

**науково-практичний
журнал**

2021/5



ЕІЕ **Електротехніка і Електромеханіка**

Electrical Engineering

& Electromechanics

**Електричні машини та апарати
Електротехнічні комплекси та системи
Силова електроніка
Електроізоляційна та кабельна техніка
Електричні станції, мережі і системи
Безпека електрообладнання**

**Журнал включено до найвищої категорії «А»
Переліку фахових видань України**

**29 липня 2021 р. отримано позитивне рішення
щодо включення журналу до Scopus**

**З 2015 р. журнал індексується
у Web of Science Core Collection:
Emerging Sources Citation Index**



«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА» «ELECTRICAL ENGINEERING & ELECTROMECHANICS»

Науковий журнал. Засновано у 2002 р.

Видання засновано Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») та Державною установою «Інститут технічних проблем магнетизму Національної академії наук України» (ДУ «ІТПМ НАНУ») Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації, серія КВ № 21021-10821ПР від 07.10.2014

EDITORIAL BOARD

Sokol Ye.I.	Editor-in-Chief , Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, Rector of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (NTU «KhPI»), Ukraine
Korytchenko K.V.	Deputy Editor , Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Rozov V.Yu.	Deputy Editor , Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, Director of State Institution «Institute of Technical Problems of Magnetism of the NAS of Ukraine» (SI «ITPM NASU»), Kharkiv, Ukraine
Abu-Siada A.	Professor, Curtin University, Perth, Australia
Aman M.M.	Professor, NED University of Engineering & Technology, Karachi, Pakistan
Baltag O.	Professor, Grigore T. Popa University Medicine and Pharmacy, Faculty of Medical Bioengineering, Iasi, Romania
Baranov M.I.	Professor, Research and Design Institute «Molniya» of NTU «KhPI», Ukraine
Batygin Yu.V.	Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine
Biró O.	Professor, Institute for Fundamentals and Theory in Electrical Engineering, Graz, Austria
Bolyukh V.F.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Bouktir T.	Professor, Ferhat Abbas University, Setif 1, Algeria
Buriakovskiy S.G.	Professor, Director of Research and Design Institute «Molniya» of NTU «KhPI», Ukraine
Butkevych O.F.	Professor, Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine (IED of NASU), Kyiv, Ukraine
Colak I.	Professor, Nisantasi University, Istanbul, Turkey
Cruz S.	Professor, University of Coimbra, Portugal
Doležel I.	Professor, University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic
Féliachi M.	Professor, Technological Institute of Saint-Nazaire, University of Nantes, France
Grinchenko V.S.	PhD, SI «ITPM NASU», Kharkiv, Ukraine
Guerrero J.M.	Professor, Aalborg University, Denmark
Gurevich V.I.	PhD, Honorable Professor, Central Electrical Laboratory of Israel Electric Corporation, Haifa, Israel
Hajjar A.A.	Professor, Tishreen University, Latakia, Syrian Arab Republic
Ida N.	Professor, The University of Akron, Ohio, USA
Kildishev A.V.	Associate Research Professor, Purdue University, USA
Klepikov V.B.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Korovkin N.	Professor, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Russia
Korzeniewska E.	Professor, Lodz University of Technology, Poland
Ktena A.	Professor, National and Kapodistrian University of Athens, Greece
Kuznetsov B.I.	Professor, SI «ITPM NASU», Ukraine
Kyrylenko O.V.	Professor, Member of NAS of Ukraine, Director of IED of NASU, Kyiv, Ukraine
Levin B.M.	Professor, Holon Institute of Technology, Tel Aviv-Yafo, Israel
Malik O.P.	Professor, University Of Calgary, Canada
Maslov V.I.	Professor, National Science Center «Kharkiv Institute of Physics and Technology», Ukraine
Mi Zou	PhD, Chongqing University of Posts and Telecommunications, China
Mikhaylov V.M.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Miljavec D.	Professor, University of Ljubljana, Slovenia
Milykh V.I.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Nacke B.	Professor, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität, Institute of Electrotechnology, Hannover, Germany
Petrushin V.S.	Professor, Odessa National Polytechnic University, Ukraine
Podoltsev A.D.	Professor, IED of NASU, Kyiv, Ukraine
Rainin V.E.	Professor, Moscow Power Engineering Institute, Russia
Reutskiy S.Yu.	PhD, SI «ITPM NASU», Kharkiv, Ukraine
Rezinkina M.M.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Shcherbak Ya.V.	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
Sikorski W.	Professor, Poznan University of Technology, Poland
Suemitsu W.	Professor, Universidade Federal Do Rio de Janeiro, Brazil
Trichet D.	Professor, Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique, France
Vaskovskiy Yu.M.	Professor, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
Vazquez N.	Professor, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Mexico
Vinnikov D.	Professor, Tallinn University of Technology, Estonia
Yagup V.G.	Professor, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine
Yatchev I.	Professor, Technical University of Sofia, Bulgaria
Zagirnyak M.V.	Professor, Member of NAES of Ukraine, Rector of Kremenchuk M.Ostrohradskyi National University, Ukraine
Zgraja J.	Professor, Lodz University of Technology, Poland
Grechko O.M.	Executive Managing Editor , PhD, NTU «KhPI», Ukraine

Адреса редакції / Editorial office address:

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kyrpychova Str., 2, Kharkiv, 61002, Ukraine

тел. / phone: +380 57 7076281, +380 67 3594696, e-mail: a.m.grechko@gmail.com (Гречко Олександр Михайлович / Grechko O.M.)

ISSN (print) 2074-272X

© Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2021

ISSN (online) 2309-3404

© ДУ «Інститут технічних проблем магнетизму Національної академії наук України», 2021

Підписано до друку 26.10.2021 р. Формат 60 × 90 1/8. Папір – офсетний. Друк – лазерний. Друк. арк. 9,0.

Наклад 200 прим. Зам. № 66/172-05-2021. Ціна договірна. Надруковано ТОВ «Друкарня «Мадрид», Україна, 61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18