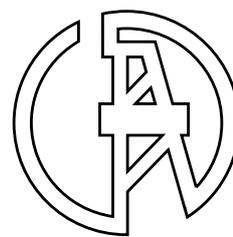


# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УГНТУ

№ 3–4, т. 18, 2022

Журнал основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год.

## Учредитель

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ)

Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Международный стандартный сериальный номер ISSN 1999-5458.

## Редакционная коллегия:

### Главный редактор:

Главный редактор:  
М.И. Хакимьянов — д-р техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»  
(г. Уфа, Российская Федерация)

### Члены редакционной коллегии:

К. Лингфей — Ph. D, профессор  
«Нанкинский университет авиации и аэронавтики»  
(г. Нанкин, Китай)



А. Вахеди — Ph. D, профессор  
«Иранский университет науки и технологий»  
(г. Тегеран, Иран)



В.М. Артюшенко — д-р техн. наук, профессор  
ГБОУ ВО МО «Технологический университет»  
(г. Москва, Российская Федерация)



М.А. Ураксеев — д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



М.Ю. Долوماتов — д-р хим. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



Н.А. Феоктистов — д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет дизайна и технологий» (г. Москва, Российская Федерация)



В.Г. Крымский — д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



Ф.Ф. Хизбуллин — д-р хим. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



В.Г. Кушнир — д-р техн. наук, профессор  
Костанайского регионального университета имени Ахмета Байтурсынова (г. Костанай, Казахстан)



В.А. Шабанов — канд. техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



### Зам. главного редактора:

Зам. главного редактора:  
Р.Т. Хазиева — канд. техн. наук  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»  
(г. Уфа, Российская Федерация)

С.В. Павлов — д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



Р.Р. Сафин — д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
(г. Уфа, Российская Федерация)



И. Зицмане — д-р техн. наук, профессор  
Рижского технического университета, эксперт научного совета Латвийской академии наук (г. Рига, Латвия)



А.С. Глазырин — д-р техн. наук, профессор ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск, Российская Федерация)



М.А. Григорьев — д-р техн. наук, профессор  
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»  
(г. Челябинск, Российская Федерация)



В.П. Метельков — д-р техн. наук, профессор  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
(г. Екатеринбург, Российская Федерация)



А.А. Николаев — канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, Российская Федерация)



А.Б. Петровичев — д-р техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
(г. Пермь, Российская Федерация)



Р.Р. Саттаров — д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа, Российская Федерация)



**Ответственный секретарь:** П. И. Васильев  
**Технический редактор:** С. В. Халитова

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Доступ и подписка на электронную версию журнала — на сайте [www.ugntu.ru](http://www.ugntu.ru)  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-67387 от 05.10.2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

© Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2022.

Адрес редакции и издательства: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1  
Тел.: (347) 243-16-19, [ies.rusoil.net](mailto:ies.rusoil.net)

Свободная цена. 12+

Дата выхода в свет: 19.12.2022 г. Формат 60×84/8. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20.23.

Тираж 1 000 экз. Заказ № 173.

Адрес типографии: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Электротехнические и информационные комплексы и системы», допускается только с письменного разрешения редакции.

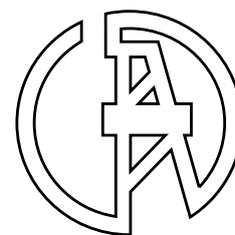
Материалы приводятся в авторской редакции.

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Отпечатано в типографии издательства УГНТУ с готовых электронных файлов.

# ELECTRICAL AND DATA PROCESSING FACILITIES AND SYSTEMS

UFA STATE PETROLEUM TECHNOLOGICAL UNIVERSITY



USPTU

№ 3–4, v. 18, 2022

The journal was founded in 2005. Issued 4 times a year.

## Founder

Federal State-Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa State Petroleum Technological University» (USPTU)

The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications, which should be published basic scientific results of these on competition of a scientific degree of candidate of Sciences, on competition of a scientific degree of the doctor of Sciences».

International standard serial number ISSN 1999-5458.

## Editorial board:

### Editor-in-chief:

M.I. Khakimyanov — Dr. Sci. Tech., Associate Professor of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)

### Members of an editorial board:

X. Lingfei — Ph. D., Professor of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (Nanjing, China)



A. Vahedi — Ph. D., Professor of Iran University of Science & Technology (Tehran, Iran)



V.M. Artyushenko — Dr. Sci. Tech., Professor of SBEI HE MR «University of Technology» (Moscow, Russia)



M.A. Urakseev — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Ufa State Aviation Technical University» (Ufa, Russia)



M.Yu. Dolomatov — Dr. Sci. Chem., Professor of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)



N.A. Feoktistov — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Moscow State University of Design and Technology» (Moscow, Russia)



V.G. Krymsky — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)



F.F. Hizbullin — Dr. Sci. Chem., Professor of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)



V.G. Kushnir — Dr. Sci. Tech., Professor of Akhmet Baitursynov Kostanay Regional University (Kostanay, Kazakhstan)



V.A. Shabanov — Cand. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)



### Deputy editor-in-chief:

R.T. Khazieva — Cand. Sci. Tech. of FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University» (Ufa, Russia)

S.V. Pavlov — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Ufa State Aviation Technical University» (Ufa, Russia)



R.R. Safin — D. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Bashkir State University» (Ufa, Russia)



I. Zicmane — Dr. Sci. Tech., Professor of Riga Technical University, Expert of the Latvian Council of Science (Riga, Latvia)



A.S. Glazyrin — Dr. Sci. Tech., Professor of FSAEI HE «National Research Tomsk Polytechnic University» (Tomsk, Russia)



M.A. Grigorev — Dr. Sci. Tech., Professor of FSAEI HE «South Ural State University» (Chelyabinsk, Russia)



V.P. Metelkov — Dr. Sci. Tech., Professor of FSAEI HE «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin» (Yekaterinburg, Russia)



A.A. Nikolaev — Cand. Sci. Tech., Associate Professor of FSBEI HE «Nosov Magnitogorsk State Technical University» (Magnitogorsk, Russia)



A.B. Petrochenkov — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Perm National Research Polytechnic University» (Perm, Russia)



R.R. Sattarov — Dr. Sci. Tech., Professor of FSBEI HE «Ufa State Aviation Technical University» (Ufa, Russia)



**Assistant editor:** P. I. Vasiliev  
**Technical editor:** S. V. Khalitova

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC).

Access and subscription to the electronic version of the journal is available on the website [www.ugues.ru](http://www.ugues.ru).

Mass media registration certificate ПИ № ФС 77–67387 dd. 05.10.2016 given by Federal service of supervision in the scope of communication, information technologies and mass media.

© Ufa State Petroleum Technological University, 2022.

Address of Editors office and Founder: 450064, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov str., 1.

Tel. (347) 243–16–19, [ies.rusoil.net](mailto:ies.rusoil.net)

Price is free. **12+**

Date of publication 19.12.2022 Paper format 60×84/8. Offset printing. 20.23 publication base sheets.

Volume 1 000 copies. Order № 173.

Address of Publishing Office: 450064, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov str., 1.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without prior written consent of the Editors office of the «Electrical and data processing facilities and systems».

The items of this publication preserve original edition by their authors.

The Editors office do not always share an opinion of authors of the articles published.

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

<i>Афлятунов Р.Р., Васильев П.И., Кириллов Р.В., Хазиева Р.Т.</i> Разработка эффективного устройства для электрогидроимпульсной обработки водных растворов	5
<i>Димукашева Г.Е., Зекрин Б.Р., Кириллов Р.В., Стрельников Д.С., Хазиева Р.Т.</i> Анализ устойчивости частотно-регулируемого асинхронного привода магистрального насосного агрегата	13
<i>Исмагилов Ф.Р., Янгиров И.Ф., Сафиуллин Р.А., Аюпова А.Р., Сафина Г.Ф.</i> Импульсный высоковольтный источник напряжения на базе двухспирального магнитокумулятивного генератора с улучшенными характеристиками	23
<i>Исмагилов Ф.Р., Янгиров И.Ф., Вавилов В.Е., Халиков А.Р., Федосов Е.М., Сафина Г.Ф., Аюпова А.Р.</i> Электропривод со сложной геометрией вторичного элемента	35
<i>Косарев Б.А.</i> Феррорезонансные перенапряжения в электроустановках 6–220 кВ: теория и результаты экспериментальных исследований	45
<i>Косарев Б.А.</i> Феррорезонансные процессы в системах электроснабжения с распределенной генерацией	56
<i>Маклаков А.С., Николаев А.А., Лисовская Т.А., Линьков С.А.</i> Возможности компенсации реактивной мощности в сети посредством высокомоощного рекуперативного электропривода переменного тока	65
<i>Накатаев А.А., Текле С.И., Зюзев А.М., Нестеров К.Е.</i> Испытательный стенд для моделирования режимов работы электропривода штанговой глубинной насосной установки	75
<i>Шабанов В.А., Сорокин А.В.</i> Признаки поврежденной фазы при однофазных замыканиях на землю	89

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

<i>Лопатеева О.Н., Юрова А.Д.</i> Разработка обучающей системы для подготовки специалистов по приему и пуску очистных устройств	101
<i>Соловьев Б.А., Гамисония Г.К.</i> Методы прогнозирования мощности ветра для шельфовых ветроэлектростанций	108
<i>Хамитов Р.Н., Зыкин П.В., Глазырин А.С.</i> Синтез пропорционально-интегрально-дифференциальной системы управления продольной подачи токарного станка с числовым программным управлением	121
<i>Шулаева Е.А., Пенкин И.А.</i> Разработка цифрового двойника узла сероочистки углеводородного сырья	132
<i>Юдинцев А.Г., Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Зайченко Т.Н., Дубинин Н.М.</i> Структурно-функциональная схема цифрового двойника испытательного комплекса системы электроснабжения космических аппаратов на основе многоуровневой компьютерной модели	141

## МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

<i>Важдаев К.В., Ураксеев М.А., Аллабердин А.Б., Субханкулов К.М.</i> Оптоэлектронные приборы на основе дифракционных решеток от стоячих упругих волн	151
<b>Об авторах</b>	159
<b>Список статей, изданных в 2022 году</b>	167

---

# Content

## ELECTRICAL FACILITIES AND SYSTEMS

<i>Aflyatunov R.R., Vasilyev P.I., Kirillov R.V., Khazieva R.T.</i> Development of an efficient device for electrohydro-pulsed processing of aqueous solutions	5
<i>Dimukasheva G.E., Zekrin B.R., Kirillov R.V., Strelnikov D.S., Khazieva R.T.</i> Analysis of stability of a the variable-frequency drives of the main pumps	13
<i>Ismagilov F.R., Yangirov I.F., Safullin R.A., Ayupova A.R., Safina G.F.</i> High-voltage pulse generator based on dual-spiral magnetic accumulation generator with improved characteristics	23
<i>Ismagilov F.R., Yangirov I.F., Vavilov V.E., Khalikov A.R., Fedosov E.M., Safina G.F., Ayupova A.R.</i> Electric drive with a complex geometry of the secondary element	35
<i>Kosarev B.A.</i> Ferroresonant overvoltages in electrical installations 6–220 kV: theory and results of experimental studies	45
<i>Kosarev B.A.</i> Ferroresonance processes in power supply systems with distributed generation	56
<i>Maklakov A.S., Nikolaev A.A., Lisovskaya T.A., Linkov S.A.</i> Reactive power compensation using a high-power regenerative AC drive	65
<i>Nakataev A.A., Tekle S.I., Ziuzev A.M., Nesterov K.Ye.</i> Test bench for simulating operation modes of sucker rod pump electric drive	75
<i>Shabanov V.A., Sorokin A.V.</i> Features of a faulty phase at single phase-to-ground faults	89

## DATA PROCESSING FACILITIES AND SYSTEMS

<i>Lopateeva O.N., Yurova A.D.</i> Development of a training system for personnel in the launch and reception of cleaning devices	101
<i>Solovev B.A., Gamisonia G.K.</i> Wind power prediction methods for shelf wind power plants	108
<i>Khamitov R.N., Zykin P.V., Glazyrin A.S.</i> Synthesis of proportional-integral-differential control system for longitudinal feed of CNC lathe	121
<i>Shulaeva E.A., Penkin I.A.</i> Development of a digital twin of the unit for sulfur removal of hydrocarbons	132
<i>Yudintsev A.G., Dmitriev V.M., Gandzha T.V., Zaichenko T.N., Dubinin N.M.</i> Structural and functional diagram of the digital twin of the test complex of the spacecraft power supply system based on a multi-level computer model	141

## METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

<i>Vazhdaev K.V., Urakseev M.A., Allaberdin A.B., Subkhankulov K.M.</i> Optoelectronic devices based on diffraction gratings from standing elastic waves	151
<b>About the Authors</b>	159
<b>List of Articles Published in 2022</b>	167