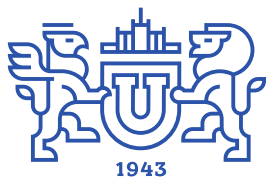


ВЕСТНИК



**ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**2019
Т. 19, № 3**

**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:

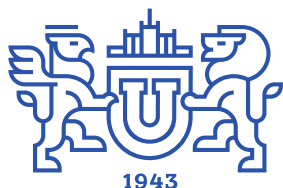
Радионов А.А., д.т.н., проф. (*главный редактор*)
Шишков А.Н., к.т.н., доц. (*ответственный редактор*)
Функ Т.А., к.т.н., доц. (*ответственный секретарь*)

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)
Мешеряков 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. 3

“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
Goldsteyn 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
Kolganov 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
Shevryev Yu.V., Dr. Sci. (Eng.), Prof., National University of Science and Technology “MISIS” (MISIS), Moscow, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

Теплоэнергетика

РЯЖСКИХ В.И., КОКАРЕВ А.М., СЛЮСАРЕВ М.И. Стабилизация давления в ректификационной колонне транспортательной газодобывающей станции при получении азота	5
---	---

Электроэнергетика

ГОЛЬДШТЕЙН М.Е., КОНОНОВ Н.С., ШУЛЬГИН А.О. Перераспределение потоков мощности между сечениями электрической сети устройствами продольной компенсации на основе преобразователей напряжения	13
ГАЗИЗОВА О.В., ВАРГАНОВА А.В., МАЛАФЕЕВ А.В., ПАТШИН Н.Т., КАРЯКИН А.Л. Учет статической устойчивости синхронных генераторов в задаче планирования оптимальных режимов собственных электростанций по реактивной мощности	23
БОЛЬШАНИН Г.А., ПЛОТНИКОВ М.П., ШЕВЧЕНКО М.А. Методика экспериментального поиска укрупненных первичных параметров трехпроводной линии электропередачи	34
КОЖИХОВА О.А., КОВАЛЕВА А.А., ТАВЛИНЦЕВ А.С. Численная оценка вероятностного распределения перетоков мощности	42
НИКОЛАЕВ А.А., АНОХИН В.В. Анализ качества электроэнергии при стабилизации активной мощности дуговой сталеплавильной печи с помощью статического тиристорного компенсатора	51
ХОЮТАНОВ А.М., КОБЫЛИН В.П., ВАСИЛЬЕВ П.Ф., ДАВЫДОВ Г.И. Устройство отбора мощности из линии электропередачи	65

Альтернативные источники энергии

СОЛОГУБОВ А.Ю., КИРПИЧНИКОВА И.М. Кинематические свойства электротехнических комплексов с системой слежения за Солнцем, полученные методом полиномиальной аппроксимации небесных координат	72
ДЕНИСОВ К.С., ВЕЛЬКИН В.И., ТЫРСИН А.Н. Решение задачи комплексного энергоснабжения автономного потребителя с целью уменьшения экономических затрат	84
АНДРЕЕВ М.В., СУВОРОВ А.А., АСКАРОВ А.Б., КИЕВЕЦ А.В., РУДНИК В.Е. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты	93

Электромеханические системы

ВОРОНИН С.Г., ДАВЛАТОВ А.М., СУЛТОНОВ О.О., КОСИМОВ Б.И., ГУЛОВ Д.Ю. Автоматизированная мини-ГЭС как основа системы электроснабжения горных районов Таджикистана	100
ЛИЦИН К.В., КОВАЛЬЧУК Т.В. Разработка методики бездатчикового определения углового положения ротора синхронного двигателя на основании дополнительного сигнала высокой частоты	108

CONTENTS

Heat-Power Engineering

RYAZHSEKIKH V.I., KOKAREV A.M., SLYUSAREV M.I. Pressure Stabilization in the Distillation Column of a Transportable Gas Station for Nitrogen Production	5
---	---

Electric Power Engineering

GOL'DSHTEYN M.E., KONONOV N.S., SHULGIN A.O. Power Flow Redistribution Between Power Grid Sections by Series Compensators Based on Voltage Source Converters	13
GAZIZOVA O.V., VARGANOVA A.V., MALAFEEV A.V., PATSHIN N.T., KARYAKIN A.L. Taking into Account Static Stability of Synchronous Generators when Planning Optimizing In-House Power Plants by Reactive Power	23
<u>BOL'SHANIN G.A.</u> , PLOTNIKOV M.P., SHEVCHENKO M.A. Experimental Search for Consolidated Primary Parameters of a Three-Conductor Power Transmission Line	34
KOZHUKHOVA O.A., KOVALEVA A.A., TAVLINTSEV A.S. Quantifying the Probabilistic Distribution of Power Flows	42
NIKOLAEV A.A., ANOKHIN V.V. Analysis of Power Quality for Active Power Stabilization of Electric Arc Furnace by Means of Static Var Compensator	51
KHOIUTANOV A.M., KOBILIN V.P., VASILYEV P.F., DAVYDOV G.I. Power Takeoff from a Transmission Line: a Special Unit	65

Alternative Sources of Energy

SOLOGUBOV A.Yu., KIRPICHNIKOVA I.M. Polynomial Approximation of Celestial Coordinates to Find the Kinematic Properties of Electrotechnical Complexes Equipped with Sun Tracking Systems	72
DENISOV K.S., VELKIN V.I., TYRSIN A.N. Integrated Cost-Effective Power Supply to Off-Grid Consumers	84
ANDREEV M.V., SUVOROV A.A., ASKAROV A.B., KIEVETS A.V., RUDNIK V.E. How Renewable Energy Sources Affect Relay Protections	93

Electromechanical Systems

VORONIN S.G., DAVLATOV A.M., SULTONOV O.O., KOSIMOV B.I., GULOV D.Yu. Automated Small HPPs as the Backbone of Power Grids for Mountainous Regions of Tajikistan	100
LITSIN K.V., KOVALCHUK T.V. Additional High-Frequency Signal for Sensorless Angular Positioning of the Rotor in Synchronous Motors	108