

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, факс (495) 362-7485

E-mail: etr1880@mail.ru; etr1880@mpei.ru

<http://etr1880.mpei.ru>

Полные тексты статей в формате pdf размещены на сайте

Научной электронной библиотеки (НЭБ): www.elibrary.ru

Подписано в печать 25.01.2018. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Тираж 250 экз.
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 8,75 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

№ 2, 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; 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

Publisher of the journal:

«NRU «Moscow Power Engineering Institute»

ИЗДАЕТСЯ С ИЮЛЯ 1880 ГОДА

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

2
ФЕВРАЛЬ
2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

СОДЕРЖАНИЕ

Папков Б.В., Куликов А.Л., Осокин В.Л. Вероятности редких случайных событий в электроэнергетике	4
Вуколов В.Ю., Колесников А.А., Пнев Е.Р., Папков Б.В. Управление конфигурацией распределительных электрических сетей 6–35 кВ.	10
Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Противоаварийное управление установками распределенной генерации	18
Аллаев К.Р., Мирзабаев А.М., Махмудов Т.Ф., Махкамов Т.А. Применение технологии вложения систем для исследования инвариантности выхода сложной электрической системы по переменным состояниям	26
Коптяев Е.Н., Попков Е.Н. Система электродвижения с двухканальным непосредственным преобразованием частоты и встроенным коммутатором	33
Зиновьев Г.С. Обобщение прямых методов расчета действующих значений тока в цепях с несинусоидальным напряжением	40
Бодров Е.Э., Бодрова С.И., Лысенко А.А. Математическое моделирование нагрузки на приводной двигатель малогабаритного мобильного робота в модуле симуляции движения	48
Афанасьев А.А. Электромагнитные моменты магнитного редуктора	54
Шумов Ю.Н., Сафонов А.С. Тихоходные электрические машины большой мощности (<i>Обзор зарубежных публикаций</i>)	60
ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ	
Григорьев Н.Д. Константин Константинович Хренов (К 125-летию со дня рождения)	67
ХРОНИКА	
Александр Иосифович Лурье (Некролог)	69

CONTENTS

B.V. Papkov, A.L. Kulikov, V.L. Osokin, Probabilities of Rare Random Events in the Electric Power Industry	4
V.Yu. Vukolov, A.A. Kolesnikov, Ye.R. Pnev, B.V. Papkov, Managing the Configuration of 6–35 kV Electrical Distribution Networks	10
Yu.N. Bulatov and A.V. Kryukov, Emergency Control of Distributed Generation Plants	18
K.R. Allayev, A.M. Mirzabayev, T.F. Makhmudov, T.A. Makhkamov, Application of the System Nesting Technology for Studying the Invariance of a Complex Electric System Output in Terms of State Variables.	26
E.N. Koptayev and E.N. Popkov, An Electric Propulsion System with Two-Channel Direct Frequency Conversion and a Built-in Switch	33
G.S. Zinov'yev, Generalizing the Direct Analysis Methods of Effective Current Values in Circuits with Non-Sinusoidal Voltage.	40
Ye.E. Bodrov, S.I. Bodrova, A.A. Lysenko, Mathematical Simulation of the Load Applied to the Driving Motor of a Compact Mobile Robot in the Motion Simulation Module.	48
A.A. Afanas'yev, Magnetic Reducing Gear's Electromagnetic Torques	54
Yu.N. Shumov and A.S. Safonov, Low-Speed Large-Capacity Electrical Machines	60
FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING	
N.D. Grigor'yev, Konstantin Konstantinovich Khrenov (to Mark the 125th Anniversary)	67
CHRONICLE	
Aleksander Iosifovich Lur'ye (Obituary)	69