

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

**Бутырин Павел Анфимович** – *главный редактор*, член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва  
**Анучин Алексей Сергеевич** – доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва  
**Бааке Эгберт** – профессор, Ганновский Университет им. Лейбница, Ганновер, Германия  
**Беспалов Виктор Яковлевич** – доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва  
**Вольский Сергей Иосифович** – доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва  
**Высоцкий Виталий Сергеевич** – доктор техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности, Москва  
**Двин Бруно** – PhD, профессор, Университет Лоррэйи, Нанси, Франция  
**Демидович Виктор Болеславович** – доктор техн. наук, профессор, ООО «Русские технологии индукционного нагрева», Санкт-Петербург  
**Елистратов Виктор Васильевич** – доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург  
**Илюшин Павел Владимирович** – доктор техн. наук, Институт энергетических исследований РАН, Москва  
**Ковалев Константин Львович** – доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва  
**Коган Феликс Лазаревич** – доктор техн. наук, НТЦ Россети ФСК ЕЭС, Москва  
**Коровкин Николай Владимирович** – доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург  
**Коротеев Анатолий Анатольевич** – академик РАН, доктор техн. наук, профессор, АО ГНЦ РФ «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», Москва  
**Короткевич Михаил Андреевич** – доктор техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет, Минск, Белоруссия  
**Корявин Алексей Родионович** – доктор техн. наук, с.н.с., РФЯЦ-ВНИИТФ, Москва  
**Красовский Александр Борисович** – доктор техн. наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва  
**Лагарьков Андрей Николаевич** – академик РАН, доктор техн. наук, Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, Москва  
**Лоскутов Алексей Борисович** – доктор техн. наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород  
**Мошкунов Сергей Игоревич** – член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, Санкт-Петербург  
**Назарычев Александр Николаевич** – доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург  
**Негвиевский Михаил Владимирович** – PhD, профессор, Университет Тасмании, Австралия  
**Подковальников Сергей Викторович** – доктор техн. наук, с.н.с., Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск  
**Раков Владимир Александрович** – PhD, профессор, Университет во Флориде, Гейнсвилл, США  
**Серебрянников Сергей Владимирович** – доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва  
**Соснина Елена Николаевна** – доктор техн. наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород  
**Сяо Ли** – доктор техн. наук, профессор, Институт электротехники КАН, Пекин, Китай  
**Темников Александр Георгиевич** – канд. техн. наук, доцент, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва  
**Хомич Владислав Юрьевич** – академик РАН, доктор физ.-мат. наук, Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, Санкт-Петербург  
**Шувалов Михаил Юрьевич** – доктор техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности, Москва

Ответственный секретарь **Е.Н. Соснина**, доктор техн. наук, профессор

Литературный редактор **Т.П. Александрова**

Технический редактор **М.В. Матвеев**

Младший редактор **Н.В. Чечунова**

Компьютерная верстка **М.С. Матвеева**

Перевод на английский язык **В.И. Филатов**

---

*Почтовый адрес редакции: 111250 Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, Красноказарменная ул., 14,*

*НИУ «МЭИ», редакция журнала «Электричество»*

*Телефон, факс (495) 362-7485*

*E-mail: [etr1880@mpei.ru](mailto:etr1880@mpei.ru)*

*<http://etr1880.mpei.ru>*

---

*Полные тексты статей в формате pdf размещены на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ): [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)*

*Подписаться на журнал можно на официальном сайте каталога «Пресса России» [www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)*

*и на сайте интернет-магазина «Пресса по подписке» [www.akc.ru](http://www.akc.ru). Подписной индекс – 71106*

---

Подписано в печать 30.04.2024. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Тираж 115 экз.  
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 9,77. Заказ . Цена свободная.

---

Свидетельство о регистрации № 0110272 от 8 февраля 1993 г.  
Министерства печати и информации Российской Федерации

Издатель: НИУ «МЭИ»  
Отпечатано в типографии МЭИ

Theoretical and scientific-practical journal

# ELEKTRICHESTVO

ESTABLISHED IN JULY 1880

**№ 5, 2024**

## FOUNDERS

Russian Academy of Sciences  
(the Division of Power Engineering, Mashinary Construction,  
Mechanical and Control Processes)

## The Editorial Board

- Butyrin Pavel A.** – *Editor-in-Chief*, Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
- Anuchin Aleksey S.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
- Baake Egbert** – Professor, Leibniz University of Hannover, Germany
- Bespalov Viktor Ya.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
- Demidovich Viktor B.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, LLC "Russian induction heating technologies", St. Petersburg
- Douine Bruno** – PhD, Professor, University of Lorraine, Nancy, France
- Elistratov Victor V.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Peter the Great St. Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg
- Ilyushin Pavel V.** – Dr. Sci. (Eng.), Institute of Energy Research of the RAS, Moscow
- Khomich Vladislav Yu.** – Full Member of the RAS, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Institute for Electrophysics and Electric Power Engineering of the RAS, St. Petersburg
- Kogan Feliks L.** – Dr. Sci. (Eng.), STC Rosseti FGT UES, Moscow
- Koroteyev Anatoly A.** – Full Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Professor, JSC SST RF "M.V. Keldysh Research Center", Moscow
- Korotkevich Mikhail A.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
- Korovkin Nikolay V.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Peter the Great St. Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg
- Koryavin Aleksey R.** – Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, RFNC-VNIITF, Moscow
- Kovalev Konstantin L.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow
- Krasovskiy Aleksandr B.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow
- Lagar'kov Andrey N.** – Full Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Institute for Theoretical and Applied Electromagnetics of the RAS, Moscow
- Loskutov Aleksey B.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod
- Moshkunov Sergey I.** – Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Eng.), Institute of Electrophysics and Electricity of the RAS, St. Petersburg
- Nazarychev Alexander N.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg
- Negnevitsky Mikhail V.** – PhD, Professor, University of Tasmania, Australia
- Podkoval'nikov Sergey V.** – Dr. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the RAS, Irkutsk
- Rakov Vladimir A.** – PhD, Professor, Florida University, USA
- Serebryannikov Sergey V.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow
- Sosnina Elena N.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod
- Temnikov Aleksander G.** – Cand. Sci. (Eng.), Docent, National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow
- Shuvalov Michail Yu.** – Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Research, Design and Technological Institute of the Cable Industry, Moscow
- Volskiy Sergey I.** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow
- Vysotsky Vitaly S.** – Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Research, Design and Technological Institute of the Cable Industry, Moscow
- Xiao Liye** – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Institute of Electrical Engineering, CAS, Beijing, China

Executive Secretary **E.N. Sosnina**, Dr. Sci. (Eng.), Professor  
Literature Editor **T.P. Aleksandrova**  
Junior Editor **N.V. Chechunova**  
Technical Editor **M.V. Matveev**  
Computer-aided make-up **M.S. Matveeva**  
Translator **V.I. Filatov**

---

**Editorial office address:** NRU «Moscow Power Engineering Institute», Krasnokazarmennaya, 14,

Ext. Ter. G. Municipal District of Lefortovo, Moscow, 111250 Russia

tel/fax (495) 362-7485

E-mail: [etr1880@mpei.ru](mailto:etr1880@mpei.ru)

<http://etr1880.mpei.ru>

Full text articles in PDF format available on the website of the Scientific Electronic Library: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

---

**Publisher of the journal:**

NRU «Moscow Power Engineering Institute»

## ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

УЧРЕДИТЕЛЬ: РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК (Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления)

### СОДЕРЖАНИЕ

Сафронов А.А., Коротеев А.А., Григорьев А.Л., Филатов Н.И. Нелокальная модель электризации капельного потока под действием факторов космического пространства.....	4
Корявин А.Р. Влияние дождя на разрядные характеристики линейной полимерной изоляции.....	11
Костельов А.М., Маннанов Э.Р., Папков А.В., Новопашин С.А. Теплопроводность гетерогенных полимерных композитных материалов, наполненных микро- и наноразмерными неорганическими частицами .....	21
Куликов А.Л., Севостьянов А.А., Илюшин П.В. Оценка искажений напряжения в системах электропитания промышленных предприятий .....	32
Кошевой К.Э., Красильникова Т.Г. Пропускная способность дальних электропередач с установками шунтирующей компенсации.....	49
Герман Л.А., Карпов И.П. Схема замещения системы внешнего и тягового электроснабжения .....	57
Короткевич М.А., Кубарко В.П. Экспериментальное определение длительно допустимых токов силовых кабелей с полимерной изоляцией на напряжение 10 кВ.....	65

### ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Воротницкий В.Э., Воротницкий В.В. Уроки истории и перспективы развития передачи электроэнергии .....	73
---	----

### CONTENTS

A.A. Safronov, A.A. Koroteev, A.L. Grigor'ev, N.I. Filatov. A Nonlocal Model of Droplet Flow Electrification under the Effect of Outer Space Factors .....	4
A.R. Koryavin. Influence of Rain on the Discharge Characteristics of Linear Polymeric Insulation .....	11
A.M. Kostel'ov, E.R. Mannanov, A.V. Papkov, S.A. Novopashin. Thermal Conductivity of Heterogeneous Polymer Composite Materials Filled with Micro- and Nano-Sized Inorganic Particles .....	21
A.L. Kulikov, A.A. Sevost'yanov, P.V. Ilyushin. Assessment of Voltage Distortions in Power Supply Systems of Industrial Enterprises .....	32
K.E. Koshevoy, T.G. Krasil'nikova. Transmission Capacity of Long-Distance Power Lines Equipped with Shunt Compensation Devices .....	49
L.A. German, I.P. Karpov. The Equivalent Circuit of the External and Traction Power Supply System.....	57
M.A. Korotkevich, V.P. Kubarko. Experimental Determination of Permissible Continuous Currents for 10 kV Power Cables with Polymeric Insulation .....	65

### FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING

V.E. Vorotnitskiy, V.V. Vorotnitskiy. Lessons from the History and Prospects for the Development of Electric Power Transmission .....	73
---	----

На обложке – Моторный механизм электрической лодки Якоби (Гравюра Л. Леже).

Источник: Figuier L. Les Nouvelles Conquêtes de la science. L'Électricité. Paris: Librairie illustrée, 1884, 644 p.

185 лет назад, в 1839 г., русский электротехник Борис Семёнович Якоби построил 28-футовую моторную лодку с электродвигателем его конструкции, питающимся от аккумуляторных батарей. Судно перевозило 14 пассажиров по Неве против течения со скоростью три мили в час. Двигатель Якоби стал первым в истории электродвигателем, пригодным для практического применения.

On the Cover is The motor mechanism of the Jacobi electric boat (Engraving by L. Leger).

Source: Figuier L. Les Nouvelles Conquêtes de la science. L'Électricité. Paris: Librairie illustrée, 1884, 644 p.

185 years ago, in 1839, Russian electrical engineer Boris Semyonovich Jacobi built a 28-foot motorboat with an electric motor of his design powered by rechargeable batteries. The vessel was carrying 14 passengers along the Neva River against the current at a speed of three miles per hour. The Jacobi engine became the first electric motor in history suitable for practical use.