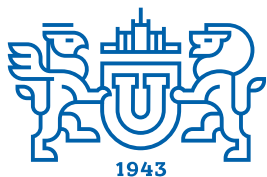


ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**2020
Т. 20, № 1**

ISSN 1990-8512 (Print)
ISSN 2409-1057 (Online)

СЕРИЯ

«ЭНЕРГЕТИКА»

Решением ВАК России включен в Перечень рецензируемых научных изданий

**Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»**

Журнал освещает актуальные теоретические и практические проблемы энергетики и электротехники, результаты научно-исследовательских работ, передовой опыт, определяющий направление и развитие научных исследований, публикует материалы научных конференций и совещаний.

Основной целью журнала является консолидация сообщества ученых и практиков, способствование в формировании и развитии наиболее перспективных направлений исследовательской практики, представление информации о научных исследованиях и достижениях.

Редакционная коллегия:

Радионов А.А., д.т.н., проф. (*главный редактор*)
Шишков А.Н., к.т.н., доц. (*ответственный редактор*)
Функ Т.А., к.т.н., доц. (*ответственный секретарь*)

Редакционный совет:

Абрамович Б.Н., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)
Агапитов Е.Б., д.т.н., доц. (Магнитогорск)
Алюков С.В., д.т.н., доц.
Беспалов В.Я., д.т.н., проф. (Москва)
Браславский И.Я., д.т.н., проф. (Екатеринбург)
Бродов Ю.М., д.т.н., проф. (Екатеринбург)
Бутырин П.А., д.т.н., проф., чл.-корр. РАН (Москва)
Валеев Р.Г., к.т.н., доц.
Воронин С.Г., д.т.н., проф.
Ганджа С.А., д.т.н., проф.
Гладышев С.П., д.т.н., проф. (Дирборн, США)
Гольдштейн М.Е., к.т.н., проф.
Гордон Я., Ph.D. (Миссиссога, Канада)
Григорьев М.А., д.т.н., доц.
Домрачев В.Г., д.т.н., проф. (Москва)

Дудкин М.М., д.т.н., доц.
Исмагилов Ф.Р., д.т.н., проф. (Уфа)
Карандаев А.С., д.т.н., проф.
Кирпичникова И.М., д.т.н., проф.
Кодкин В.Л., д.т.н., проф.
Козярук А.Е., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)
Колганов А.Р., д.т.н., проф. (Иваново)
Корнилов Г.П., д.т.н., проф. (Магнитогорск)
Куликова Л.В., д.т.н., проф., чл.-корр. САН ВШ (Барнаул)
Лятхер В.М., д.т.н., проф. (Кливленд, США)
Мещеряков В.Н., д.т.н., проф. (Липецк)
Пятибратов Г.Я., д.т.н., проф. (Новочеркасск)
Резник Л.Ф., Ph.D. (Ришон-ле-Цион, Израиль)
Сарваров А.С., д.т.н., проф. (Магнитогорск)
Тума И., д.т.н., проф. (Прага, Чешская Республика)
Торопов Е.В., д.т.н., проф. (Екатеринбург)
Усынин Ю.С., д.т.н., проф.
Фёдоров О.В., д.т.н., проф. (Нижний Новгород)
Хохлов Ю.И., д.т.н., проф.
Хусаинов Ш.Н., д.т.н., проф.
Шевырёв Ю.В., д.т.н., доц. (Москва)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2020



BULLETIN

OF THE SOUTH URAL
STATE UNIVERSITY

SERIES

2020

Vol. 20, no. 1

“POWER ENGINEERING”

ISSN 1990-8512 (Print)
ISSN 2409-1057 (Online)

Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta.
Seriya “Energetika”

South Ural State University

The journal covers urgent theoretical and practical problems of power engineering, results of research work, accumulated experience setting directions and development of scientific research in power engineering, publishes materials of scientific conferences and meetings, information on scientific work in higher educational institutions.

The main goal of the journal is consolidation of scientific and industrial communities, promotion and development of the most promising areas of research practice, presentation information on scientific research and achievements.

Editorial Board:

Radionov A.A., Dr. Sci. (Eng.), Prof. (*editor-in-chief*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Shishkov A.N., Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof. (*executive editor*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Funk T.A., Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof. (*executive secretary*), South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Editorial Council:

Abramovich B.N., Dr. Sci. (Eng.), Prof., St. Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russian Federation
Agapitov E.B., Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation
Aliukov S.V., Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Bespalov V.Ya., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russian Federation
Braslavskii I.Ya., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ural Power Engineering Institute, Ekaterinburg, Russian Federation
Brodov Yu.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ural Power Engineering Institute, Ekaterinburg, Russian Federation
Butyrin P.A., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Moscow Power Engineering Institute, Moscow, Russian Federation
Valeev R.G., Cand. of Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Voronin S.G., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Gandzha S.A., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Gladyshev S.P., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Michigan-Dearborn University, Dearborn, United States of America
Goldshteyn M.E., Cand. of Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Gordon Ya., Ph.D., HATCH, Mississauga, Ontario, Canada
Grigorev M.A., Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Domrachev V.G., Dr. Sci. (Eng.), Prof., State Institute of Information Technologies and Telecommunications, Moscow, Russian Federation
Dudkin M.M., Dr. Sci. (Eng.), Ass. Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Ismagilov F.R., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation
Karandaev A.S., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Kirpichnikova I.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Kodkin V.L., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Kozyaruk A.E., Dr. Sci. (Eng.), Prof., National Mineral Resources University, Saint-Petersburg, Russian Federation
Kolezanov A.R., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Ivanovo Power Engineering Institute, Ivanovo, Russian Federation
Kornilov G.P., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation
Kulikova L.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Corresponding Member of the Siberian Academy of Sciences of the Higher School, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation
Lyatkher V.M., Dr. Sci. (Eng.), Prof., New Energitics Inc., Cleveland, United States of America
Meshcheryakov V.N., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russian Federation
Pyatibratov G.Ya., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Platov South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute), Novocherkassk, Russian Federation
Reznik L., Ph.D., Payton Group International, Rishon LeZion, Israel;
Sarvarov A.S., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation
Tuma J., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Charles University, Prague, Czech Republic
Toropov E.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., LLC Research and Production Company “UralTermoComplex”, Ekaterinburg, Russian Federation
Usynin Yu.S., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Fedorov O.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation
Khokhlov Yu.I., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Khusainov Sh.N., Dr. Sci. (Eng.), Prof., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
Shevyrev Yu.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

Теплоэнергетика

ЮШКОВА Е.А., ЛЕБЕДЕВ В.А. Эксергетический пинч-анализ системы теплообмена в технологии переработки нефти	5
ДОНСКОЙ И.Г. Влияние параметров дутья на эффективность ступенчатого процесса высокотемпературной пылеугольной газификации	12

Электроэнергетика

КОРЖОВ А.В., ВОЛКОВ О.В., КОРОВИН Ю.В. Исследования перенапряжений по длине неоднородной распределительной кабельной сети	22
САТТАРОВ Р.Р., ГАРАФУТДИНОВ Р.Р. Моделирование усовершенствованной автоматики ограничения перегрузки оборудования	30
ПАНОВА Е.А., ПАНАРИНА М.С., ВАРГАНОВА А.В., ХАТЮШИНА Т.В. Автоматизированный расчет составляющих тока короткого замыкания и выбора высоковольтных выключателей в САПР распределительных устройств подстанций	38
ХОЮТАНОВ А.М., КОБЫЛИН В.П., ВАСИЛЬЕВ П.Ф., ДАВЫДОВ Г.И. Оценка эффективности применения полуволновой линии электропередачи с тиристорным стабилизатором параметров	47
ГУБИН П.Ю., РЫНДИНА К.В., НЕСТЕРОВ А.А. Квазидинамическое моделирование старения емкости Li-Ion накопителей	56
ПЕРЕКАЛЬСКИЙ И.Н., КОКИН С.Е. Применение технологий распределенного реестра (Blockchain) в электроэнергетических системах	64
ГУСЕВ Ю.П., КАЮМОВ А.Г. Обзор технического состояния электрооборудования в развивающейся энергосистеме Республики Таджикистан	76

Альтернативные источники энергии

KIRPICHNIKOVA I.M., USKOV A.Yu., TSIMBOL A.I. Electrical Load Control Systems Based on Wireless Data Networks with Self-Organizing Topology	85
---	----

Преобразовательная техника

ТОКАРЕВ В.Г., БРОВАНОВ С.В. Векторная ШИМ для снижения циркуляционных токов в параллельно включенных трехуровневых преобразователях	94
---	----

Электромеханические системы

ВОРОНИН С.Г., ЧЕРНЫШЕВ А.Д. Математическое описание вентильного индукторного генератора с конденсаторным возбуждением	105
ЛАЩЕНОВ М.Б., ШЕВЫРЕВ Ю.В. Исследование работы синхронного двигателя при кратковременной потере питания для условий горных предприятий	116

Научно-методические вопросы

ВАНИН П.А., НЕСТЕРОВ А.С., ХОЛОДИЛИН И.Ю. Внедрение технологий IoT и AR на примере учебного лабораторного стенда для практических занятий студентов электротехнических специальностей	123
---	-----

CONTENTS

Heat-Power Engineering

YUSHKOVA E.A., LEBEDEV V.A. Heat Exchange System Analysis in the Refining Process	5
DONSKOY I.G. Influence of Gasification Agent Parameters on the Efficiency of High-Temperature Staged Pulverized Coal Gasification Process	12

Electric Power Engineering

KORZHOV A.V., VOLKOV O.V., KOROVIN Yu.V. Analysis of Overvoltage in Nonhomogeneous Distribution Cable Grids	22
SATTAROV R.R., GARAFUTDINOV R.R. Modeling Advanced Automatic Overcurrent Limiting System	30
PANOVA E.A., PANARINA M.S., VARGANOVA A.V., KHATUSHINA T.V. Automated Computation of Short-Circuit Current Components and Selection of High-Voltage Circuit Breakers of Substation Switchgear CAD	38
KHOIUTANOV A.M., KOBYLIN V.P., VASILYEV P.F., DAVYDOV G.I. Evaluation of the Application Efficiency of the Half-Wave Electric Transmission Line with a Thyristor Parameter Stabilizer	47
GUBIN P.Yu., RYNDINA K.V., NESTEROV A.A. Quasi-Dynamic Simulation of the Li-Ion Energy Storage System Capacity Degradation	56
PEREKALSKIY I.N., KOKIN S.E. Application of Technologies the Distributed Register (Blockchain) in Energy Power Systems	64
GUSEV Yu.P., KAYUMOV A.G. Review of the Technical Condition of Electrical Equipment in the Developing Energy System of the Republic of Tajikistan	76

Alternative Sources of Energy

KIRPICHNIKOVA I.M., USKOV A.Yu., TSIMBOL A.I. Electrical Load Control Systems Based on Wireless Data Networks with Self-Organizing Topology	85
---	----

Converting Technology

TOKAREV V.G., BROVANOV S.V. The Space Vector Pulse Width Modulation for Reducing the Circulating Currents in Three-Level Converters Connected in Parallel	94
---	----

Electromechanical Systems

VORONIN S.G., CHERNYSHEV A.D. Mathematical Formulation of a Switch Reluctance Generator with Capacitor Excitation	105
LASHCHENOV M.B., SHEVYREV Yu.V. Research of the Synchronous Motor Performance with a Short Power Loss for the Mining Industry	116

Scientific and Methodological Issues

VANIN P.A., NESTEROV A.S., KHOLODILIN I.Yu. Integration of IIoT and AR Technologies into Training & Teaching via Laboratory Equipment	123
---	-----