

## 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., **Рывкин С.Е.**, доктор техн. наук, **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, **Баке Е.**, проф. (Германия), **Демидович В.Б.**, доктор техн. наук, проф., **Поляхов Н.Д.**, 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, первый этаж, ком. 3-111

**Телефон, факс (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)**

Выход в свет 25.1.2018. Формат 0×84¼. Тираж 260 экз.  
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 8. 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

# **ELECTRICHESTVO**

## **(ELECTRICITY)**

ESTABLISHED IN JULY 1880

**№ 1, 2018**

### **FOUNDERS**

Russian Academy of Sciences  
(the Division of Power Engineering, Mashinary Construction,  
Mechanical and Control Processes)  
Russian Scientific-Technical Society of Power Engineers  
and Electrical Engineers

## 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.Ye. Ryvkin** (Moscow), Dr. Sci. (Eng.), Institute of Control Problems, Russian Academy of Sciences; **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. Bespalov** (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; **N.D. Polyakhov** (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», room Z-111 (Department for Theoretical Principles of Electrical Engineering), 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»**

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**УЧРЕДИТЕЛИ: РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК (Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления),  
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКОВ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКОВ**

**СОДЕРЖАНИЕ****CONTENTS**

<b>Михеев О.В., Положенцев А.Е., Белик С.В., Ошкин А.Е., Курныков А.Г.</b> Особенности выбора параметров при проектировании системы электроснабжения космического аппарата, функционирующего на сверхнизких орбитах . . . . .	4	<b>O.V. Mikheyev, A.Ye. Polozhentsev, S.V. Belik, A.Ye. Oshkin, A.G. Kurnykov,</b> Specific Features of Selecting the Power Supply System Parameters for a Space Vehicle Operating in Very Low Orbits . . . . .	4
<b>Антонов Б.М., Баранов Н.Н., Крюков К.В., Розанов Ю.К.</b> Гибридная система децентрализованного электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии разных видов . . . . .	8	<b>B.M. Antonov, N.N. Baranov, K.V. Kryukov, Yu.K. Rozanov,</b> A Hybrid Decentralized Power Supply System Based on Different Kinds of Renewable Energy Sources . . . . .	8
<b>Гусев Ю.П., Субботин П.В.</b> Влияние накопителей электроэнергии на пропускную способность распределительных сетей напряжением 6–10 кВ . . . . .	13	<b>Yu.P. Gusev and P.V. Subbotin,</b> The Effect of Electric Energy Storage Devices on the Transmission Capacity of 6–10 kV Distribution Networks . . . . .	13
<b>Гайтов Б.Х., Кашин Я.М., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Кашин А.Я., Схашок А.О., Ким В.А.</b> Ветро-солнечный генератор для систем автономного электроснабжения . . . . .	19	<b>B.Kh. Gaitov, Ya.M. Kashin, L.Ye. Kopelevich, A.V. Samorodov, A.Ya. Kashin, A.O. Skhashok, V.A. Kim,</b> A Combined Wind-and-Solar Generator for Autonomous Electric Power Supply Systems . . . . .	19
<b>Литвиненко А.М., Кирилов А.Б.</b> Управление возбуждением сегментных генераторов ветроэнергетических установок изменением воздушного зазора . . . . .	28	<b>A.M. Litvinenko, A.B. Kirilov,</b> Excitation Control of Segmented Windmill Generators by Adjusting the Air Gap . . . . .	28
<b>Корявин А.Р.</b> Оценка эффективной длины пути утечки опорных изоляторов в условиях загрязнения и увлажнения . . . . .	33	<b>A.R. Koryavin,</b> Estimation of Effective Creepage Distance of Support Insulators in Polluted Conditions . . . . .	33
<b>Русаков А.М., Казимиров Е.О., Шатов В.А., Шатова И.В.</b> Проектирование системы охлаждения и расчет теплового состояния тягового генератора с возбуждением от постоянных магнитов . . . . .	40	<b>A.M. Rusakov, Ye.O. Kazimirov, V.A. Shatov, I.V. Shatova,</b> Designing of the Cooling System and Calculation of Thermal State of the Traction Generator with Excitation From Permanent Magnets . . . . .	40
<b>Афанасьев А.А., Токмаков Д.А., Там Нгуен Конг.</b> Аналитическая модель беспазового магнито-электрического вентильного двигателя . . . . .	48	<b>A.A. Afanas'yev, D. A. Tokmakov, Tam Nguen Kong,</b> The Analytical Model of a Slotless Switched Permanent Magnet Motor . . . . .	48
<b>ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ</b>		<b>FROM WORK EXPERIENCE</b>	
<b>Трофимов С.В.</b> Результаты экспериментальной проверки эффективности работы гасителей вибрации . . . . .	57	<b>S.V. Trofimov,</b> Experimentally Checking the Performance of Vibration Dampers . . . . .	57
<b>ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ</b>		<b>FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL</b>	
<b>Григорьев Н.Д.</b> Роберт Эдуардович Классон (К 150-летию со дня рождения) . . . . .	61	<b>N.D. Grigor'yev, Robert Eduardovich Klasson</b> (To Mark the 150th Anniversary). . . . .	61