which makes it possible to further classify them using radiomic analysis methods. The increase in clustering time by the SLIC algorithm was noted with an increase in the number of clusters, while the performance of the watershed algorithm did not significantly change over the entire partition range.

Ключевые слова. Полимерные композитные материалы, рентгеновская компьютерная томография, сегментация, алгоритм водоразделов, алгоритм суперпикселей с линейной итеративной кластеризацией.

Keywords. Polymer composite materials, X-ray computed tomography, segmentation, watershed algorithm, simple linear iterative clustering algorithm.

Шишкин Александр Вадимович, asmdot@gmail.com, Россия, Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Федоров Алексей Владимирович, д-р техн. наук, проф., профессор, afedor62@yandex.ru, Россия, Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Shirshin Aleksandr Vadimovich, asmdot@gmail.com, Russia, Saint-Petersburg, ITMO University

Fedorov Alexey Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, professor, afedor62@yandex.ru, Russia, Saint-Petersburg, ITMO University