

ISSN 2074-272X

науково-практичний  
журнал

2014/2

# ЕІЕ електротехніка і електромеханіка

Електротехніка. Визначні події. Славетні імена  
Електричні машини та апарати  
Ювілеї

За 2012 р. журнал отримав індекс 5,55

від міжнародної наукометричної бази

Index Copernicus



# НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ "ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА" ДЕРЖВИДАННЯ

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики,  
телебачення та радіомовлення України КВ № 6115 від 30.04.2002 р.  
Видання засновано Національним технічним університетом  
"Харківський політехнічний інститут" у 2002 р.



## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Клименко Б.В.** головний редактор, д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Баранов М.І.** д.т.н., НДПКІ "Молнія" НТУ "ХПІ", Харків  
**Батигін Ю.В.** д.т.н., професор, ХНАДУ, Харків  
**Біро Оскар** професор, Технічний університет, м. Грац, Австрія  
**Босв В.М.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Болух В.Ф.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Буткевич О.Ф.** д.т.н., професор, гол.н.с. ІЕД НАНУ, Київ  
**Віницький Ю.Д.** д.т.н., професор, GERUS Москва, Росія  
**Гончаров Ю.П.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Гурін А.Г.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Данько В.Г.** голова редакційної ради, д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Долежел Іво** професор, Західно-чеський університет, Пльзень, Чеська Республіка  
**Жемеров Г.Г.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Загірняк М.В.** д.т.н., професор, член-кор. НАПНУ, ректор КрНУ, Кременчук  
**Кириленко О.В.** д.т.н., професор, академік НАНУ, директор ІЕД НАНУ, Київ  
**Кравченко В.І.** д.т.н., професор, директор НДПКІ "Молнія" НТУ "ХПІ", Харків  
**Маслієв В.Г.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Михайлов В.М.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Міліх В.І.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Намітоков К.К.** д.т.н., професор, ХНУМГ, Харків  
**Омельяненко В.І.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Подольцев О.Д.** д.т.н., професор, гол.н.с. ІЕД НАНУ, Київ  
**Пуйло Г.В.** д.т.н., професор, ОНТУ, Одеса  
**Райнін В.Ю.** д.т.н., професор, Московський енергетичний інститут, Москва, Росія  
**Рєзцов В.Ф.** д.т.н., професор, ХНУМГ, Харків, заст. директора ІВЕ НАНУ, Київ  
**Розанов Ю.К.** д.т.н., професор, Московський енергетичний інститут, Москва, Росія  
**Розов В.Ю.** д.т.н., професор, член-кор. НАНУ, директор НТЦ МТО НАНУ, Харків  
**Рудаков В.В.** д.т.н., професор, НТУ "ХПІ", Харків  
**Сокол Є.І.** д.т.н., професор, член-кор. НАНУ, проректор НТУ "ХПІ", Харків  
**Сосков А.Г.** д.т.н., професор, ХНУМГ, Харків  
**Ткачук В.І.** д.т.н., професор, НУ "Львівська політехніка", Львів  
**Шинкаренко В.Ф.** д.т.н., професор, НТУУ "КПІ", Київ  
**Юферов В.Б.** д.т.н., професор, ННЦ ХФТІ, Харків

## EDITORIAL BOARD:

- Klymenko B.V.** Editor-in-Chief, professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (NTU "KhPI"), Kharkiv, Ukraine  
**Baranov M.I.** Dr.Sc. (Eng.), NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Batygin Yu.V.** Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine  
**Bíró O.** Professor, Institute for Fundamentals and Theory in Electrical Engineering, Graz, Austria  
**Boev V.M.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Bolyukh V.F.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Butkevich O.F.** Professor, Institute of Electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv  
**Dan'ko V.G.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Doležel I.** Professor, University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic  
**Goncharov Yu.P.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Gurin A.G.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Kirilenko O.V.** Professor, Institute of Electrodynamics of NAS Ukraine, academician of NAS of Ukraine, Kyiv  
**Kravchenko V.I.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Masliev V.G.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Mihaylov V.M.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Milykh V.I.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Namitokov K.K.** Professor, O.M. Beketov Kharkiv National University of Municipal Economy, Ukraine  
**Omel'yanenko V.I.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Podoltsev O.D.** Professor, Institute of Electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv  
**Puilo G.V.** Professor, Odessa National Polytechnic University, Ukraine  
**Rainin V.E.** Professor, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia  
**Reztsov V.F.** Professor, Vice-director of Institute for Renewable Energy of NAS of Ukraine, corresponding member of NAS Ukraine, Kyiv  
**Rozanov Yu.C.** Professor, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russia  
**Rozov V.Yu.** Professor, corresponding member of NAS of Ukraine, Director of Science and Technology Center of Magnetism of Technical Objects of NAS Ukraine, Kharkiv  
**Rudakov V.V.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Sokol Ye.I.** Professor, corresponding member of NAS of Ukraine, Vice-rector of NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine  
**Soskov A.G.** Professor, O.M. Beketov Kharkiv National University of Municipal Economy, Ukraine  
**Shinkarenko V.F.** Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine  
**Tkachuk V.I.** Professor, Lviv Polytechnic National University, Ukraine  
**Vinitzki Yu.D.** Professor, GERUS, Moscow, Russia  
**Yuferov V.B.** Professor, Kharkiv National Science Center Institute of Physics and Technology, Ukraine  
**Zagirnyak M.V.** Professor, corresponding member of NAPS Ukraine, rector of Kremenchuk M.Ostrohradskii National University, Kremenchuk, Ukraine  
**Zhemerov G.G.** Professor, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine

Відповідальний секретар / Executive secretary: Гречко О.М. / Grechko O.M., тел. +38 067 3594696, e-mail: a.m.grechko@mail.ru

Адреса редакції / Editorial office address:

Кафедра "Електричні апарати", НТУ "ХПІ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна  
Dept. of Electrical Apparatuses, NTU "KhPI", Frunze Str., 21, Kharkiv, 61002, Ukraine  
тел. / phone: +38 057 7076281, e-mail: a.m.grechko@mail.ru

ISSN (print) 2074-272X, ISSN (online) 2309-3404

© Національний технічний університет "ХПІ", 2014

Підписано до друку 31.03.2014 р. Формат 60 x 90 1/8. Офсетний. Друк – лазерний. Друк. арк. 9,25.  
Наклад 200 прим. Зам. № 66/172-2-2014. Ціна договірна.

Дизайн та оформлення обкладинки ФОП Тимченко А.М. 61124, Україна, м. Харків-124, а/с 2249  
Надруковано ТОВ "Друкарня "Мадрид"", м. Харків, вул. Ольмінського, 11



**ЗМІСТ**

**Електротехніка. Визначні події. Славетні імена**

**Баранов М.И.** Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 19:  
Изучение и покорение дальнего космоса ..... 3

**Електричні машини та апарати**

**Авдеева Е.А., Ставинский Р.А.** Потери активной мощности в трехфазных трансформаторах с круговыми и шестигранными образующими контурами стержней витых пространственных магнитопроводов ..... 14

**Бондар Р.П., Чеботарун І.С., Подольцев О.Д.** Моделирование динамических характеристик нелинейной колебательной системы с магнитной пружиной. Часть 1 ..... 18

**Вакарюк Т.В., Петренко Н.Я., Петренко А.Н.** Исследование температуры узлов асинхронного частотно-управляемого двигателя в зависимости от нагрузки и типа источника питания ..... 21

**Верхола А.В.** Определение экономически обоснованных параметров синхронного отключения при коммутации низковольтной цепи синхронным вакуумным контактором ..... 24

**Волканин Е.Е., Некрасов А.В., Оксанич А.П., Ляшенко В.П.** Определение баланса сил, действующих на наночастицу в электротехнической системе магнитной сепарации ..... 28

**Doležel I., Karban P., Mach F.** Induction heating of rotating nonmagnetic billet in magnetic field produced by high-parameter permanent magnets ..... 32

**Лущик В.Д., Полезін С.Ю.** Реверс трифазных асинхронных двигателей с шестифазными обмотками ..... 37

**Лущик В.Д., Тимошенко В.О.** Методика створення двополосних обмоток асинхронних машин із збільшеною кількістю паралельних гілок ..... 40

**Плюгин В.Е.** Классовая структура моделей электромеханического преобразователя энергии с использованием UML-диаграмм ..... 44

**Скрупская Л.С., Олейник А.А., Сахно А.А.** Построение моделей диагностирования состояния бумажно-масляной изоляции измерительных трансформаторов тока ..... 48

**Сьомка О.О., Прус В.В.** Урахування зміни теплових та вібраційних параметрів електричних машин із тривалим напрацюванням на відмову ..... 52

**Цодик И.А., Худобин К.В.** Учет эффекта вытеснения тока и насыщения магнитной цепи в математической модели асинхронного двигателя ..... 56

**Шевченко В.В., Мильх В.И., Потоцкий Д.В.** Технично-економічні аспекти розвитку електромашиностроєння з урахуванням напрямків розвитку електроенергетики ..... 60

**Шуруб Ю.В.** Дослідження роботи трифазно-однофазних асинхронних електроприводів при стохастичних навантаженнях ..... 64

**Ярымбаш Д.С.** Идентификация температурных зависимостей удельных электрических сопротивлений керны в процессе графитации ..... 66

**Ювілеї**

**Данько Володимир Григорович** (до 80-річчя з дня народження) ..... 71

**Сосков Анатолий Георгиевич** (к 75-летию со дня рождения) ..... 72

**Розанов Юрий Константинович** (к 75-летию со дня рождения) ..... 73

**TABLE OF CONTENTS**

**Electrical Engineering. Events. Famous Names**

**Baranov M.I.** An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 19:  
Deep space study and exploration ..... 3

**Electrical machines and apparatus**

**Avdieieva E.A., Stavinskiy R.A.** Watt loss in three-phase transformers with circular and hexagonal forming contours of twisted spatial magnetic core rods ..... 14

**Bondar R.P., Chebotarun I.S., Podoltsev A.D.** Modeling of dynamic characteristics of a nonlinear oscillatory system with a magnetic spring. Part 1 ..... 18

**Vakaruk T.V., Petrenko N.Ya., Petrenko A.N.** Study of frequency-controlled asynchronous motor units temperature versus load and power supply type ..... 21

**Verkhola A.V.** Determination of economically justified parameters of synchronous disconnection at low-voltage circuit switching via a synchronous vacuum contactor ..... 24

**Volkaniin E.E., Nekrasov A.V., Oksanych A.P., Ljashenko V.P.** Determination of nanoparticle force balance in an electrical magnetic separation system ..... 28

<b>Doležel I., Karban P., Mach F.</b> Induction heating of rotating nonmagnetic billet in magnetic field produced by high-parameter permanent magnets.....	32
<b>Lushchik V.D., Polezin S.Yu.</b> A reverse mode of three-phase asynchronous motors with hexaphase windings .....	37
<b>Lushchik V.D., Tymoshchenko V.O.</b> A 2-pole winding development technique for asynchronous machines with increased number of parallel branches.....	40
<b>Plyugin V.Ye.</b> Class structure of electromechanical energy converter models with UML-diagrams application .....	44
<b>Skrupskaya L.S., Oliinyk A.O., Sakhno A.A.</b> Model building for current transformer paper-oil insulation state diagnostics.....	48
<b>Somka O.O., Prus V.V.</b> Allowance for heat and vibration parameters variation of electric machines with extended failure interval.....	52
<b>Tsodik I.A., Hudobin K.V.</b> Adding effect of current displacement and magnetic circuit saturation in an asynchronous motor mathematical model.....	56
<b>Shevchenko V.V., Milykh V.I., Pototskyi D.V.</b> Technical and economic aspects of electric machine industry development with account of electric power development directions .....	60
<b>Shurub Yu.V.</b> Investigation of a three-phase-single-phase induction electric drive under stochastic loads .....	64
<b>Yarymbash D.S.</b> Identification of temperature dependences of center-punch specific electrical resistance during graphitization .....	66

### Anniversaries

<b>Dan'ko Volodymyr Grygorovych</b> (on the 80th anniversary of his birth).....	71
<b>Soskov Anatoliy Georgievich</b> (on the 75th anniversary of his birth).....	72
<b>Rozanov Yuri Konstantinovich</b> (on the 75th anniversary of his birth).....	73

### ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

*Науково-практичний журнал "Електротехніка і Електромеханіка" – передплатне видання. Звертаємо вашу увагу, що починаючи з 2006 року журнал виходить шість разів на рік. Вартість передплати на 2014 рік – 173,10 грн., на два місяці – 28,85 грн., на чотири місяці – 57,70 грн., на шість місяців – 86,55 грн., на вісім місяців – 115,40 грн., на десять місяців – 144,25 грн. Передплатний індекс: 01216.*

### ШАНОВНІ АВТОРИ ЖУРНАЛУ!

*Постановою президії ВАК України від 15 січня 2003 р. № 1-08/5 науково-практичний журнал "Електротехніка і Електромеханіка" внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук та перереєстровано постановою президії ВАК України від 10 лютого 2010 р. № 1-05/1. Журнал зареєстровано як фаховий з № 1 2002 року.*

*Починаючи з 2005 року згідно з договором між редакцією журналу "Електротехніка і Електромеханіка" та Всеросійським інститутом наукової та технічної інформації Російської академії наук (ВИНИТИ РАН), інформація про статті з журналу за відбором експертів ВИНИТИ розміщується у Реферативному журналі (РЖ) та Базах даних (БД) ВИНИТИ.*

*Починаючи з №1 за 2006 р. згідно з Наказом МОН України №688 від 01.12.2005 р. журнал надсилається до УкрІНТЕІ.*

*Електронна копія журналу "Електротехніка і Електромеханіка", зареєстрованому у Міжнародній системі реєстрації періодичних видань під стандартизованим кодом ISSN 2074-272X, надсилається до Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського і, починаючи з 2005 р., представлена на сайті бібліотеки (nbuv.mon.gov.ua) в розділі "Наукова періодика України", а також на офіційному сайті журналу (ie.khpi.edu.ua).*

*Журнал "Електротехніка і Електромеханіка" включений у довідник періодичних видань Ulrich's Periodical Directory (ulrichsweb.serialsolutions.com), у всесвітній федеративний бібліотечний каталог OCLC WorldCat за № 851561709 (worldcat.org), індексується у наукометричних базах Index Copernicus (indexcopernicus.com), Російський Індекс Научного Цитування – РИНЦ (elibrary.ru), Google Scholar (scholar.google.com) та входить до баз даних DOAJ (www.doaj.org), BASE (base-search.net), Scientific Indexing Services (sindex.org), CiteFactor (citefactor.org), DRIVER (www.driver-repository.eu), PBN (pbn.nauka.gov.pl), Research Bible (journalseeker.researchbib.com), DRJI (drji.org).*



*Звертаємо увагу авторів на необхідність оформлення рукописів статей відповідно до Вимог, які наведені на офіційному сайті журналу (ie.khpi.edu.ua), розміщеному на платформі "Наукова періодика України" (journals.uran.ua). Статті, оформлені згідно з Вимогами, будуть публікуватися у першу чергу.*