

ISSN 2074-272X

**науково-практичний  
журнал**

**2021/4**



# **EIE** **електротехніка і електромеханіка**

**Electrical Engineering**

**& Electromechanics**

**Інженерна електрофізика.**

**Техніка сильних електричних та магнітних полів**

**Електричні машини та апарати**

**Електротехнічні комплекси та системи**

**Електричні станції, мережі і системи**

**Електричний транспорт**

**Журнал включено до найвищої категорії «А»**

**Переліку фахових видань України**

**З 2015 р. журнал індексується у міжнародній**

**наукометричній базі 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

<b>Sokol Ye.I.</b>	<b>Editor-in-Chief</b> , Professor, Corresponding member of NAS of Ukraine, Rector of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (NTU «KhPI»), Ukraine
<b>Korytchenko K.V.</b>	<b>Deputy Editor</b> , Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Rozov V.Yu.</b>	<b>Deputy Editor</b> , 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
<b>Abu-Siada A.</b>	Professor, Curtin University, Perth, Australia
<b>Aman M.M.</b>	Professor, NED University of Engineering & Technology, Karachi, Pakistan
<b>Baltag O.</b>	Professor, Grigore T. Popa University Medicine and Pharmacy, Faculty of Medical Bioengineering, Iasi, Romania
<b>Baranov M.I.</b>	Professor, Research and Design Institute «Molniya» of NTU «KhPI», Ukraine
<b>Batygin Yu.V.</b>	Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine
<b>Biró O.</b>	Professor, Institute for Fundamentals and Theory in Electrical Engineering, Graz, Austria
<b>Bolyukh V.F.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Bouktir T.</b>	Professor, Ferhat Abbas University, Setif 1, Algeria
<b>Buriakovskiy S.G.</b>	Professor, Director of Research and Design Institute «Molniya» of NTU «KhPI», Ukraine
<b>Butkevych O.F.</b>	Professor, Institute of Electrodynamics of NAS of Ukraine (IED of NASU), Kyiv, Ukraine
<b>Colak I.</b>	Professor, Nisantasi University, Istanbul, Turkey
<b>Doležel I.</b>	Professor, University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic
<b>Féliachi M.</b>	Professor, Technological Institute of Saint-Nazaire, University of Nantes, France
<b>Grinchenko V.S.</b>	PhD, SI «ITPM NASU», Kharkiv, Ukraine
<b>Guerrero J.M.</b>	Professor, Aalborg University, Denmark
<b>Gurevich V.I.</b>	PhD, Honorable Professor, Central Electrical Laboratory of Israel Electric Corporation, Haifa, Israel
<b>Hajjar A.A.</b>	Professor, Tishreen University, Latakia, Syrian Arab Republic
<b>Ida N.</b>	Professor, The University of Akron, Ohio, USA
<b>Kildishev A.V.</b>	Associate Research Professor, Purdue University, USA
<b>Klepikov V.B.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Korovkin N.</b>	Professor, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Russia
<b>Korzeniewska E.</b>	Professor, Lodz University of Technology, Poland
<b>Ktena A.</b>	Professor, National and Kapodistrian University of Athens, Greece
<b>Kuznetsov B.I.</b>	Professor, SI «ITPM NASU», Ukraine
<b>Kyrylenko O.V.</b>	Professor, Member of NAS of Ukraine, Director of IED of NASU, Kyiv, Ukraine
<b>Levin B.M.</b>	Professor, Holon Institute of Technology, Tel Aviv-Yafo, Israel
<b>Malik O.P.</b>	Professor, University Of Calgary, Canada
<b>Maslov V.I.</b>	Professor, National Science Center «Kharkiv Institute of Physics and Technology», Ukraine
<b>Mi Zou</b>	PhD, Chongqing University of Posts and Telecommunications, China
<b>Mikhaylov V.M.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Miljavec D.</b>	Professor, University of Ljubljana, Slovenia
<b>Milykh V.I.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Nacke B.</b>	Professor, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität, Institute of Electrotechnology, Hannover, Germany
<b>Petrushin V.S.</b>	Professor, Odessa National Polytechnic University, Ukraine
<b>Podoltsev A.D.</b>	Professor, IED of NASU, Kyiv, Ukraine
<b>Rainin V.E.</b>	Professor, Moscow Power Engineering Institute, Russia
<b>Reutskiy S.Yu.</b>	PhD, SI «ITPM NASU», Kharkiv, Ukraine
<b>Rezinkin O.L.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Rezinkina M.M.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Shcherbak Ya.V.</b>	Professor, NTU «KhPI», Ukraine
<b>Shkolnik A.A.</b>	PhD, Central Electrical Laboratory of Israel Electric Corporation, Haifa, Israel
<b>Sikorski W.</b>	Professor, Poznan University of Technology, Poland
<b>Suemitsu W.</b>	Professor, Universidade Federal Do Rio de Janeiro, Brazil
<b>Trichet D.</b>	Professor, Institut de Recherche en Energie Electrique de Nantes Atlantique, France
<b>Vaskovskiy Yu.M.</b>	Professor, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
<b>Vazquez N.</b>	Professor, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Mexico
<b>Vinnikov D.</b>	Professor, Tallinn University of Technology, Estonia
<b>Yagup V.G.</b>	Professor, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine
<b>Yatchev I.</b>	Professor, Technical University of Sofia, Bulgaria
<b>Zagirnyak M.V.</b>	Professor, Member of NAES of Ukraine, Rector of Kremenchuk M.Ostrohradskyi National University, Ukraine
<b>Zgraja J.</b>	Professor, Lodz University of Technology, Poland
<b>Grechko O.M.</b>	<b>Executive Managing Editor</b> , 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 27.08.2021 р. Формат 60 × 90 %. Папір – офсетний. Друк – лазерний. Друк. арк. 9,25.

Наклад 200 прим. Зам. № 66/172-04-2021. Ціна договірна. Надруковано ТОВ «Друкарня «Мадрид», Україна, 61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18