

ԲԱՆԲԵՐ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

№ 1 ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ, ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ
2024

Երևան 2024

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА АРМЕНИИ

№ 1 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭНЕРГЕТИКА
2024

Ереван 2024

PROCEEDINGS
NATIONAL POLYTECHNIC UNIVERSITY
OF ARMENIA

№ 1 ELECTRICAL ENGINEERING, ENERGETICS
2024

Yerevan 2024

Բանբերը հրատարակվում է 1998 թվականից, հանդեսը՝ 2012 թ.

Բանբերի խմբագրական խորհուրդ. Յու. Լ. Սարգսյան (գլխավոր խմբագիր, տ.գ.դ.), Ա.Խ. Գրիգորյան (գլխավոր խմբագրի տեղակալ, տ.գ.դ.), Ա.Գ. Ավետիսյան (պատասխանատու քարտուղար, տ.գ.դ.), Ա.Գ. Աղբալյան (տ.գ.դ.), Մ.Ք. Բաղդասարյան (տ.գ.դ.), Բ.Ս. Բալասանյան (տ.գ.դ.), Ա.Վ. Թադևոսյան (տ.գ.թ.), Ո.Ջ. Մարուխյան (տ.գ.թ.), Ս.Հ. Սիմոնյան (տ.գ.դ.)

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.), Ժ.Դ. Դավիդյան (տ.գ.դ.), Ա.Ժ. Խաչատրյան (Ֆ.մ.գ.դ.), Ա. Հակոբյան (տ.գ.թ.), Բ.Մ. Մամիկոնյան (տ.գ.դ.), Ո.Ջ. Մարուխյան (տ.գ.թ.), Վ. Պարֆյոնով (տ.գ.դ.), Վ.Գ. Պետրոսյան (տ.գ.դ.)

Խմբագիրներ՝ Ժ.Ս. Սեյրանյան, Հ.Յ. Պետրոսյան, Հ.Ջ. 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: Ю.Л. Саркисян (главный редактор, д.т.н.), А.Х. Григорян (зам. главного редактора, д.т.н.), А.Г. Аветисян (ответственный секретарь, д.т.н.), С.Г. Агбалин (д.т.н.), М.К. Багдасарян (д.т.н.), Б.С. Баласанян (д.т.н.), В.З. Марухян (к.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. Маилин (ответственный секретарь журнала, к.т.н.), А. Акобян (к.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.З. Марухян (к.т.н.), В. Парфёнов (д.т.н.), В.Г. Петросян (д.т.н.), А.Ж. Хачатрян (д.ф.-м.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: Yu.L. Sargsyan (Editor-in-chief, doctor of tech. sciences), A.Kh. Grigoryan (vice Editor-in-chief, doctor of tech. sciences), A.G. Avetisyan (responsible secretary, doctor of tech. sciences), S.G. Aghbalyan (doctor of tech. sciences), M.K. Baghdasaryan (doctor of tech. sciences), B.S. Balasanyan (doctor of tech. sciences), V.Z. Marukhyan (cand. of tech. sciences), S.H. Simonyan (doctor of tech. sciences), A.V. Tadevosyan (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), Zh.D. Davidyan (doctor of tech. sciences), A. Hakobyan (cand. of tech. sciences), A.Zh. Khachatryan (doctor of Phys-math. sciences), B.M. Mamikonyan (doctor of tech. sciences), V.Z. Marukhyan (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., Դավթյան Դ.Վ., Ալավերդյան Ս.Ս. Եռազանգված էլեկտրաբանեցման համակարգի առաձգական հանգույցներում թրթռումների ճնշման մասին	9
Մայիլյան Ա.Լ., Սաղաթեյան Մ.Ա., Խանգելյան Ա.Գ. Ձանգվածային երկրորդային տարրով գծային ասինխրոն շարժիչի պարամետրերի բարելավումը	19
Հարությունյան Գ.Վ. Քառաբևեռների հաջորդաբար միացման դեպքում կանոնավորության պայմանի հետազոտման վերաբերյալ	31
Սուքիասյան Հ.Ս. Երկչափ էլեկտրամագնիսային դաշտի մաթեմատիկական մոդելը	38
ՉԱՓՈՒՄՆԵՐ, ՀՍԿՈՒՄ, ԱԽՏՈՐՈՇՈՒՄ	
Խանամիրյան Ջ.Գ. Էկզոկոմպլեքսի հողերի անկյունների կառավարումը կանխորոշիչ մոդելով	46
Մամիկոնյան Բ.Մ., Ավետիսյան Հ.Ա. Փոքր գծային տեղաշարժերի չափումը փուլային մեթոդով	59
ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ	
Բաղայան Ն.Կ. Արևային ֆոտովոլտային մոդուլների աղտոտվածության չափման համակարգերի և մաքրման մեթոդների վերլուծություն	74
Հեղինակների ցուցակ	84
Հոդվածների ձևավորման կանոնները	87

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора	7
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	
Багдасарян М.К., Давтян Д.В., Алавердян С.С. О подавлении вибраций в упругих звеньях трехмассовой системы электропривода	9
Маилян А.Л., Сагателян М.А., Хангельдян А.Г. Улучшение параметров линейного асинхронного двигателя с массивным вторичным элементом	19
Арутюнян Г.В. К исследованию условия регулярности при последовательном соединении четырёхполюсников	31
Сукиасян Г.С. Математическая модель двумерного электромагнитного поля	38
ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА	
Ханамирян З.Г. Управление углами соединений экзоскелета с прогнозирующей моделью	46
Мамиконян Б.М., Аветисян Г.А. Измерение малых линейных перемещений фазовым методом	59
НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	
Бадалян Н.К. Анализ систем измерения загрязнений и методов очистки солнечных фотовольтаических модулей	74
Список авторов	85
Правила оформления статей	88

CONTENTS

Editorial	8
ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTROMECHANICS AND ELECTROTECHNICAL MATERIALS	
Baghdasaryan M.K., Davtyan D.V., Alavedyan S.S. On the Suppression of Vibrations in Elastic Links of a Three-Mass Electric Drive System	9
Mayilyan A.L., Saghatelyan M.A., Khangeldyan A.G. Improving the Parameters of a Linear Induction Motor with a Massive Secondary Element	19
Harutyunyan G.V. Study of the Regularity Conditions at Serial Connection of Two-Ports	31
Sukiasyan H.S. The Mathematical Model of Two-Dimensional Electromagnetic Field	38
MEASUREMENTS, CONTROL, DIAGNOSTICS	
Khanamiryan Z.G. Model Predictive Control of Exoskeleton Joint Angles	46
Mamikonyan B.M., Avetisyan H.A. Measuring the Small Linear Displacements by the Phase Method	59
NONTRADITIONAL POWER SOURCES	
Badalyan N.K. Analysis of Soiling Measurement Systems and Cleaning Methods of Solar Photovoltaic Modules	74
List of the authors	86
Rules for preparing the manuscripts	89

Խմբագրի կողմից

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

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

«Էլեկտրատեխնիկա, էլեկտրամեխանիկա և էլեկտրատեխնիկական նյութեր» բաժնում դիտարկվում է մեխանիզմի միջոցով ստեղծված բեռնվածքի տարբեր բնութագրերի պայմաններում առածգական մոմենտի փոփոխությունը, մասնավորապես, հաստատուն մոմենտի՝ էքսպոնենցիոնալ և աստիճանական օրենքներով փոփոխության դեպքերում: Վերլուծվում են տարբեր կարգավորիչների հնարավորությունները՝ տատանումները ճնշելու համար, և հիմնավորվում է ոչ հստակ տրամաբանությամբ կարգավորիչի օգտագործումը, ուսումնասիրվում է առանձին քառաբևեռների հաջորդաբար միացման դեպքում բաղադրյալ քառաբևեռի կանոնավորության պայմանի պահպանման հնարավորությունը:

«Չափում, հսկում և ավտորոշում» բաժնում դիտարկվում է դիֆերենցիալ ունակային չափիչ կերպափոխիչով չափիչ սարք, որը նախատեսված է փոքր գծային տեղաշարժերի չափման համար: Իրականացվել է ստորին վերջույթի էկզոկմախքի ոչ գծային մաթեմատիկական մոդելի մշակում՝ հաշվի առնելով մեխանիկական և էլեկտրամեխանիկական բաղադրիչները:

«էներգիայի ոչ ավանդական աղբյուրներ» բաժնում ներկայացվում է ֆոտովոլտային մոդուլների աղտոտվածության չափման համակարգերի և մաքրման մեթոդների համապարփակ վերլուծություն՝ ուղղված դրանց արդյունավետության բարձրացմանը:

Շնորհակալություն եմ հայտնում խմբագրական խորհրդին, հեղինակներին և գրախոսներին՝ ամսագրի թողարկման հարցում ունեցած հետաքրքրության և ակտիվ մասնակցության համար: Հրավիրում ենք առավել ակտիվ համագործակցության Հայաստանի, արտերկրի բոլոր մասնագետներին:

Հանդեսի բոլոր հեղինակներին և ընթերցողներին մաղթում ենք ստեղծագործական հաջողություններ իրենց գիտական հետազոտություններում և նորանոր ձեռքբերումներ տեխնոլոգիական գիտելիքի ստեղծման ասպարեզում:

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: электротехника, электромеханика и электротехнические материалы; измерения, контроль, диагностика и нетрадиционные источники энергии.

В разделе “Электротехника, электромеханика и электротехнические материалы” рассмотрено изменение упругого момента при различных характеристиках нагрузки, создаваемой механизмом, в частности, в случае постоянного момента, экспоненциального и ступенчатого законов изменения; проанализированы возможности разных регуляторов для подавления колебаний и обосновано использование регулятора с нечеткой логикой; исследуется возможность сохранения условия регулярности составных четырехполюсников, образованных последовательным соединением исходных.

В разделе “Измерения, контроль, диагностика” рассматривается измерительное устройство с дифференциальным емкостным измерительным преобразователем (ЕИП), предназначенное для измерения малых линейных перемещений; разработана нелинейная математическая модель экзоскелета нижней конечности с учетом механических и электромеханических компонентов.

В разделе "Нетрадиционные источники энергии" представлен комплексный анализ систем измерения загрязнения и методов очистки фотовольтаических модулей, направленный на повышение их эффективности.

Выражаем искреннюю признательность редакционной коллегии, авторам и рецензентам за проявленный интерес и активное участие в выпуске журнала. Приглашаем всех коллег Армении, стран ближнего и дальнего зарубежья к еще более активному сотрудничеству.

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

Главный редактор "Вестника" НПУА МАРИНКА БАГДАСАРЯН

Editorial

Dear colleagues,

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

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

In the section “Electrical Engineering, Electromechanics and Electrical Materials”, the change in the elastic moment under various load characteristics created by the mechanism is considered, in particular, in the case of a constant moment, exponential and step laws of change, the possibilities of different regulators for suppressing oscillations are analyzed, and the use of a regulator with fuzzy logic is justified ; The possibility of preserving the regularity condition for composite quadripoles formed by sequential connection of the original ones is investigated.

In the section “Measurements, Control, Diagnostics”, a measuring device with a differential capacitive measuring transducer designed for measuring small linear movements is considered; A nonlinear mathematical model of the lower limb exoskeleton has been developed, taking into account the mechanical and electromechanical components.

The section “Non-traditional Power Sources” presents a comprehensive analysis of pollution measurement systems and cleaning methods for photovoltaic modules aimed at increasing their efficiency.

We express our sincere gratitude to the editorial board, authors and reviewers for their interest and active participation in publishing of this issue. We invite all our colleagues in Armenia and abroad to an even more active cooperation.

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

Marinka Baghdasaryan
Editor-in-chief of the NPUA Proceedings