

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; 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 25.09.2019. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Тираж 215 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

№ 10, 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

10
ОКТАБРЬ
2019

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Ковалев К.Л., Модестов К.А., Дубенский А.А., Кован Ю.И., Егошкина Л.А. Экспериментальное исследование фотоэлектрического генератора как альтернативного источника питания сверхпроводящих обмоток возбуждения бесконтактных авиационных электрических машин	4	K.L. Kovalev, K.A. Modestov, A.A. Dubenskiy, Yu.I. Kovan, L.A. Yegoshkina, An Experimental Investigation of a Photovoltaic Generator as an Alternative Source of Power Supply for the Superconducting Excitation Windings of Contactless Aircraft Electric Machines	4
Шакиров М.А. Вектор Пойнтинга и новая теория трансформатора. Ч. 8. Чередующиеся обмотки.	10	M.A. Shakirov, Poynting's Vector and the New Theory of a Transformer. Part 8. Alternating Windings	10
Ковалев А.П., Москвина И.И., Павлович А.А. Метод расчета надежности невосстанавливаемых сложных по структуре систем, элементы которых могут находиться в трех несовместных состояниях	21	A.P. Kovalev, I.I. Moskvina, A.A. Pavlovich, A Method for Calculating the Reliability of Non-Recoverable and Structurally Complex Systems Containing Components That May Exist in Three Incompatible States	21
Геворкян В.М., Казанцев Ю.А. Нелинейная математическая модель устройства отбора мощности от фазного провода линий электропередачи	29	V.M. Gevorkyan, Yu.A. Kazantsev, Nonlinear Mathematical Model of the Power Take-off Device From the Phase Wire of Power Lines.	29
Афанасьев А.А., Нудельман Г.С. Математическое моделирование эквивалентной демпферной обмотки явнополюсной синхронной машины	34	A.A. Afanas'yev, G.S. Nudel'man, Mathematical Modeling of the Equivalent Damper Winding of a Salient-Pole Synchronous Machine	34
Бланк А.В. Каскадная А-Н-схема замещения электрической машины с возбуждением от постоянных магнитов	42	A.V. Blank, The Cascade A-H Equivalent Circuit of a Permanent Magnet Excited Electrical Machine	42
Цицикян Г.Н., Антипов М.Ю. Расчёт индуктивности однослойного и двухслойного соленоида с учётом особенностей практического применения	48	G.N. Tsitsikyan, M.Yu. Antipov, Calculating the Inductance of Single- and Two-Layer Solenoids Taking into Account the Specific Features of Their Practical Application	48
Рефаат А., Осман М.Х., Коровкин Н.В. Оптимальное извлечение энергии из неоднородно стареющего фотоэлектрического массива с использованием сумматора тока	54	A. Refaat, M.H. Osman, N.V. Korovkin, Optimum Power Extraction From Non-Uniform Aged PV Array Using Current Collector Optimizer Topology	54
Ларин В.С. Мировые тенденции развития трансформаторного оборудования (по итогам 47-й сессии СИГРЭ)	61	V.S. Larin, World Trends in the Development of Transformer Equipment (Following The Results of the 47th Session of CIGRE, 2017)	61
ХРОНИКА	69	CHRONICLE	69