

ISSN 0013-5380 (Print)  
ISSN 2411-1333 (Online)

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

2016

10

Theoretical and scientific-practical journal

# ELECTRICHESTVO

## (ELECTRICITY)

ESTABLISHED IN JULY 1880

**№ 10, 2016**

### 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. Polyakov** (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:** 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://electro.elpub.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:  
Moscow Power Engineering Institute**

ИЗДАЕТСЯ С ИЮЛЯ 1880 ГОДА

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

10

ОКТЯБРЬ

2016

## 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

**Хренов С.И.** Юбилей кафедры «Техника и электрофизика высоких напряжений» Московского энергетического института (К 85-летию создания кафедры) . . . . .

4

**Верещагин И.П., Хренов С.И., Смагин К.А., Чекалов Л.В., Тимофеев Е.М.** Учет турбулентности потока газа в расчетах осаждения частиц в электрофильтрах . . . . .

7

**Гундарева С.В., Калугина И.Е., Темников А.Г.** Расчет возникновения опасных незавершенных восходящих разрядов с взрывоопасных объектов во время грозы . . . . .

17

**Ларин В.С., Данишина А.А., Свиридов М.А.** Электрическая прочность макета воздушно-барьерной главной изоляции обмоток сухого трансформатора при воздействии напряжения полного грозового импульса. . . . .

24

**Лысов Н.Ю.** Оптимизация параметров резонансного источника высокого напряжения для питания генератора озона на поверхностном барьерном разряде . . . . .

28

**Жуликов С.С.** Эффект замедления процессов накопления и диссиляции зарядов статического электричества на поверхности полимерного диэлектрика. . . . .

35

**Аслан-Заде А.Г.** Построение гибридной схемы 9-пульсного выпрямителя методом схемотехнического перемещения элементов. . . . .

39

**Антипов В.Н., Грозов А.Д., Иванова А.В.** Исследование характеристик базовых вентильно-индукторных электродвигателей тягового привода городского электротранспорта . . . . .

45

**Инкин А.И., Бланк А.В.** Объемная ячейка-много-полюсник и пространственная схема замещения трехмерного электромагнитного поля. . . . .

53

### ПО МАТЕРИАЛАМ СИГРЭ

**Ларин В.С.** Вопросы трансформаторостроения на коллоквиуме комитета А2 СИГРЭ в 2015 г. . . . .

58

### ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**Виктор Сергеевич Кулебакин**  
(К 125-летию со дня рождения) . . . . .

65

### CONTENTS

**S.I. Khrenov,** Anniversary of MPI Department of High-Voltage Engineering and Electrophysics (to Mark the 85th Anniversary) . . . . . 4

**I.N. Vereshchagin, S.I. Khrenov, K.A. Smagin, L.V. Chekalov, and E.M. Timofeyev,** Consideration of Gas Flow Turbulence in Calculating Particle Sedimentation Processes in Electric Precipitators . . . . . 7

**S.V. Gundareva, I.Ye. Kalugina, A.G. Temnikov,** Calculation of hazardous upward incomplete spark discharges formation on facilities with explosive atmosphere in thunderstorm conditions . . . . . 17

**V.S. Larin, A.A. Danishina, M.A. Sviridov,** The Electric Strength of a Mockup of the Main Air Barrier Insulation of Dry-type Transformer Windings under the Impact of Full Lightning Voltage Impulse . . . . . 24

**N.Yu. Lysov,** Optimization of Parameters of High Voltage Resonant Source for Ozone Generator Power on a Surface Barrier Discharge . . . . . 28

**S.S. Zhulikov,** The Effect of Slowing the Processes of Accumulation and Dissipation the Charges of Static Electricity on the Surface of Polymer Dielectric . . . . . 35

**A.G. Aslan-Zadeh,** Constructing the Hybrid Circuit of a 9-pulse Rectifier Using the Circuit Engineering-based Component Shifting Method. . . . . 39

**V.N. Antipov, A.D. Grozov, A.V. Ivanova,** Studying the Characteristics of Basic Converter-fed Inductor Electric Motors for Traction Drives of Urban Electric Vehicles . . . . . 45

**A.I. Inkin and A.V. Blank,** A Volumetric Multiport Cell and the Spatial Equivalent Circuit of a 3D Electromagnetic Field. . . . . 53

### BY CIGRE MATERIALS

**V.S. Larin,** Problems of Transformer Industry . . . . . 58

### FROM THE HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING

**Viktor Sergeyevich Kulebakin**  
(To mark the 125th Anniversary) . . . . . 65