

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

Бутырин Павел Анфимович, главный редактор, член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

Анучин Алексей Сергеевич, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

Бааке Эгберт, профессор, Ганноверский Университет им. Лейбница (Ганновер, Германия)

Беспалов Виктор Яковлевич, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

Вольский Сергей Носифович, доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Воропай Николай Иванович, член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, профессор, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (Иркутск, Россия)

Высоцкий Виталий Сергеевич, доктор техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности (Москва, Россия)

Герада Кристофер, PhD, профессор, Ноттингемский Университет (Ноттингем, Англия)

Герасимов Андрей Сергеевич, кандидат техн. наук, Научно-технический центр единой энергетической системы (Санкт-Петербург, Россия)

Двин Бруно, PhD, профессор, Университет Лоррэйн (Нанси, Франция)

Демидович Виктор Болеславович, доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, Россия)

Елистратов Виктор Васильевич, доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Санкт-Петербург, Россия)

Ковалев Константин Львович, доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Коган Феликс Лазаревич, доктор техн. наук, ОАО «Фирма ОРГРЭС» (Москва, Россия)

Коровкин Николай Владимирович, доктор техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Санкт-Петербург, Россия)

Коротеев Анатолий Анатольевич, академик РАН, доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Корявин Алексей Родионович, доктор техн. наук, Всероссийский электротехнический институт (Москва, Россия)

Красовский Александр Борисович, доктор техн. наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Кучеров Юрий Николаевич, доктор техн. наук, АО «Системный оператор Единой энергетической системы» (Москва, Россия)

Лагарьков Андрей Николаевич, академик РАН, доктор техн. наук, Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН (Москва, Россия)

Лоскутов Алексей Борисович, доктор техн. наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижегород, Россия)

Мошкунев Сергей Игоревич, член-корреспондент РАН, доктор техн. наук, Институт электрофизики и электроэнергетики РАН (Санкт-Петербург, Россия)

Новиков Николай Леонтьевич, доктор техн. наук, с.н.с., АО «Научно-технический центр Россети» (Москва, Россия)

Раков Владимир Александрович, PhD, профессор, Университет во Флориде (г. Гейнсвилл, Флорида, США)

Рашиди Фархад, PhD, профессор, Федеральный политехнический институт Лозанны (Лозанна, Швейцария)

Серебрянников Сергей Владимирович, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

Строев Владимир Андреевич, доктор техн. наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

Хомич Владислав Юрьевич, академик РАН, доктор физ.-мат. наук, Институт электрофизики и электроэнергетики РАН (Санкт-Петербург, Россия)

Шевцов Даниил Андреевич, доктор техн. наук, профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (Москва, Россия)

Шувалов Михаил Юрьевич, доктор техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности (Москва, Россия)

Ответственный секретарь **Е.Н. Соснина**, доктор техн. наук, профессор

Литературный редактор **Т.П. Александрова**

Технический редактор **М.В. Матвеев**

Младший редактор **Н.В. Чечунова**

Компьютерная верстка **М.С. Матвеева**

Перевод на английский язык **В.И. Филатов**

Почтовый адрес редакции: 111250 Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Лефортово, Красноказарменная ул., 14,

НИУ «МЭИ», редакция журнала «Электричество»

Телефон, факс (495) 362-7485

E-mail: etr1880@mpei.ru

<http://etr1880.mpei.ru>

Полные тексты статей в формате pdf размещены на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ): www.elibrary.ru

Подписаться на журнал можно на официальном сайте каталога «Пресса России» www.pressa-rf.ru

и на сайте интернет-магазина «Пресса по подписке» www.aks.ru. Подписной индекс – 71106

Подписано в печать 25.02.2022. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$. Тираж 145 экз.
Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Печ. л. 9,3. Заказ . Цена свободная.

Свидетельство о регистрации № 0110272 от 8 февраля 1993 г.

Министерства печати и информации Российской Федерации

Издатель: НИУ «МЭИ»

Отпечатано в типографии МЭИ

Theoretical and scientific-practical journal

ELEKTRICHESTVO

ESTABLISHED IN JULY 1880

№ 3, 2022

FOUNDERS

Russian Academy of Sciences
(the Division of Power Engineering, Mashinary Construction,
Mechanical and Control Processes)

The Editorial Board

- Butyrin Pavel A.**, Editor-in-Chief, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)
- Anuchin Aleksey S.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)
- Baake Egbert**, Professor, Leibniz University of Hannover (Hannover, Germany)
- Bespalov Viktor Ya.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)
- Demidovich Viktor B.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, St. Petersburg State Electrical Engineering University "LETI" (St. Petersburg, Russia)
- Douine Bruno**, PhD, Professor, University of Lorraine (Nancy, France)
- Elistratov Victor V.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Peter the Great St. Petersburg State Polytechnic University (St. Petersburg, Russia)
- Gerada Christopher**, PhD, Professor, University of Nottingham (Nottingham, U.K.)
- Gerasimov Andrey S.**, Cand. Sci. (Eng.), Scientific and Technical Center of the Unified Power System (St. Petersburg, Russia)
- Khomich Vladislav Yu.**, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Institute for Electrophysics and Electric Power Engineering of the RAS (St. Petersburg, Russia)
- Kogan Feliks L.**, Dr. Sci. (Eng.), OJSC «Firm ORGRES» (Moscow, Russia)
- Koroteyev Anatoly A.**, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University) (Moscow, Russia)
- Korovkin Nikolay V.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Peter the Great St. Petersburg State Polytechnic University (St. Petersburg, Russia)
- Koryavin Aleksey R.**, Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Electrotechnical Institute (Moscow, Russia)
- Kovalev Konstantin L.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University) (Moscow, Russia)
- Krasovskii Aleksandr B.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Bauman Moscow State Technical University (National Research University) (Moscow, Russia)
- Kucherov Yury N.**, Dr. Sci. (Eng.), JSC «System Operator of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)
- Lagar'kov Andrey N.**, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Eng.), Institute for Theoretical and Applied Electromagnetics of the RAS (Moscow, Russia)
- Loskutov Aleksey B.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (Nizhny Novgorod, Russia)
- Moshkunov Sergey I.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Eng.), Institute of Electrophysics and Electricity of the RAS (St. Petersburg, Russia)
- Novikov Nikolai L.**, Dr. Sci. (Eng.), Scientific and Technical Center of Rosseti (Moscow, Russia)
- Rachidi Farhad**, PhD, Professor, Federal Polytechnic Institute in Lausanne (Lausanne, Switzerland)
- Rakov Vladimir A.**, PhD, Professor, Florida University's Department for Electrical and Computer Engineering (Florida, USA)
- Serebryannikov Sergej V.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (Moscow, Russia)
- Shevtsov Daniil A.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University) (Moscow, Russia)
- Shuvalov Michail Yu.**, Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Research, Design and Technological Institute of the Cable Industry (Moscow, Russia)
- Stroev Vladimir A.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (Moscow, Russia)
- Volskiy Sergey I.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University) (Moscow, Russia)
- Voropay Nikolay I.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the RAS (Irkutsk, Russia)
- Vysotsky Vitaly S.**, Dr. Sci. (Eng.), All-Russian Research, Design and Technological Institute of the Cable Industry (Moscow, Russia)

Executive Secretary **E.N. Sosnina**, Dr. Sci. (Eng.), Professor

Literature Editor **T.P. Aleksandrova**

Junior Editor **N.V. Chechunova**

Technical Editor **M.V. Matveev**

Computer-aided make-up **M.S. Matveeva**

Translator **V.I. Filatov**

Editorial office address: NRU «Moscow Power Engineering Institute», Krasnokazarmennaya, 14,

Ext. Ter. G. Municipal District of Lefortovo, Moscow, 111250 Russia

tel/fax (495) 362-7485

E-mail: 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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Бутырин П.А. К 175-летию со дня рождения П.Н. Яблочкова.....	4
Зарудский Г.К. Минимизация технических потерь активной мощности в воздушных линиях электропередачи сверхвысокого напряжения с учётом коронирования проводов	5
Vagapov Yu., Chivenkov A., Aleshin D. Two-Channel Bridgeless Power Factor Corrector	22
Таваров С.Ш. Алгоритм обучения искусственной нейронной сети для факторного прогнозирования электропотребления бытового сектора	30
Цицикян Г.Н., Бобровников П.В. Индуктивности и силы сжатия в двухслойных катушках	39
Гридин В.М. Электромагнитные процессы в бесконтактных двигателях постоянного тока с двумя индукторами	43
Дмитриев Д.В., Ляхманов Д.А., Соколова Э.С. Противодействие кибератакам типа отказ в обслуживании (DDoS-атакам) в энергетическом секторе....	49
Охлопков А.В., Сигитов О.Ю., Битней В.Д., Лапухин С.Н., Куницкий А.Г. Технические решения по обнаружению перегрева элементов распределительных устройств напряжением 0,4–10 кВ.....	58
Радченко В.Н., Федорова Т.А., Баева Т.Ю. Рекомендации по построению обобщенной модели тела человека при действии напряжения прикосновения.....	67

ХРОНИКА

Виктор Яковлевич Беспалов (к 85-летию со дня рождения).....	72
Алексей Родионович Корявин (к 75-летию со дня рождения).....	73
Изяслав Борисович Пешков (Некролог)	75

На обложке – Освещение набережной Виктории лампами Яблочкова и газовыми фонарями. Гравюра Ж.-Д. Ферра. Источник: *La lumière électrique* à Londres. – La Nature, 1879, No. 294, p. 97.

В декабре 1879 г. в Лондоне начались масштабные соревнования газового освещения и «электрической системы Яблочкова». Вдоль набережной Темзы выстроились в ряд электрические и газовые светильники. Фонари Яблочкова горят ярко. Светильники, использующие газ, кажутся лишними в ряду ослепительных шаров.

CONTENTS

P.A. Butyrin. To the 175 th Anniversary of the P.N. Yablochkov's Birth.....	4
G.K. Zarudskiy. Minimization of Technical Active Power Losses in Extra-High Voltage Overhead Power Lines Taking the Corona Effect into Account	5
Yu. Vagapov, A. Chivenkov, D. Aleshin. Two-Channel Bridgeless Power Factor Corrector	22
S. Sh. Tavarov. Artificial Neural Network Training Algorithm for Factor-Based Prediction of Electricity Consumption in the Household Sector.....	30
G.N. Tsitsikyan, P.V. Bobrovnikov. Inductance and Compression Forces in Double-Layer Coils.....	39
V.M. Gridin. Electromagnetic Processes in Two-Inductor Brushless DC Motors.....	43
D.V. Dmitriev, D.A. Lyakhmanov, E.S. Sokolova. Combating DDoS Cyberattacks in the Energy Sector	49
A.V. Ohlopkov, O.Yu. Sigitov, V.D. Bitney, S.N. Lapukhin, A.G. Kunitskiy. Technical Solutions to Detect Overheating of 0.4–10 kV Switchgear Components	58
V.N. Radchenko, T.A. Fedorova, T.Yu. Baeva. Recommendations for Constructing a Generalized Human Body Model for Studying the Touch Voltage Effects	67

CRONICLE

Viktor Yakovlevich Bespalov (to the 85 th Anniversary of the Birth).....	72
Aleksey Rodionovich Koryavin (to the 75 th Anniversary of the Birth).....	73
Izyaslav Borisovich Peshkov (Obituary)	75

On the Cover is Lighting of the Victoria Embankment with Yablochkov lamps and gas lanterns. Engraving by Jules-Descartes Férat. Source: *La lumière électrique* à Londres. – La Nature, 1879, No. 294, p. 97

In Dec. 1879, large-scale competitions of gas lighting and the "Yablochkov electric system" began in London. Electric and gas lamps are lined up along the Thames embankment. Yablochkov's lanterns are burning brightly. Lamps using gas seem superfluous in a row of dazzling balls