

## 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, корпус «З», первый этаж

**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)**

---

Подписано в печать 16.07.2018. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$ . Тираж 260 экз.  
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 9,5 Заказ . Цена свободная

---

Свидетельство о регистрации № 010272 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

**№ 8, 2018**

## 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.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. Kuchеров** (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», 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

8  
АВГУСТ  
2018

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

Белей В.Ф., Задорожный А.О. Опыт эксплуатации ветропарка в Калининградской области. . . . .	4	V.F. Beley and A.O. Zadorozhny, Analyzing the Experience Gained from Operation of the Wind Farm in the Kaliningrad Region . . . . .	4
Абдурахманов А.М., Глушкин С.В., Протасенко И.С., Шунтов А.В. О характеристиках надежности воздушных линий основной сети энергосистем . . . . .	12	A.M. Abdurakhmanov, S.V. Glushkin, I.S. Protasenko, A.V. Shuntov, About the Reliability Characteristics of a Power System Backbone Network Overhead Lines . . . . .	12
Дворкин Д.В., Тульский В.Н., Палис Ш. Ранжирование потребителей подстанции по степени влияния на несимметрию напряжения в условиях дефицита исходных данных . . . . .	18	D.V. Dvorkin, V.N. Tul'sky, Sh. Palis, Ranking Substation Loads According to Their Effect on Voltage Imbalance in Case of Input Data Scarcity . . . . .	18
Оморов Т.Т., Такырбашев Б.К., Закиряев К.Э. К проблеме диагностики обрывов электрических линий трехфазных распределительных сетей в составе АСКУЭ . . . . .	24	T.T. Omorov, B.K. Takyrbashev, K.E. Zakiryaev, On the Problem of Diagnosing Open-Circuit Faults of Electric Lines in Three-Phase Distribution Networks . . . . .	24
Шакиров М.А. Вектор Пойнтинга и новая теория трансформатора. Ч. 6. «Анатомия» автотрансформатора . . . . .	29	M.A. Shakirov, Poynting's Vector and the New Theory of a Transformer. Part 6. «Anatomy» of an Autotransformer. . . . .	29
Беспалов В.Я., Каржавов Б.Н., Сидоров А.О. Некоторые вопросы повышения плавности вращения электрических приводов . . . . .	42	V.Ya. Bespalov, B.N. Karzhavov, A.O. Sidorov, Achieving Smoother Rotation of Electric Drives . . . . .	42
Антипов В.Н., Грозов А.Д., Иванова А.В. Исследование магнитных систем высокоскоростных мини-турбогенераторов с постоянными магнитами . . . . .	52	V.N. Antipov, A. D. Grozov, A.V. Ivanova, Studying the Magnetic Systems of High Speed Mini Turbine Generators with Permanent Magnets. . . . .	52
<b>ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА</b>		<b>NOTES and LETTERS</b>	
Кривоносов Г.А. Расчет магнитопровода трансформатора (Дополнение к статье «Расчет параметров трансформаторов», Электричество, 2016, No. 6) . . . . .	60	Krivososow G.A. In addition to article «Calculation of the Transformer Parameters» (Elektrichestvo, 2016, No. 6) . . . . .	60
<b>ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ</b>		<b>FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING</b>	
Бородин Д.А. Блеск «Парижской оперы» (ч. II) . . . 62		D.A. Borodin, The Brilliance of the Paris Opera (Part. II) . . . 62	