

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор БУТЫРИН ПАВЕЛ АНФИМОВИЧ**

**Секция теоретических основ электротехники,  
преобразовательной техники, электротехнических материалов**

**Бутырин П.А.**, член-корр. РАН, председатель секции, **Козлов В.Н.**, доктор техн. наук, проф., **Коровкин Н.В.**, доктор техн. наук, проф., **Коротеев А.А.**, академик РАН, **Лагарьков А.Н.**, академик РАН, **Рашиди-Хасри Ф.** (Швейцария), проф., **Розанов Ю.К.**, доктор техн. наук, проф., **Серебрянников С.В.**, доктор техн. наук, проф.

Научный редактор **Евсеев Б.Н.**

**Секция электроэнергетики**

**Строев В.А.**, доктор техн. наук, проф., председатель секции, **Воропай Н.И.**, член-корр. РАН, **Коган Ф.Л.**, доктор техн. наук, **Кучеров Ю.Н.**, доктор техн. наук, **Новиков Н.Л.**, доктор техн. наук

Научный редактор **Кудинова Л.С.**

**Секция техники высоких напряжений, электрических аппаратов, трансформаторов**

**Белкин Г.С.**, доктор техн. наук, **Корявин А.Р.**, доктор техн. наук, **Раков В.А.**, проф. (США), **Хомич В.Ю.**, академик РАН

Научный редактор **Кудинова Л.С.**

**Секция электрических машин**

**Беспалов В.Я.**, доктор техн. наук, проф., председатель секции, **Ковалев К.Л.**, доктор техн. наук, проф., **Шакарян Ю.Г.**, доктор техн. наук, проф.

Научный редактор **Евсеев Б.Н.**

**Секция электропривода и автоматизации технологических процессов**

**Красовский А.Б.**, доктор техн. наук, проф., председатель секции, **Бааке Э.**, проф. (Германия), **Демидович В.Б.**, доктор техн. наук, проф.

Научный редактор **Евсеев Б.Н.**

Заместитель главного редактора **Б.Н. Евсеев**

Ответственный секретарь **Л.С. Кудинова**

Литературный редактор **Т.П. Александрова**

Младший редактор **Н.В. Чечунова**

Компьютерная верстка **Н.Н. Мерзляков**

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

**Почтовый адрес редакции:** 111250 Москва, Красноказарменная ул. 14  
НИУ «МЭИ», редакция журнала «Электричество»

**Адрес редакции:** Москва, НИУ «МЭИ», каф. ТОЭ, корпус «З», первый этаж

**Телефон** (495) 362-7485

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

Подписано в печать 12.08.2019. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$ . Тираж 240 экз.  
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 9. Заказ . Цена свободная

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

Издатель: НИУ «МЭИ»  
Отпечатано в типографии НИУ «МЭИ».

Theoretical and scientific-practical journal

# ELEKTRICHESTVO

ESTABLISHED IN JULY 1880

**№ 9, 2019**

## FOUNDERS

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

## THE EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL ELEKTRICHESTVO

**Editor-in-Chief Pavel A. Butyrin, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow Power Engineering Institute (MPEI)**

### **Section for Theoretical Principles of Electrical Engineering, Converter Systems, and Electrical Materials**

**P.A. Butyrin** (Moscow), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MPEI, Section Chairman; **V.N. Kozlov** (St. Petersburg), Dr. Sci. (Eng.), Professor, St. Petersburg State Polytechnic University; **N.V. Korovkin** (St. Petersburg), Dr. Sci. (Eng.), Professor, St. Petersburg State Polytechnic University; **A.A. Koroteyev** (Moscow), Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow Aviation Institute; **A.N. Lagar'kov** (Moscow), Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Theoretical and Applied Electrodynamics; **F. Rachidi-Haeri** (Lausanne), Professor, Federal Polytechnic Institute in Lausanne (Switzerland); **Yu. K. Rozanov** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, MPEI; **S.V. Serebryannikov** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, MPEI.

Scientific Editor **B.N. Yevseyev**

### **Section for Electric Power Engineering**

**V.A. Stroev** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, MPEI, Section Chairman; **N.I. Voropai** (Irkutsk), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Energy Systems, Siberian Division, Russian Academy of Sciences; **F.L. Kogan** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.); **Yu.N. Kucherov** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), OJSC "System Operator of the Unified Energy System"; **N.L. Novikov** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), OJSC "Scientific and Technical Centre of the Federal Grid Company of the Unified Energy System".

Scientific Editor **L.S. Kudinova**

### **Section for High-Voltage Engineering, Electrical Apparatuses, and Transformers**

**G.S. Belkin** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Institute of Electrical Engineering; **A.R. Koryavin** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Institute of Electrical Engineering; **V.A. Rakov**, Professor and Co-Director of ICLRT University of Florida (USA); **V.Yu. Khomich** (Moscow), Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Electrophysics and Electric Power Engineering, Russian Academy of Sciences.

Scientific Editor **L.S. Kudinova**

### **Section of Electrical Machines**

**V.Ya. Besspalov** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, MPEI, Section Chairman; **K.L. Kovalev** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute; **Yu.G. Shakaryan** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, OJSC "Scientific and Technical Centre of the Federal Grid Company of the Unified Energy System".

Scientific Editor **B.N. Yevseyev**

### **Section of Electric Drives and Automation of Technological Processes**

**A.B. Krasovskii** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow State Technical University, Section Chairman; **E. Baake** (Hannover), Professor Dr.-Eng., Leibniz University of Hannover (Germany); **V.B. Demidovich** (St. Petersburg), Dr. Sci. (Eng.), Professor, St. Petersburg University of Electrical Engineering.

Scientific Editor **B.N. Yevseyev**

Deputy Editor-in-Chief **B.N. Yevseyev**  
Executive Secretary **L.S. Kudinova**  
Literature Editor **T.P. Aleksandrova**  
Junior Editor **N.V. Chechunova**  
Computer-aided make-up **N.N. Merzlyakov**  
Translator **V.I. Filatov**

---

**Editorial office address:** «NRU «Moscow Power Engineering Institute», Krasnokazarmennaya, 14,  
Moscow, 111250 Russia  
**tel/fax (495) 362-7485**

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

ИЗДАЕТСЯ С ИЮЛЯ 1880 ГОДА

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

9  
СЕНТЯБРЬ  
2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

Жуков В.В., Шмелев А.В., Михеев Д.В. Оценка надежности цифровой подстанции и элементов интеллектуальной электрической сети . . . . .	4	V.V. Zhukov, A.V. Shmelev, D.V. Mikheyev, Estimating the Reliability of a Digital Substation and Smart Grid Elements. . . . .	4
Гусев Ю.П., Лхамдондог А.Д., Монаков Ю.В., Ягова Н.В. Влияние знакопостоянного тока на процессы намагничивания трехфазных силовых трансформаторов . . . . .	16	Yu.P. Gusev, A.D. Lhamdondog, Yu.V. Monakov, N.V. Yagova, The Influence of a Constant-Sign Current on the Magnetization Processes in Three-Phase Power Transformers. . . . .	16
Лямец Ю.Я., Мартынов М.В., Маслов А.Н. Определение поврежденных проводов при коротком замыкании в многопроводной сети . . . . .	22	Yu.Ya. Lyamets, M.V. Martynov, A.N. Maslov, Recognition of Failed Wires during a Short-Circuit Fault in a Multiwire Network. . . . .	22
Ковалев К.Л., Полтавец В.Н., Колчанова И.П. Автономные энергетические системы с кинетическим накопителем энергии . . . . .	30	K.L. Kovalev, V.N. Poltavets, I.P. Kolchanova, Self-Contained Power Systems with a Kinetic Energy Storage . . . . .	30
Журавлев С.В., Зечихин Б.С., Иванов Н.С., Некрасова Ю.Ю., Ларионов А.Е. Расчет магнитного поля в активной зоне электрической машины с кольцевой сверхпроводниковой обмоткой якоря при наличии внешнего экрана . . . . .	41	S.V. Zhuravlev, B.S. Zechikhin, N.S. Ivanov, Yu.Yu. Nekrasova, A.Ye. Larionov, Calculating the Magnetic Field in the Active Zone of an Electrical Machine with an Annular Superconducting Armature Winding when there Is an External Shield . . . . .	41
Сухов Д.В., Шевцов Д.А., Шишов Д.М., Сотников И.А. Принципы построения трансформаторных датчиков для измерения постоянных, переменных и импульсных токов . . . . .	50	D.V. Sukhov, D.A. Shevtsov, D.M. Shishov, I.A. Sotnikov, Design Principles of Transformer Sensors for Measuring Direct, Alternating, and Impulse Currents . . . . .	50
Михеев О.В., Положенцев А.Е., Белик С.В., Ошкин А.Е. Использование солнечной батареи в составе системы электропитания космического разгонного блока . . . . .	57	O.V. Mikheyev, A.Ye. Polozhentsev, S.V. Bekik, A.Ye. Oshkin, Using a Photovoltaic Array as Part of the Space Booster Power Supply System . . . . .	57
Смирнов А.Ю., Кашканов А.О. Применение совмещённых обмоток в одноимённо-полюсных индукторных двигателях . . . . .	61	A.Yu. Smirnov, A.O. Kashkanov, Application of Integrated Windings in Homopolar Inductor Motors . . . . .	61
Новиков Г.К., Федчишин В.В., Какорин А.А. Механическая прочность и твердость полимерных материалов, радиационно сшиваемых рентгеновским излучением электрического газового разряда . . . . .	66	G.K. Novikov, V.V. Fedchishin, A.A. Kakorin, The Mechanical Strength and Hardness of Polymeric Materials Cross-Linked by X-Ray Radiation of Electric Gas Discharge . . . . .	66
<b>ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ</b>		<b>FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING</b>	
Григорьев Н.Д. Николай Григорьевич Егоров (К 170-летию со дня рождения) . . . . .	71	N.D. Grigor'yev, Nikolay Grigor'yevich Yegorov (to Mark the 170th Anniversary) . . . . .	71