

ԲԱՆԲԵՐ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

№ 2 ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ, ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ
2024

Երևան 2025

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА АРМЕНИИ

№ 2 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭНЕРГЕТИКА
2024

Ереван 2025

PROCEEDINGS
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY
OF ARMENIA

№ 2 ELECTRICAL ENGINEERING, ENERGETICS
2024

Yerevan 2025

Բանբերը հրատարակվում է 1998 թվականից, հանդեսը՝ 2012 թ.

Բանբերի խմբագրական խորհուրդ. Ա.Ժ. Խաչատրյան (գլխավոր խմբագիր, ֆ.մ.գ.դ.), Ո.Ձ. Մարուխյան (գլխավոր խմբագրի տեղակալ, տ.գ.թ.), Օ.Ա. Ջաղոյան (պատասխանատու քարտուղար, տ.գ.թ.), Ս.Գ. Աղբալյան (տ.գ.դ.), Մ.Ք. Բաղդասարյան (տ.գ.դ.), Բ.Ս. Բալասանյան (տ.գ.դ.), Ա.Վ. Թադևոսյան (տ.գ.թ.), Ս.Հ. Սիմոնյան (տ.գ.դ.), Գ.Պ. Վարդանյան (տ.գ.թ.)

Հանդեսի խմբագրական խորհուրդ. Մ.Ք. Բաղդասարյան (հանդեսի գլխավոր խմբագիր, տ.գ.դ.), Վ.Ս. Սաֆարյան (հանդեսի գլխավոր խմբագրի տեղակալ, տ.գ.դ.), Ա.Լ. Մայիլյան (հանդեսի պատասխանատու քարտուղար, տ.գ.թ.), Մ.Ա. Արամյան (տ.գ.դ.), Գ.Վ. Բարեղամյան (տ.գ.դ.), Ն.Պ. Բաղդալյան (տ.գ.դ.), Ա.Խ. Գրիգորյան (տ.գ.դ.), Ժ.Դ. Դավիդյան (տ.գ.դ.), Ա.Ա. Հակոբյան (տ.գ.թ.), Բ.Մ. Մամիկոնյան (տ.գ.դ.), Վ. Պարֆյոնով (տ.գ.դ.), Վ.Գ. Պետրոսյան (տ.գ.դ.)

Խմբագիրներ՝ Ժ.Ս. Սեյրանյան, Հ.Տ. Պետրոսյան, Հ.Ձ.Ղազարյան
© Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան (ՀԱՊՀ)
«Ճարտարագետ» հրատարակչություն, հասցեն՝ 0009, Երևան, Տերյան 105, ՀԱՊՀ
banber.polytechnic.am

Вестник издается с 1998 г., журнал – с 2012 г.

Редакционная коллегия Вестника: А.Ж. Хачатрян (главный редактор, д. ф-м.н.), В. З. Марухян (зам. главного редактора, к.т.н.), О.А. Задоян (ответственный секретарь, к.т.н.), С.Г. Агбалин (д.т.н.), Г.П. Варданян (к.т.н.), М.К. Багдасарян (д.т.н.), Б.С. Баласаян (д.т.н.), С.О. Симонян (д.т.н.), А.В. Тадевосян (к.т.н.)

Редакционная коллегия журнала: М.К. Багдасарян (главный редактор журнала, д.т.н.), В.С. Сафарян (зам. главного редактора журнала, д.т.н.), А.Л. Маилян (ответственный секретарь журнала, к.т.н.), А.А. Акобян (к.т.н.), А.Х. Григорян (д.т.н.), М.А. Арамян (д.т.н.), Н.П. Бадалян (д.т.н.), Г.В. Барегамян (д.т.н.), Ж.Д. Давидян (д.т.н.), Б.М. Мамиконян (д.т.н.), В. Парфёнов (д.т.н.), В.Г. Петросян (д.т.н.)

Редакторы: Ж.С. Сейранян, А.Ц. Петросян, А.З. Казарян
© Издательство Национального инженерного университета Армении (НПУА) “Чартарагет”, Адрес: 0009,
Ереван, ул. Теряна 105, НПУА
vestnik.polytechnic.am

The proceedings has been published since 1998, the Journal since 2012

Editorial Council of Proceedings: A.Zh. Khachatryan (Editor-in-chief, doctor of Phys-math. sciences), V.Z. Marukhyan (vice Editor-in-chief of the Journal, cand. of tech. sciences), O. A. Zadoyan (responsible secretary, cand. of tech. sciences), S.G. Aghbalyan (doctor of tech. sciences), M.K. Baghdasaryan (doctor of tech. sciences), B.S. Balasanyan (doctor of tech. sciences), S.H. Simonyan (doctor of tech. sciences), A.V. Tadevosyan (cand. of tech. sciences), G.P. Vardanyan (cand. of tech. sciences)

Editorial Council of the journal: M.K. Baghdasaryan (Editor-in-chief of the Journal, doctor of tech. sciences), V.S. Safaryan (vice Editor-in-chief of the Journal, doctor of tech. sciences), A.L. Mayilyan (responsible secretary of the Journal, cand. of tech. sciences), M.A. Aramyan (doctor of tech. sciences), N.P. Badalyan (doctor of tech. sciences), G.V. Bareghamyan (doctor of tech. sciences), A.Kh. Grigoryan (doctor of tech. sciences), Zh.D. Davidyan (doctor of tech. sciences), A.A. Hakobyan (cand. of tech. sciences), B.M. Mamikonyan (doctor of tech. sciences), (cand. of tech. sciences), V. Parphonov (doctor of tech. sciences), V.G. Petrosyan (doctor of tech. sciences)

Editors: Zh.S. Seyranyan, H.Ts. Petrosyan, H.Z. Ghazaryan
© National Polytechnic University of Armenia (NPUA) “Tchartaraget” Publishing House
Address: 0009, Yerevan, 105 Teryan, NPUA proceedings.polytechnic.am

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Խմբագրի կողմից	6
ԱԿՆԱՐԿԱՅԻՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐ	
Մարուխյան Ռ.Ջ., Վարդանյան Գ.Պ., Խաչատրյան Ա.Ժ. Էլեկտրաէներգիայի կուտակման մեթոդների և կուտակիչ համակարգերի վերլուծություն	9
ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐ	
Բաղդասարյան Մ.Ք., Հայրապետյան Ա.Ս., Ալավերդյան Ս.Ս., Վարդանյան Լ.Ա., Դավթյան Դ.Վ., Բարեղամյան Գ.Վ. Համաձայնեցնող տրանսֆորմատորով քառաբարախող ուղղիչներ	23
Մայիլյան Ա.Լ., Սաղաթեյան Մ.Ա. Մակերևութային էֆեկտը ոչ մագնիսական նյութի շերտով պատված զանգվածային ֆերոմագնիսական տարրում	38
Հովհաննիսյան Վ.Դ. Դինամիկ բեռով աշխատող էլեկտրաբանեցման համակարգի բարելավումը՝ արհեստական նեյրոնային ցանցի կիրառմամբ	49
Խանգելյան Ա.Գ. Երկաթի և պղնձի հիմքով համաձուլվածքների կիրառման հնարավորությունները զանգվածային երկրորդական տարրով գծային ասինխրոն շարժիչներում	60
Հովհաննիսյան Ա.Ա. Էլեկտրամագնիսի նախագծային տվյալների դասակարգումը և ընտրությունը մեքենայական ուսուցման ալգորիթմներով	70
ՉԱՓՈՒՄՆԵՐ, ՀՍԿՈՒՄ, ԱԽՏՈՐՈՇՈՒՄ	
Ղազարյան Ս.Ա. Փոխադարձ ինդուկտիվության չափման փուլային մեթոդի փորձարարական հետազոտություն	79
ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ	
Բաղալյան Ն.Կ., Վարդանյան Ռ.Ռ. Ֆոտովոլտային մոդուլների մաքրման համակարգը և Երևանում (Հայաստան) դրա արդյունավետության գնահատումը	90
Ավոյան Ռ.Հ. Ջրածնային կուտակիչ համակարգին համակցված ինքնավար արևային կայանի տեխնիկատնտեսական հետազոտումը. Դիտարկվող օբյեկտը՝ Հանքավան (Հայաստան)	102
Ի հիշատակ Պոլիտեխնիկական համալսարանի երախտավորների	126
Հեղինակների ցուցակ	131
Հոդվածների ձևավորման կանոնները	137

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора	7
ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ	
Марухян В.З., Варданян Г.П., Хачатрян А.Ж. Анализ методов хранения энергии и систем аккумуляции	9
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
Багдасарян М.К., Айрапетян А.С., Алавердян С.С., Варданян Л.А., Давтян Д.В., Барегамян Г.В. Четырехпульсные выпрямители с согласующим входным трансформатором	23
Маилян А.Л., Сагателян М.А. Поверхностный эффект в массивном ферромагнитном элементе, покрытом слоем немагнитного материала	38
Оганнисян В.Д. Улучшение системы электропривода с динамической нагрузкой с использованием искусственной нейронной сети	49
Хангельдян А.Г. Возможности применения сплавов на основе железа и меди в линейных асинхронных двигателях с массивным вторичным элементом	60
Оганесян А.А. Классификация и выбор данных проектирования электромагнита с использованием алгоритмов машинного обучения	70
ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА	
Казарян С.А. Экспериментальное исследование фазового метода измерения взаимной индуктивности	79
НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	
Бадалян Н.К., Варданян Р.Р. Система очистки фотовольтаических модулей и оценка ее эффективности для Еревана (Армения)	90
Авоян Р.О. Технико-экономический анализ автономной солнечной электростанции с интегрированной водородной системой хранения: кейс-стади на примере Анкавана, Армения	102
Памяти преданных Политехническому университету	126
Список авторов	133
Правила оформления статей	138

CONTENTS

Editorial	8
REVIEW PAPERS	
Marukhyan V.Z., Vardanyan G.P., Khachatryan A.J. Analysis of Energy Storage Methods and Accumulation Systems	9
ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTROMECHANICS AND ELECTROTECHNICAL MATERIALS	
Baghdasaryan M.K., Hayrapetyan A.S., Alaverdyan S.S., Vardanyan L.A., Davtyan D.V., Bareghamyan G.V. Four-Pulse Rectifiers with Matching Input Transformer	23
Mayilyan A.L., Saghatelyan M.A. Skin-Effect in a Massive Ferromagnetic Element Coated with a Layer of Non- magnetic Material	38
Hovhannisyan V.D. The Improvement of the Electric Drive System Operating Under Dynamic Load Using an Artificial Neural Network	49
Khangeldyan A.G. Possibilities of Applying Iron- and- copper-based Alloys in Linear Asynchronous Motors with a Massive Secondary Element	60
Hovhannisyan A.A. Classification and Selection of Electromagnet Design Data Using Machine Learning Algorithms	70
MEASUREMENTS, CONTROL, DIAGNOSTICS	
Ghazaryan S.A. An Experimental Study of the Phase Method of Measuring the Mutual Inductance	79
NONTRADITIONAL POWER SOURCES	
Badalyan N.K., Vardanyan R.R. Photovoltaic Modules Cleaning System and Assessment of its Efficiency for Yerevan (Armenia) Location	90
Avoyan R.H. Techno-Economic Analysis of an Off-Grid Solar Power Plant Integrated with a Hydrogen Storage System: A Case Study of Hankavan, Armenia	102
In Memory of Those Devoted to Polytechnic University	126
List of the authors	135
Rules for preparing the manuscripts	139

Խմբագրի կողմից

Հարգելի գործընկերներ

Ձեր ուշադրությանն է ներկայացվում Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «**Էլեկտրատեխնիկա, էներգետիկա**» **Բանբեր** հանդեսի հերթական համարը:

Այս համարում ներկայացված են հոդվածներ հետևյալ ուղղություններով. Ակնարկային հոդվածներ, Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա և էլեկտրատեխնիկական նյութեր, Չափում, հսկում և ավտորոշում, էներգիայի ոչ ավանդական աղբյուրներ:

«Ակնարկային հոդվածներ» բաժնում ներկայացվել են էլեկտրաէներգիայի կուտակման մեթոդները և կուտակիչ համակարգերի վերլուծությունը:

«Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա և էլեկտրատեխնիկական նյութեր» բաժնում դիտարկվել են ֆերոմագնիսական տարրերում մակերևութային էֆեկտի հետ կապված հարցեր: Ուսումնասիրվել են մակերևութային էֆեկտի տեսական ասպեկտները, որոնք վերաբերում են վերջավոր հաղորդունակությամբ միջավայրում էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման ուսումնասիրության ընդհանուր խնդիրն: Ներկայացվել են այս երևույթի հետազոտության երկու հիմնական կատեգորիաները: Դիտարկվել են փոփոխական մագնիսական թափանցելիությամբ միջավայրում էներգիայի տարածման հարցերը, ինչը սերտորեն կապված է ֆերոմագնիսական նյութերից պատրաստված մարմիններում մակերևութային էֆեկտի խնդրի հետ: Ներկայացվել է ֆազերի թվի մուտքային տրանսֆորմատորային կերպափոխիչով եռաֆազ փոփոխական լարումը քառաբաբախող ուղղված լարման կերպափոխիչի կառուցվածքային սխեման:

Դիտարկվել է նեյրոկարգավորիչի և արհեստական նեյրոնային ցանցի հենքով կայունության վիճակի հայտնաբերման դասակարգչի համատեղված աշխատելու հնարավորությունը: Առաջարկվում է ավտոմատացված կառավարման համակարգում այդ մոտեցման իրականացման կառուցվածքային սխեման:

«Չափում, հսկում և ավտորոշում» բաժնում լուսաբանվել է փոփոխական հոսանքով ինդուկտիվության կոճերի պարամետրերի չափման հիմնախնդիրը:

«Էներգիայի ոչ ավանդական աղբյուրներ» բաժնում առաջարկվում է արևային ֆոտովոլտային մոդուլների մաքրման նոր ավտոմատացված համակարգ, որն ունի մի շարք առավելություններ գործող նմանակների համեմատ:

Հանդեսի բոլոր հեղինակներին և ընթերցողներին մաղթում ենք ստեղծագործական հաջողություններ գիտական հետազոտություններում և նոր ձեռքբերումներ տեխնոլոգիական գիտելիքների ոլորտում:

Հանդեսի գլխավոր խմբագիր՝

Մ.Ք. Բաղդասարյան

От редактора

Уважаемые коллеги!

Предлагается Вашему вниманию очередной номер научного журнала **“Вестник Национального политехнического университета Армении: Электротехника, энергетика”**.

В этом номере представлены статьи по следующим направлениям: обзорные статьи, электротехника, электромеханика и электротехнические материалы; измерения, контроль, диагностика и нетрадиционные источники энергии.

В разделе “Обзорные статьи” представлены способы хранения электроэнергии и анализ систем хранения.

В разделе “Электротехника, электромеханика и электротехнические материалы” рассматриваются вопросы, связанные с явлением поверхностного эффекта в ферромагнитных элементах. Изучены теоретические аспекты явления поверхностного эффекта, которые относятся к общей проблеме исследования распространения электромагнитных волн в среде с конечной проводимостью. Приведены две основные категории исследования данного явления. Исследованы вопросы распространения энергии в среде с переменной магнитной проницаемостью, что тесно связано с вопросом поверхностного эффекта в телах из ферромагнитных материалов.

Рассматривается структурная схема преобразователя трехфазного переменного напряжения в четырехпульсное выпрямленное напряжение с входным трансформаторным преобразователем числа фаз.

Рассмотрена возможность совместной работы нейроконтроллера и классификатора определения состояния устойчивости на основе искусственной нейронной сети. Проанализированы возможности его применения для определения устойчивости системы электропривода и управления им. Обнаружено, что, несмотря на расширение возможностей использования нейроконтроллеров в системах управления, возможности применения интеллектуальных подходов в задачах оценки устойчивости не наблюдались.

В разделе “Измерения, контроль, диагностика” освещается задача измерения взаимной индуктивности магнитно-связанных катушек на переменном токе.

В разделе “Нетрадиционные источники энергии” предлагается новая автоматизированная система очистки солнечных фотоэлектрических модулей, имеющая ряд преимуществ по сравнению с существующими аналогами.

Желаем всем авторам и читателям журнала творческих успехов в научных исследованиях и новых свершений на ниве технологического знания!

Главный редактор серии МАРИНКА БАГДАСАРЯН

Editorial

Dear colleagues,

We introduce the next number of the scientific journal “Electrical Engineering, Power Engineering” of National Polytechnic University of Armenia Proceedings.

In this issue, articles in the following spheres are presented: a review paper, electrical engineering, electromechanics and electrical materials; measurements, control, diagnostics and non-traditional energy sources.

The “Review Articles” section presents energy storage methods and analysis of accumulation systems.

In the section “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Materials”, the issues related to the phenomenon of the skin effect in ferromagnetic elements are considered. The theoretical aspects of the phenomenon of the skin effect, which relate to the general problem of studying the propagation of electromagnetic waves in a medium with finite conductivity are studied. Two main categories of research into this phenomenon are given. The issues of energy propagation in a medium with variable magnetic permeability are investigated, which is closely related to the issue of the skin effect in bodies made of ferromagnetic materials are studied.

The block diagram of a three-phase alternating voltage converter into a four-pulse rectified voltage with an input transformer converter of the number of phases is considered. The possibility of the joint operation of a neurocontroller and a classifier for determining the state of stability based on an artificial neural network is considered. The possibilities of its application for determining the stability of an electric drive system and controlling it are analyzed. It is found that, despite the expansion of the possibilities of using neurocontrollers in control systems, the possibilities of applying intelligent approaches to stability assessment problems have not been observed.

The section “Measurements, control, diagnostics” covers the problem of measuring the mutual inductance of magnetically coupled coils on alternating current.

In the section “Non-conventional Energy Sources”, a new automated solar photovoltaic module cleaning system is proposed, which has a number of advantages over the existing analogues.

We wish creative success to all the authors and readers of the journal in scientific research and new achievements in the field of technological knowledge.

Marinka Baghdasaryan
Editor-in-chief of the Journal