

Theoretical and scientific-practical journal

ELEKTRICHESTVO

ESTABLISHED IN JULY 1880

№ 5, 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. 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», 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; 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»

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**

Гаджиев М.Г., Гулевич Е.А., Рябченко В.Н., Шаров Ю.В. Идентификация математической модели режима энергосистемы с помощью синхронизированных векторных измерителей	4	M.G. Gadzhiyev, Ye.A. Gulevich, V.N. Ryabchenko, Yu.V. Sharov, About PMU placement for the identification of the mathematical model the power system mode	4
Беляев Н.А., Егоров А.Е., Коровкин Н.В., Чудный В.С. Формирование расчетных моделей электро-энергетических систем для оценки показателей балансовой надежности	11	N.A. Belyayev, A.Ye. Yegorov, N.V. Korovkin, V.S. Chudnyi, Constructing the Analysis Models of Electric Power Systems for Estimating the Balance Reliability Indicators	11
Ахметбаев Д.С., Ахметбаев А.Д., Бердыгожин А.С. Топологический метод формирования узловых уравнений в обращенной форме для электро-энергетических систем	18	D.S. Akhmetbayev, A.D. Akhmetbayev, A.S. Berdygozhin, The Topological Method for Producing the Inverse Form of Electric Power System Nodal Equations	18
Воропай Н.И., Чулюкова М.В. Анализ развития системной аварии в ОЭС Востока 1 августа 2017 г.	28	N.I. Voropai and M.V. Chulyukova, Analysis of the System Collapse Occurred in the UES East Power Pool on August 1, 2017	28
Ковалев К.Л., Пенкин В.Т., Семенихин В.С., Тулинова Е.Е., Ларионов А.Е. Анализ параметров синхронного генератора со сверхпроводящими обмотками для автономной электроустановки	33	K.L. Kovalev, V.T. Penkin, V.S. Semenikhin, Ye.Ye. Tulinova, A.Ye. Larionov, Analyzing the Parameters of a Synchronous Generator with Superconducting Windings for a Self-Contained Electric Power Unit	33
Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Гусаков Д.В., Меднов А.А. Обоснование целесообразности применения аморфной стали в магнитопроводах трансформаторно-выпрямительных устройств летательных аппаратов	39	F.R. Ismagilov, V.Ye. Vavilov, D.V. Gusakov, A.A. Mednov, Assessing the Feasibility of Using Amorphous Steel in the Magnetic Cores of Transformer-Rectifier Units for Aircrafts.	39
Беспалов В.Я., Коварский М.Е., Сидоров А.О. Исследование пульсаций электромагнитного момента синхронных машин с постоянными магнитами с целым и дробным значениями q	45	V.Ya. Bepalov, M.E. Kovarskii, A.O. Sidorov, Studying the Electromagnetic Torque Pulsations in Permanent Magnet Synchronous Machines with Integer and Fractional q Numbers	45
Кадыров А.А., Фролов В.Я., Мурашов Ю.В. Численное моделирование дугового плазматрона постоянного тока с учетом явлений неустойчивости плазменного потока	52	A.A. Kadyrov, V.Ya. Frolov, Yu.V. Murashov, Numerical Simulation of a DC Arc Plasmatron Taking into Account the Plasma Flux Instability Phenomena	52
Аполлонский С.М., Куклев Ю.В. Формирование выброса ионизированных газов из камеры электрических аппаратов	57	S.M. Apollonsky and Yu. V. Kuklev, Generation of Ionized Gas Discharge from the Electric Apparatus Chute	57
ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ		FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING	
Григорьев Н.Д. Владимир Константинович Лебединский (К 150-летию со дня рождения)	63	N.D. Grigor'yev. Vladimir Konstantinovich Lebedinskii (to Mark the 150th Anniversary).	63
ХРОНИКА		CHRONICLE	
Александр Петрович Ковалев (К 70-летию со дня рождения)	65	Aleksandr Petrovich Kovalev (to Mark the 70th Anniversary)	65