

ԲԱՆԲԵՐ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

№ 1 ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ, ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ
2025

Երևան 2025

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА АРМЕНИИ

№ 1 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭНЕРГЕТИКА
2025

Ереван 2025

PROCEEDINGS
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY
OF ARMENIA

№ 1 ELECTRICAL ENGINEERING, ENERGETICS
2025

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. Ջադոյան (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.), Գ.Վ. Բարեղամյան (տ.գ.դ.), Ն.Պ. Բաղալյան (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. Агбальян (д.т.н.), Г.П. Варданиян (к.т.н.), М.К. Багдасарян (д.т.н.), Б.С. Баласаниян (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.А. Акобян (к.т.н.), А.Х. Григорян (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) “Чартарaget”, Адрес: 0009, Ереван, ул. Тeryan 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), N.P. Badalyan (doctor of tech. sciences), G.V. Bareghamyan (doctor of tech. sciences), A.Kh. Grigoryan (doctor of tech. sciences), Zh.D. Davidyanyan (doctor of tech. sciences), A.A. Hakobyan (cand. of tech. sciences), B.M. Mamikonyan (doctor of tech. sciences), (cand. of tech. sciences), V. Parphionov (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
ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐԱՄԵԽԱՆԻԿԱ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐ	
Բաղդասարյան Մ.Ք., Վարդանյան Գ.Պ., Դավթյան Դ.Վ. Էներգիայի էլեկտրամեխանիկական փոխակերպչի ստատորի փաթույթի գալարներում առաջացող կարճ միացումների հայտնաբերման մոդել	9
Վարդանյան Լ.Ա., Ալավերդյան Ս.Ս., Կուրդինյան Է.Վ., Բարեղամյան Գ.Վ. Իմպուլսային ուժային կոնդենսատորներում ջերմափոխանակության գնահատումը գալարախողովակային հովացումով պարամետրերի փոփոխման դեպքում	20
Բաղայան Ն.Պ., Մոլոկին Յու.Վ., Շիլով Ի.Վ., Տոնկով Ռ.Ա., Չաչին Ն.Ե. Չմեկուսացված ուժային հաղորդաձողալարերի մետաղատարության նվազեցումը	28
ՉԱՓՈՒՄՆԵՐ, ՀՍԿՈՒՄ, ԱԽՏՈՐՈՇՈՒՄ	
Մամիկոնյան Բ.Ս., Ղազարյան Ս.Ա. Փոխադարձ ինդուկցիայի կոմպլեքս դիմադրության բաղադրիչների չափումը փուլային մեթոդով	37
Սահակյան Ա.Վ., Էգնատոսյան Ս.Մ. Գազափոխադրման և գազաբաշխման համակարգում ծախսաչափության հիմնախնդիրները և առաջարկվող լուծումները	47
ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ	
Դավիդյան Ժ.Դ., Թամրազյան Մ.Գ. Արևային էլեկտրակայան՝ էլեկտրամեքենայական ինվերտոր - փոխարկիչով	59
Վարդանյան Ռ.Ռ., Դավթյան Ջ.Ս. Հետևող մեկ հարթ հայելիով ֆոտովոլտային համակարգի կոնցենտրացիայի աստիճանի վերլուծություն	71
ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐ	
Բաղայան Ն.Պ., Դոլգով Գ.Ֆ. Էներգամատակարարման համակարգերի մոդելավորման մեթոդաբանություն	81
Հեղինակների ցուցակ	94
Հոդվածների ձևավորման կանոնները	99

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора	7
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
Багдасарян М.К., Варданян Г.П., Давтян Д.В. Модель обнаружения коротких замыканий в обмотках статора электрохимического преобразователя энергии	9
Варданян Л.А., Алавердян С.С., Кургинян Э.В., Барегамян Г.В. Оценка теплоотдачи в импульсных силовых конденсаторах при изменении параметров змеевикового охлаждения	20
Бадалян Н.П., Молокин Ю.В., Шилов И.В., Тонков Р.А., Чащин Н.Е. Снижение металлоемкости изолированных плоских силовых шин	28
ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА	
Мамиконян Б.М., Казарян С.А. Измерение составляющих комплексного сопротивления взаимной индукции фазовым методом	37
Саакян А.В., Эгнатосян С.М. Основные проблемы расходомерии в системе транспортировки и распределения газа и предлагаемые пути их решения	47
НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	
Давидян Ж.Д., Тамразян М.Г. Солнечная электростанция с электромашинным преобразователем - инвертором	59
Варданян Р.Р., Давтян Дж.С. Анализ коэффициента концентрации фотоэлектрической системы с одним следающим плоским зеркалом	71
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ	
Бадалян Н.П., Долгов Г.Ф. Методика моделирования систем электроснабжения	81
Список авторов	96
Правила оформления статей	100

CONTENTS

Editorial	8
ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTROMECHANICS AND ELECTROTECHNICAL MATERIALS	
Baghdasaryan M.K., Vardanyan G.P., Davtyan D.V. A Model for Detecting Short Circuits in Stator Windings of an Electromechanical Energy Converter	9
Vardanyan L.A., Alaverdyan S.S., Kurghinyan E.V., Bareghamyan G.V. Estimating the Thermal Performance in Impulse Capacitors at Measuring the Coil Cooling Parameters	20
Badalyan N.P., Molokin Yu.V., Shilov I.V., Tonkov R.A., Chashchin N.E. Reducing the Metal Capacity of Non-Insulated Flat Power Busbar	28
MEASUREMENTS, CONTROL, DIAGNOSTICS	
Mamikonyan B.M., Ghazaryan S.A. Measuring the Components of the Complex Resistance of Mutual Induction by the Phase Method	37
Sahakyan A.V., Egnatosyan S.M. The Main Problems of Flow Measurement in the Gas Transportation and Gas Distribution System and the Proposed Solutions	47
NONTRADITIONAL POWER SOURCES	
Davidyan J.D., Tamrazyan M.G. A Solar Power Plant with An Electric Machine Converter – Inverter	59
Vardanyan R.R., Davtyan J.S. Analysis of Concentration Ratio of the Photovoltaic System with One Tracking Flat Mirror	71
POWER SYSTEMS AND ELECTRIC NETWORK	
Badalyan N.P., Dolgov G.F. A Methodology for Modeling Power Supply Systems	81
List of the authors	98
Rules for preparing the manuscripts	101

Խմբագրի կողմից

Հարգելի գործընկերներ

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

Հանդեսը լայն ճանաչում է վայելում մասնագետների շրջանում. իրենց աշխատություններով հեղինակները ընթերցողներին ծանոթացնում են էլեկտրատեխնիկայի և էներգետիկայի զարգացման ժամանակակից միտումներին:

Այս համարում ներկայացված են հողվածներ հետևյալ ուղղություններով. էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա և էլեկտրատեխնիկական նյութեր, Չափումներ, հսկում, ախտորոշում, Այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրներ, ինչպես նաև էներգահամակարգեր և էլեկտրական ցանցեր:

«Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա և էլեկտրատեխնիկական նյութեր» բաժնում առաջարկվում է էներգիայի էլեկտրամեխանիկական փոխակերպչի (ԷԷՓ) ֆազային կարճ միացումների հայտնաբերման ու դասակարգման նոր մոտեցում՝ արհեստական նեյրոնային ցանցի հենքով: Ստացվել են միաֆազ, երկֆազ և չեզոքի վրա երկֆազ կարճ միացումների դեպքում ԷԷՓ-ի ստատորի փաթույթի բնութագրական առնչությունները; որոշվել են ջրային հովացման օպտիմալ պարամետրերը, այդ թվում՝ հովացնող հեղուկի հոսքի արագությունը, որը հնարավորություն է տալիս՝ զգալիորեն նվազեցնելու ուժային կոնդենսատորների ջերմաստիճանը դրանց ինտենսիվ իմպուլսային բեռնվածության դեպքում; Առաջարկվում է այլումինե և պղնձե հարթ ուղղանկյուն կտրվածքով, չմեկուսացված հզոր էլեկտրատեխնիկական հաղորդաձողալարերի մետաղատարության նվազեցման մեթոդ՝ էլեկտրատեխնիկական հաղորդաձողալարերի թողունակության բարձրացման հաշվին:

«Չափումներ, հսկում, ախտորոշում» բաժնում փոխադարձ ինդուկցիայի կոմպլեքս դիմադրության բաղադրիչների ինվարիանտ չափման համար առաջարկվել է փուլային մեթոդ՝ չափիչ կապուղու ժամանակային բաժանման զուգակցումով; դիտարկվում են գազափոխադրման և գազաբաշխման համակարգում ծախսաչափության հիմնախնդիրներն ու առաջարկվող լուծումները:

«Այլընտրանքային էներգիայի աղբյուրներ» բաժնում առաջարկվում է արևին հետևող մեկ հարթ հայելիով ԿՖՎ համակարգում լույսի էներգիայի կոնցենտրացիայի վերլուծության ճշգրիտ մեթոդ:

«Էներգահամակարգեր և էլեկտրական ցանցեր» բաժնում լուսաբանվում են էլեկտրամատակարարման համակարգերի վերլուծական մոդելավորման մեթոդների մշակումը և փորձարկումը, որոնք ներառում են միմյանցից մեծ հեռավորության վրա գտնվող և էլեկտրահաղորդման գծերով միացված մի քանի աղբյուրներ և էլեկտրաէներգիայի մի քանի սպառողների:

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!

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

Журнал пользуется популярностью в широком кругу специалистов. В своих работах авторы знакомят читателей с современными тенденциями развития электротехники и энергетики.

В этом номере представлены статьи по следующим направлениям: электротехника, электромеханика и электротехнические материалы; измерения, контроль, диагностика; нетрадиционные источники энергии, а также энергосистемы и электрические сети.

В разделе “Электротехника, электромеханика и электротехнические материалы” предлагается новый подход к обнаружению и классификации фазных коротких замыканий в электромеханическом преобразователе энергии (ЭМПЭ) на основе искусственной нейронной сети. Получены характерные зависимости обмотки статора ЭМПЭ при однофазных и двухфазных коротких замыканиях на нейтрали; определены оптимальные параметры водяного охлаждения, включая скорость потока охлаждающей жидкости, что позволило существенно снизить температуру силовых конденсаторов при их интенсивной импульсной нагрузке; предлагается способ снижения металлоемкости алюминиевых и медных плоских силовых неизолированных шин прямоугольного сечения за счет повышения пропускной способности электротехнических шин.

В разделе “Измерения, контроль, диагностика” для инвариантного измерения составляющих комплексного сопротивления взаимной индукции предложен фазовый метод в сочетании с временным разделением канала измерения; рассматриваются проблемы расходомерии в системе транспортировки и распределения газа а также предлагаются пути их решения.

В разделе “Нетрадиционные источники энергии” предлагается точный метод анализа концентрации световой энергии в фотоэлектрической системе с одним плоским следящим за Солнцем зеркалом.

В разделе “Энергосистемы и электрические сети” освещаются вопросы разработки и апробации методики аналитического моделирования систем электроснабжения, включающих несколько источников и несколько потребителей электроэнергии, расположенных на большом расстоянии друг от друга и соединенных линиями электропередачи.

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.

The journal is popular with the wide circles of specialists. In their works, the authors introduce the modern development trends in electrical and power engineering.

In this issue, articles in the following spheres are presented: electrical engineering, electromechanics and electrotechnical materials, measurements, control, diagnostics, non-traditional power sources, Power systems and electric circuits.

In the section "Electrical Engineering, Electromechanics, and Electrical Materials," a new approach to detecting and classifying phase short circuits in electromechanical energy converters (EMECs) based on an artificial neural network is proposed. Characteristic dependencies of the EMEC stator winding for single-phase and two-phase short circuits on the neutral are obtained; optimal water cooling parameters are determined, including the coolant flow rate, which significantly reduces the temperature of power capacitors under intense pulse loads; a method is proposed for reducing the metal consumption of aluminum and copper flat non-insulated rectangular power busbars by increasing the busbars' throughput.

In the section "Measurements, Control, and Diagnostics" a phase method combined with time-division of the measurement channel is proposed for the invariant measurement of the components of the complex impedance of mutual induction. Flow metering issues in gas transportation and distribution systems and their solutions are discussed.

In the section “Non-traditional Power Sources”, an accurate method for analyzing the concentration of light energy in a solar photovoltaic system with a single flat solar-tracking mirror is proposed.

In the section “Power Systems and Electric circuits”, issues related to the development and validation of a methodology for analytical modeling of power supply systems including multiple sources and multiple consumers of electricity located at large distances from each other and connected by transmission lines are discussed.

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

УДК 621.311

DOI: 10.53297/18293328-2025.1-9

МОДЕЛЬ ОБНАРУЖЕНИЯ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ СТАТОРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

М.К. Багдасарян, Г.П. Варданын, Д.В. Давтян

Национальный политехнический университет Армении

Электрические неисправности, возникающие в электромеханических преобразователях энергии (ЭМПЭ), в основном проявляются рабочими характеристиками их обмоток. В данной работе предлагается новый подход к обнаружению и классификации фазных коротких замыканий в электромеханическом преобразователе энергии на основе искусственной нейронной сети. Получены характерные зависимости обмотки статора ЭМПЭ при однофазных, двухфазных и двухфазных коротких замыканиях на нейтрали. Получена и исследована динамика изменения фазных токов и напряжений для различных режимов работы. На основе полученных данных сформирована необходимая база данных для тестирования и обучения.

Разработана структурная схема алгоритма обнаружения и классификации фазных коротких замыканий ЭМПЭ. Она состоит из блоков оценки данных и обучения данных. Блок оценки данных собирает, оценивает и создает базу данных фазных токов и напряжений. Для выявления и классификации возникновения коротких замыканий использовались их пороговые значения. Обнаружение фазных коротких замыканий осуществляется с помощью искусственной нейронной сети, созданной в среде MATLAB. Полученные результаты были проверены на примере синхронного генератора.

Разработанная искусственная нейронная сеть имеет 4 слоя. Количество входных нейронов - 48. Они получены в результате обработки переменных $I_a, I_b, I_c, U_a, U_b, U_c$ по различным критериям. Число, появляющееся в выходном нейроне, выявляет наличие или отсутствие короткого замыкания. Обоснованы высокая производительность и точность построенной нейронной сети.

Полученные результаты могут быть успешно использованы для разработки интеллектуальных систем мониторинга электромеханических преобразователей энергии.

Ключевые слова: нейронная сеть, электромеханический преобразователь энергии, короткое замыкание фазы, обработка данных.

Введение. Электрические неисправности в электромеханических преобразователях энергии возникают в результате износа деталей и старения материалов.