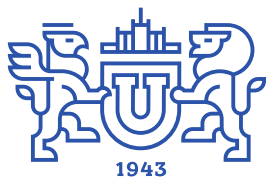


ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**2019
Т. 19, № 4**

**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:

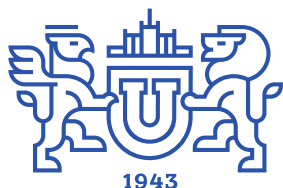
Радионов А.А., д.т.н., проф. (*главный редактор*)
Шишков А.Н., к.т.н., доц. (*ответственный редактор*)
Функ Т.А., к.т.н., доц. (*ответственный секретарь*)

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, 2019



BULLETIN

OF THE SOUTH URAL
STATE UNIVERSITY

SERIES

2019

Vol. 19, no. 4

“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

ТОРОПОВ Е.В., ЛЫМБИНА Л.Е. Особенности процессов сжигания жидкого топлива	5
ДУДКИН М.М., ОСИНЦЕВ К.В., КУСКАРБЕКОВА С.И. Опытное исследование работы парового котла змеевикового типа при эксплуатации на северном нефтяном месторождении	14

Электроэнергетика

ПРОКУДИН А.В., ГОЛЬДШТЕЙН М.Е. Измерение некоторых параметров синхронного генератора методом гашения поля с использованием штатных элементов систем возбуждения	26
АНДРЕЕВ М.В., СУВОРОВ А.А., АСКАРОВ А.Б., КИВЕЦ А.В., РУДНИК В.Е. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты	34
МАКАШЁВА С.И., ПИНЧУКОВ П.С. Расчет показателей надежности цифровой подстанции	41
ВАРГАНОВА А.В., ГОНЧАРОВА И.Н., БАЙРАМГУЛОВА Ю.М., ЕФИМОВА В.А. Методика оценки эффективности внедрения источников распределенной генерации	52
КОРНИЛОВ Г.П., АБДУЛВЕЛЕЕВ И.Р., КОВАЛЕНКО А.Ю. Повышение надежности электроснабжения металлургических агрегатов за счет схмотехнических решений	59
ТРЕМАСОВ М.А., МАЛАФЕЕВ А.В. Анализ сенсорных элементов схемы и выявление слабых мест в сетях генераторного напряжения	70
ОМОРОВ Т.Т., КОЙБАГАРОВ Т.Ж., ТАКЫРБАШЕВ Б.К., ОСМОНОВА Р.Ч. К проблеме локализации утечек тока в распределительной сети по данным АСКУЭ	79
ДАНИЛОВ М.И., РОМАНЕНКО И.Г. К проблеме определения векторов тока и напряжения в распределительной сети по данным АИИС КУЭ	87

Альтернативные источники энергии

СОЛОМИН Е.В., СИРОТКИН Е.А., БУДАНОВ Г.В., КОЗЛОВ С.В., МИРОШНИЧЕНКО А.А. О целесообразности применения магнитных подшипников в вертикально-осевых ветроэнергетических установках	95
ГАНДЖА С.А., АМИНОВ Д.С., КОСИМОВ Б.И. Применение водопогружного гидрогенератора комбинированного возбуждения в качестве альтернативного источника энергии для малых и средних рек	102
БУТАКОВ С.В., ЧЕРВОЧКОВ А.С. Моделирование автономной фотоэлектрической системы в программной среде MATLAB Simulink	112

Преобразовательная техника

МИРГОРОДСКАЯ Е.Е., МИТЯШИН Н.П., ТОМАШЕВСКИЙ Ю.Б., МИРОШНИЧЕНКО А.Ю. Влияние уровней напряжения и углов их включения в многоуровневом инверторе на структуру спектра его выходного напряжения	120
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Устройства аналоговой и цифровой электроники

ВОЛОВИЧ Г.И., ЛИТВИНОВА Е.В., МУНТЬЯНОВ С.Н., ЯКОВЛЕВ В.А. Погрешность цифрового вольтметра переменного тока, обусловленная квантованием по уровню	132
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

CONTENTS

Heat-Power Engineering

TOROPOV E.V., LYMBINA L.E. Features of Liquid Fuel Burning Processes	5
DUDKIN M.M., OSINTSEV K.V., KUSKARBKOVA S.I. Experimental Investigation of Coil Type Steam Generator Performance when Used in North Oil Fields	14

Electric Power Engineering

PROKUDIN A.V., GOL'DSTEIN M.E. Measurement of Certain Synchronous Generator Parameters by Field Discharge Method Using Regular Excitation Systems Elements	26
ANDREEV M.V., SUVOROV A.A., ASKAROV A.B., KIEVETS A.V., RUDNIK V.E. Research into the Effects of Renewable Energy Sources on Relay Protection Operation	34
MAKASHEVA S.I., PINCHUKOV P.S. Digital Substation Reliability Evaluation	41
VARGANOVA A.V., GONCHAROVA I.N., BAJRAMGULOVA Yu.M., EFIMOVA V.A. Efficiency Estimation Method Used to Evaluate Distributed Generation Sources Introduction	52
KORNILOV G.P., ABDULVELEEVEV I.R., KOVALENKO A.Yu. Improving the Reliability of Steel Producing Units Electric Supply with Schematic Design Solutions	59
TREMASOV M.A., MALAFEEV A.V. System Sensor Elements Analysis and Identification of the Weak Units in the Generator Voltage System	70
OMOROV T.T., KOIBAGAROV T.Zh., TAKYRBASHEV B.K., OSMONOVA R.Ch. The Localization of Current Leakage in the Distribution Network Based on Automated Meter Reading and Control System (AMRCS) Data	79
DANILOV M.I., ROMANENKO I.G. On Determination of Current and Voltage Vectors in the Distribution Network According to AIMS EMA	87

Alternative Sources of Energy

SOLOMIN E.V., SIROTKIN E.A., BUDANOV G.V., KOZLOV S.V., MIROSHNICHENKO A.A. The Adviability of Magnetic Bearings Application in Vertical-Axis Wind Turbines	95
GANDZHA S.A., AMINOV D.S., KOSIMOV B.I. The Combined Excitation Submersible Haydrogenerator as an Alternative Energy Source for Small and Medium Rivers	102
BUTAKOV S.V., CHERVOCHKOV A.S. Simulation of an Autonomous Photovoltaic System in MATLAB Simulink Software Environment	112

Converting Technology

MIRGORODSKAYA E.E., MITYASHIN N.P., TOMASHEVSKY Yu.B., MIROSHNICHENKO A.Yu. Influence of Voltage Levels and Angles of the Multilevel Inverter Level Switching on the Structure of Its Output Voltage Spectrum	120
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Analog and Digital Electronic Device

VOLOVICH G.I., LITVINOVA E.V., MUNTYANOV S.N., YAKOVLEV V.A. Digital AC Voltmeter Error Caused by Level Quantization	132
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----