

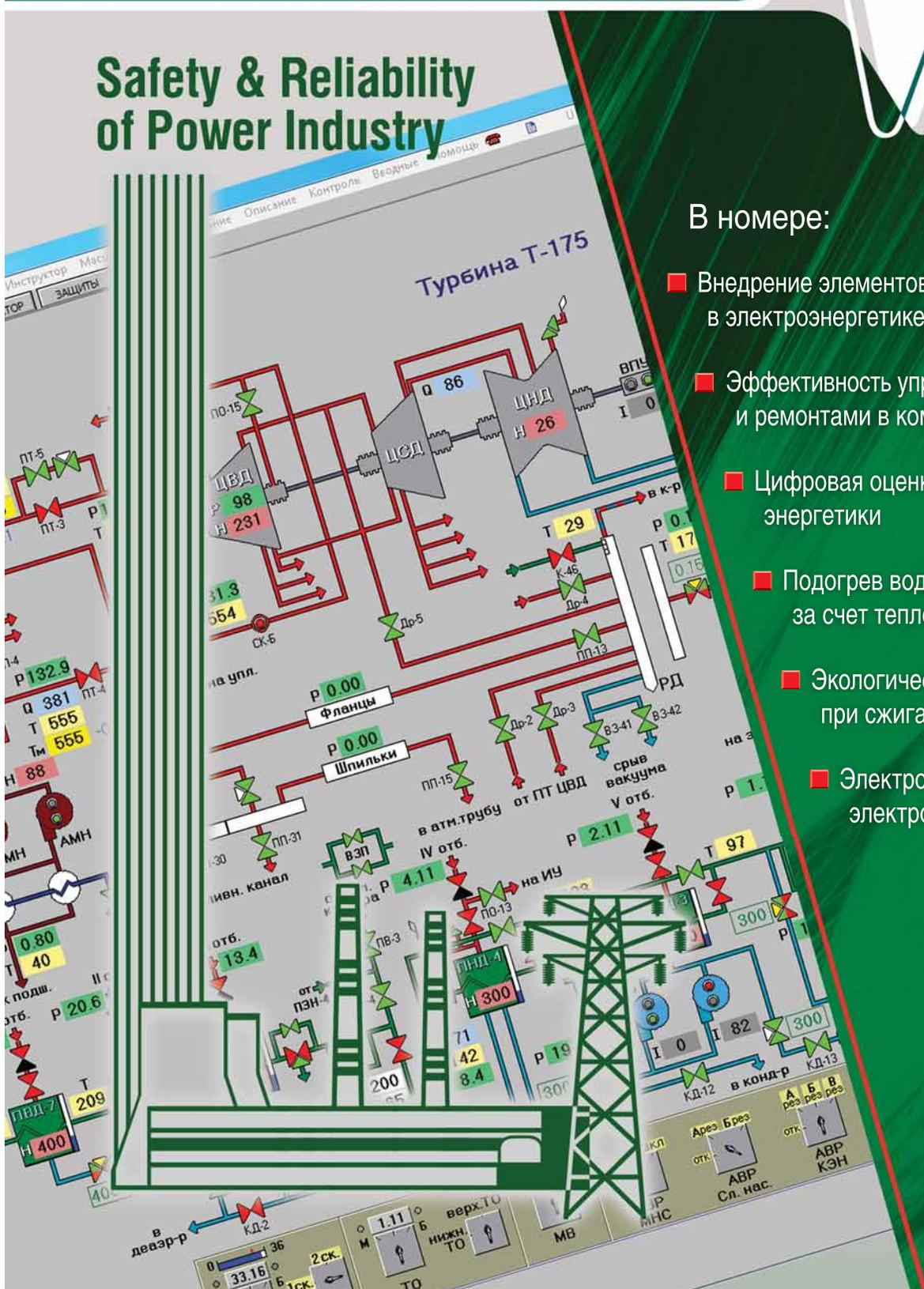


НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ

Safety & Reliability of Power Industry

В номере:

- Внедрение элементов цифровой экономики в электроэнергетике
- Эффективность управления техобслуживанием и ремонтами в компаниях ТЭК
- Цифровая оценка надежности субъектов энергетики
- Подогрев воды систем теплоснабжения за счет теплоты основного конденсата
- Экологическая безопасность ТЭС при сжигании твердого топлива
- Электробезопасность на линиях электропередачи 35–750 кВ



Вторая Всероссийская Конференция:

Тренажерная подготовка оперативного персонала в электроэнергетике



Организаторы: Ассоциация некоммерческих организаций «Московский учебный центр ЕЭС» совместно с «Межрегиональным объединением организаций, осуществляющих деятельность в области дополнительного профессионального образования в энергетике» СРО НП «ОДПО»

Сочи
17–21 сентября
2018

Тематика проведения конференции:

- практический опыт разработки и применения тренажеров для оперативного персонала;
- обеспечение эффективности подготовки персонала с использованием тренажеров технологического оборудования;
- опыт и специфика организации учебного процесса в образовательных организациях – провайдерах тренажерной подготовки;
- опыт использования тренажеров в практике подготовки оперативного персонала в отечественных электроэнергетических компаниях;
- электронные библиотеки нормативной документации, компьютерные системы контроля знаний

Приглашаем Вас и сотрудников Вашей организации принять участие в работе конференции!

По вопросу участия обращаться по телефону:
Саржевская Инна Ивановна +7 (495) 726-51-34, доб. 140; +7 (928) 335-31-99
Электронная почта: sii@keu-ees.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

С. И. МАГИД — д. т. н., профессор, генеральный директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей», директор Департамента «Технические обучающие системы в энергетических технологиях» TEST UNESCO (Москва, Россия)

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Е. Н. АРХИПОВА — д. т. н., технический директор АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (Москва, Россия)

В. В. КУЛИЧИХИН — д. т. н., профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (Москва, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

В. И. БЕЛЯЕВ — к. т. н., заместитель генерального директора АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Н. ВИВЧАР — к. г. н., советник Директора ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики» (Москва, Россия)

Н. И. ВОРОПАЙ — чл.-корр. РАН, д. т. н., профессор, научный руководитель ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева» Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) (Иркутск, Россия)

Е. П. ГРАБЧАК — Директор Департамента оперативного контроля и управления в электроэнергетике Министерства энергетики Российской Федерации (Москва, Россия)

Х. С. ДРАГАНЧЕВ — профессор Технического университета (Варна, Болгария)

И. Ш. ЗАГРЕТДИНОВ — к. т. н., главный инженер АО «Теплоэнергетическая компания Мосэнерго» (Москва, Россия)

З. ЗИМОН — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой Бранденбургского Технического Университета (Котбус-Зенфтенберг, Германия)

Н. А. ЗРОЙЧИКОВ — д. т. н., профессор, заместитель директора по научной работе ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» (ОАО «ЭНИН») (Москва, Россия)

М. Х. Г. ИБРАГИМОВ — д. т. н., профессор, Первый заместитель председателя НП «Техноэкспо» (Москва, Россия)

Н. Б. КАРНИЦКИЙ — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета (г. Минск, Беларусь)

С. А. КРОПАЧЕВ — д.и.н., начальник Учебно-тренировочного центра АО «Мособлэнерго» (Москва, Россия)

Б. М. ЛАРИН — д. т. н., профессор кафедры химии и химических технологий в энергетике ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина» (Иваново, Россия)

М. Ю. ЛЬВОВ — д. т. н., советник генерального директора АО «Объединенная энергетическая компания» (Москва, Россия)

Е. М. МАРЧЕНКО — к. т. н., профессор, генеральный директор ООО «Энив» (Москва, Россия)

В. Е. МЕССЕРЛЕ — д. т. н., профессор, главный научный сотрудник НИИ экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального Университета им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан)

С. В. МИЩЕРЯКОВ — д. э. н., к. т. н., Генеральный директор Некоммерческого Партнерства «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы» (Москва, Россия)

Д. МОРВА — доктор, профессор Будапештского политехнического университета (Будапешт, Венгрия)

Л. П. МУЗЫКА — к. т. н., доцент, директор ООО «Ресурс-персонал» (Омск, Россия)

А. Н. НАЗАРЫЧЕВ — д. т. н., профессор, ректор ФГАУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (Санкт-Петербург, Россия)

В. А. НЕПОМНЯЩИЙ — академик Российской академии естественных наук, д. э. н., профессор, к. т. н. (Санкт-Петербург, Россия)

В. М. НЕУЙМИН — к. т. н., главный специалист по энергетике ООО «Технологические системы защитных покрытий» (Москва, Россия)

М. М. ПЧЕЛИН — Государственный советник РФ 1-го класса в отставке, лауреат премии Совета Министров СССР (Москва, Россия)

Н. Д. РОГАЛЕВ — д. т. н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», председатель Ученого совета (Москва, Россия)

В. СТРИЛКОВСКИ — доктор философии, профессор, научный сотрудник Кембриджской бизнес-школы Кембриджского университета (Англия)

А. И. ТАДЖИБАЕВ — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Диагностика энергетического оборудования» ФГАУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (Санкт-Петербург, Россия)

А. Е. УЖАНОВ — к. с. н., доцент кафедры "Мировая электроэнергетика" Международного института энергетической политики и дипломатии МГИМО МИД России, член-корреспондент Академии военных наук (Москва, Россия)

К. ФРАНА — д. т. н., профессор, заместитель декана факультета «Машиностроение» Технического университета (г. Либерец, Чехия)

Л. А. ХОМЕНОК — д. т. н., профессор, заведующий аналитическим отделом Научно-производственного объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова (ЦКТИ) (Санкт-Петербург, Россия)

М. И. ЧИЧИНСКИЙ — к. т. н., Генеральный инспектор — начальник Департамента технического надзора и аудита ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») (Москва, Россия)

Н. Д. ЧИЧИРОВА — действительный член Российской академии естественных наук, д. х. н., профессор, директор института теплоэнергетики, зав. кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Казань, Россия)

В. И. ШАРАПОВ — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Теплогоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (Ульяновск, Россия)

Учредитель и издатель: Научно-производственное объединение «Энергобезопасность».

Периодичность издания четыре раза в год. Выходит с 2008 года.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия. Свидетельство ПИ № ФС77-31974 от 14 мая 2008 г.

Журнал включен в новый перечень ВАК Министерства образования и науки РФ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней, а также в базы данных: РИНЦ, ВИНТИ, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал ассоциирован при Международном центре обучающих систем ЮНЕСКО и Международной кафедре-сети ЮНЕСКО «TVET». Полнотекстовые версии статей размещены в научной электронной библиотеке elibrary.ru.

Подписные индексы:

45024 — Объединенный каталог и интернет-каталог «Пресса России», Е45024 — Интернет-каталог «Книга-сервис».

Художественный редактор: — Маланьин Д. Б.

Технический редактор — Кутько Н. Е.

Подписано в печать 29.06.2018 г. Отпечатано в ООО «Паритет».

EDITOR-IN-CHIEF

Sergey I. MAGID — Dr. of Tech. Sc., Professor, Director General, JSC «Simulators of power plants and networks», Director of the Department «Technical educational systems in energy technologies» TEST UNESCO (Moscow, Russia).

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Elena N. ARKHIPOVA — Dr. of Tech. Sc., Technical Director, JSC «Simulators of power plants and networks» (Moscow, Russia)

Vladimir V. KULICHIKHIN — Dr. of Tech. Sc., Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)

EXECUTIVE EDITOR

Valeriy I. BELYAEV — Cand. of Tech. Sc., Deputy Director General, JSC «Simulators of power plants and networks» (Moscow, Russia)

EDITORIAL BOARD

Anton N. VIVCHAR — Cand. of Geogr. Sc., Advisor of Director of Federal State Autonomous Institution Research Institute «Environmental Industrial Policy Centre»

Nikolay I. VOROPAI — Corr. Member of the RAS, Dr. of Tech. Sc., Professor, Scientific Director of the Melentiev Energy Systems Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia)

Hristo S. DRAGANICHEV — Professor of the Varna Technical University (Varna, Bulgaria)

Evgeny P. GRABCHAK — Director of the Department for Operational Control and Management in the Electric Power Industry of the Ministry of Energy of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Ilyas Sh. ZAGRETDINOV — Cand. Sc. (Eng), Chief Engineer of JSC «Heat Power Company Mosenergo» (Moscow, Russia)

Sylvio SIMON — Prof. Dr.-Ing., Brandenburg University of Technology (Cottbus-Senftenberg, Germany)

Nikolay A. ZROBCHIKOV — Dr. of Tech. Sc., Professor, «G. M. Krzhizhanovsky Power Engineering Institute» (Moscow, Russia)

Marat H. G. IBRAGIMOV — Dr. of Tech. Sc., Professor, First Deputy Chairman, NP «Tekhnoekspo» (Moscow, Russia)

Nikolay B. KARNITSKIY — Dr. of Tech. Sc., Professor, head of the department of thermal power plants, the Belarus National Technical University (Minsk, Belarus)

Sergey A. KROPACHEV — Dr. of Hist. Sc., Head of Training Centre of JSC Mosoblenergo (Moscow, Russia)

Boris M. LARIN — Dr. of Tech. Sc., Professor, Department of chemistry and chemical technology in the power industry, of the «Ivanovo State Power University named after V.I. Lenin» (Ivanovo, Russia)

Mikhail Yu. LVOV — Dr. of Tech. Sc., Adviser to the General Director of United Energy Company JSC (Moscow, Russia)

Evgeniy M. MARCHENKO — Cand. of Tech. Sc., Professor, Director, «Eniv», LLC (Moscow, Russia)

Vladimir E. MESSERLE — Dr. of Tech. Sc., Professor, Head Research Fellow of the Research Institute of experimental and theoretical physics, the al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

Sergey V. MISHCHERYAKOV — Dr. of Econ. Sc., Cand. of Tech. Sc., Director General of the Non-profit Partnership «Corporate Training and Scientific Center of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

George MORVA — Sc. Dr., Professor, the Budapest Polytechnic University (Budapest, Hungary)

Leonid P. MUZYKA — Cand. of Tech. Sc., Director, «Resurs-Personal», LLC (Omsk, Russia)

Aleksandr N. NAZARYCHEV — Dr. of Tech. Sc., Professor, Rector of the «Peterburg power engineering institute of professional development» (St. Petersburg, Russia)

Vladimir A. NEPOMNYASHCHIY — Academician of the RANS, Dr. of Econ. Sc., Professor, Cand. of Tech. Sc. (St. Petersburg, Russia)

Valeriy M. NEUMIN — Cand. of Tech. Sc., Chief Power Engineer, «Technological systems for protective coatings», LLC (Moscow, Russia)

Mikhail M. PCHELIN — Class I State Councilor of the RF (retired), awardee of the Prize of the Council of Ministers of the USSR (Moscow, Russia)

Nikolay D. ROGALEV — Dr. of Tech. Sc., Professor, Rector of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Chairman of the Academic Council (Moscow, Russia)

Wadim STRIELKOWSKI — Ph.D., University of Cambridge, Judge Business School (Cambridge, England)

Aleksey I. TADZHIBAYEV — Dr. of Tech. Sc., Professor, head of the Department of diagnostics of energy systems, «Peterburg power engineering institute of professional development» (St. Petersburg, Russia)

Aleksandr E. UZHANOV — Cand. of Sociol. Sc., Associate Professor of World Power Industry Department, International Institute of Energy Policy and Diplomacy, MGIMO of the Russian Federation Foreign Ministry, associate member of the Academy of Military Sciences (Moscow, Russia)

Karel FRANA — Prof. Dr. — Ing. habil, Technical University of Liberec (Liberec, Czech Republic)

Leonid A. KHOMENOK — Dr. of Tech. Sc., Professor, The head of analytical Department I. I. Polzunov Scientific and Development Association on Research and Design of Power Equipment (St. Petersburg, Russia)

Mikhail I. CHICHINSKIY — Cand. of Tech. Sc., Inspector General/Head of the Department of technical supervision and audit, PJSC «Federal Grid Company of the Unified Energy System» (Moscow, Russia)

Nataliya D. CHICHIROVA — full member of the Russian Academy of Natural Sciences, Dr. of Chem. Sc., Professor, Director of the Thermal Engineering Institute, head of the Department of thermal power plants of the «Kazan State Power Engineering University» (Kazan, Russia)

Vladimir I. SHARAPOV — Dr. of Tech. Sc., Professor, head of the Department of heat and gas supply and ventilation of the «Ulyanovsk State Technical University» (Ulyanovsk, Russia)

Founder and publisher: Scientific and Production Association «Energobezопасnost».
Frequency of the edition four times a year. Leaves since 2008.

The journal is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communication, Communications and the Protection of Cultural Heritage. Certificate ПИ № ФС77-31974 dated May 14, 2008.

The journal is included into the SCADT's List of major reviewed scientific journals and publications, which shall publish the key scientific findings of theses for academic degrees of Doctor and Candidate of Sciences. The Journal is included in the following databases: RINC, VINITI, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory.

The journal is associated with the UNESCO International Center of Training Systems and the UNESCO International Chair Network «TVET».

Artistic editor: Malanin D. B. Technical Editor: Kutko N. E. Signed in the press on June 29, 2018. Printed in LLC Paritet.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Филимонов А. Г., Чичирова Н. Д., Чичиров А. А., Филимонова А. А. Внедрение элементов цифровой экономики в электроэнергетике	94
Камко Ю. А. Ключевые аспекты повышения эффективности управления техобслуживанием и ремонтами оборудования в компаниях топливно-энергетического комплекса.....	103
Мищеряков С. В. Цифровая оценка надежности производственной системы субъектов энергетики	109

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

Орлов М. Е., Замалеев М. М., Кузьмин А. В., Шаратов В. И. О целесообразности и возможности подогрева воды для систем теплоснабжения за счет использования теплоты основного конденсата теплофикационных турбин	117
Лейкин В. З. Расчётный анализ влияния неравномерности распределения твёрдого топлива по горелкам на экологическую безопасность котельных установок ТЭС	126
Римов А. А. Методические аспекты оценки и прогноза технического состояния основного установленного оборудования электростанций	134
Высогорец С. П. Оптимизация работ по отбору проб газа из газового реле трансформаторов.....	143

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Самарин О. Д. Надежное и безопасное теплоснабжение жилых зданий в переходных климатических условиях	149
Драко М. А., Короткевич А. М., Поршнева В. Н. О внедренной в Республике Беларусь системе обеспечения электробезопасности при проведении работ на линиях электропередачи 35 – 750 кВ, находящихся под наведенным напряжением	154

ДИСКУССИИ, ПРОБЛЕМЫ, МНЕНИЯ

Куличихин В. В. Бесперспективность использования детандер-генераторных агрегатов на тепловых электростанциях.....	161
--	-----

ИНФОРМАЦИЯ

ПАМЯТИ А. Н. СЕМЕНОВА

ХРОНИКА, ПУБЛИКАЦИИ.....

ПЕСТРЫЙ МИР: МЕТАФОРИЗМЫ, ФАКТЫ, МНЕНИЯ

CONTENTS

GENERAL ISSUES OF RELIABILITY AND SAFETY OF ENERGY

Filimonov A. G., Chichirova N. D., Chichirov A. A., Filimonova A. A. Implementation of digital economy elements in electric power industry.....	94
Kamko Y. A. Key aspects of raising efficiency of management of equipment maintenance and repair in fuel and energy complex companies	103
Mishcheryakov S. V. Digital assessment of reliability of production system of power subjects.....	109

DESIGN, RESEARCH, CALCULATIONS

Orlov M. E., Zamaleev M. M., Kuz'min A.V., Sharapov V. I. On the feasibility and possibility of heating water for district heating systems through the use of heat of the main condensate after cogeneration turbines	117
Leikin V. Z. Calculation analysis of the effect of uneven distribution of solid fuel on burners on ecological safety of boiler plants of TPPs.....	126
Rimov A. A. Methodological aspects of assessment and forecast of technical condition of the main installed equipment of power plants.....	134
Vysogorets S. P. Optimization of work on taking gas samples from transformer gas relays.....	143

OPERATIONAL PRACTICE

Samarin O. D. Secure and safe heat supply of residential buildings during transitional climatic conditions	149
Drako M. A., Korotkevich A. M., Porshnev V. N. On the system of ensuring electrical safety of maintenance works performed on 35 – 750 kV power transmission lines being under induced voltage implemented in the Republic of Belarus.....	154

DISCUSSIONS, PROBLEMS, OPINIONS

Kulichikhin V. V. Futility of use of expander-generator sets at thermal power plants.....	161
--	-----

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-94-102

УДК: 621.316.7

Внедрение элементов цифровой экономики в электроэнергетике

Филимонов А. Г.*, Чичирова Н. Д., Чичиров А. А., Филимонова А. А.
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
ул. Красносельская, 51, 420066, г. Казань, Россия

Поступила / Received 24.04.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Энергетика наряду с другими отраслями экономики России находится в начале эпохи цифровой трансформации. Современные IT-решения обеспечивают переход промышленных предприятий от автоматизации и компьютеризации, целевых ориентиров второй половины прошлого века к цифровому предприятию концепции 4.0. Мировой опыт технологических и структурных решений в области цифровизации в полной мере может быть использован в российской энергетике. Различия внедрения таких систем в разных странах определяются только уровнем экономического развития каждого конкретного государства и отношением органов государственного управления к необходимости создания условий для их внедрения. Показано, что в России сформирована сильная законодательная база перехода на цифровую экономику, имеются соответствующие мировому уровню отечественные научно-прикладные разработки. В настоящее время на предприятиях по производству электрической и тепловой энергии могут быть использованы следующие элементы цифровой экономики: — работа с большими объемами данных (в том числе через облачные сервисы и распределенные базы данных); — развитие малой распределенной генерации и ее диспетчеризации; — внедрение «умных» элементов как в электрических, так и в тепловых сетях; — развитие систем автоматизации технологических процессов, удаленного мониторинга и прогнозной аналитики; 3D-моделирования деталей и элементов; математического моделирования процессов в режимах реального времени с обратной связью в виде управляющих воздействий; — создание центров аналитической обработки статистических данных и учета в финансово-хозяйственной деятельности с возможностями бизнес-аналитики с расширением сетей связи и вычислительных мощностей. Представлены примеры внедрения интеллектуальных систем в области производства и распределения энергии. В статье указывается, что в настоящее время в России внедряются современные информационные технологии, запускаются новые уникальные проекты цифровой трансформации в крупных энергетических компаниях. Однако требуется масштабная и глубокая цифровизация и переход отрасли на риск-ориентированный подход. Отмечается, что создание прозрачной и управляемой системы энергопроизводства как многофакторного бизнес-процесса обеспечит оптимальное сочетание эффективной экономической деятельности, надежности и безопасности энергоснабжения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровая энергетика, цифровизация, умная сеть, мониторинг, диагностика, информационная технология, инновационное решение

Адрес для переписки:

Филимонов А. Г.
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
ул. Красносельская, 51, 420066, г. Казань, Россия
e-mail: agfilimonov@mail.ru

Address for correspondence:

Filimonov A. G.
Kazan state power engineering University
Krasnoselskaya str., 51, 420066, Kazan, Russia
e-mail: agfilimonov@mail.ru

Для цитирования:

Филимонов А. Г., Чичирова Н. Д., Чичиров А. А., Филимонова А. А. Внедрение элементов цифровой экономики в сфере электро- и теплоэнергетики. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11, №2. – С. 94–102
DOI: 1999-5555-2018-11-2-94-102.

For citation:

Filimonov A. G., Chichirova N. D., Chichirov A. A., Filimonova A. A. [The introduction of the digital economy in the power sector]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 94–102 (in Russian)
DOI: 1999-5555-2018-11-2-94-102.

Implementation of digital economy elements in electric power industry

Filimonov A. G.*, Chichirova N. D., Chichirov A. A., Filimonova A. A.

Kazan state power engineering University
Krasnoselskaya str., 51, 420066, Kazan, Russia

Energy generation, along with other sectors of Russia's economy, is on the cusp of the era of digital transformation. Modern IT solutions ensure the transition of industrial enterprises from automation and computerization, which used to be the targets of the second half of the last century, to digital enterprise concept 4.0. The international record of technological and structural solutions in digitization may be used in Russia's energy sector to the full extent. Specifics of implementation of such systems in different countries are only determined by the level of economic development of each particular state and the attitude of public authorities as related to the necessity of creating conditions for implementation of the same. It is shown that a strong legislative framework is created in Russia for transition to the digital economy, with research and applied developments available that are up to the international level. The following digital economy elements may be used today at enterprises for production of electrical and thermal energy: — dealing with large amounts of data (including operations exercised via cloud services and distributed data bases); — development of small scale distributed generation and its dispatching; — implementation of smart elements in both electric power and heat supply networks; — development of production process automation systems, remote monitoring and predictive analytics; 3D-modeling of parts and elements; real time mathematic simulation with feedback in the form of control actions; — creating centres for analytical processing of statistic data and accounting in financial and economic activities with business analytics functions, with expansion of communication networks and computing capacities. Examples are presented for implementation of smart systems in energy production and distribution. It is stated in the paper that state-of art information technologies are currently being implemented in Russia, new unique digital transformation projects are being launched in major energy companies. Yet, what is required is large-scale and thorough digitization and controllable energy production system as a multi-factor business process will provide the optimum combination of efficient economic activities, reliability and safety of power supply.

KEYWORDS: digital power industry, digitization, smart network, monitoring, diagnostics, information technology, innovative solution

Введение

Мировая энергетика переживает ряд вызовов. Это и рост глобальной экономики, требующий ежегодного наращивания производства электрической энергии, и огромные перетоки энергии внутри стран, пиковые нагрузки, развитие возобновляемой — ветровой, солнечной и водородной — энергетике, а также непредсказуемость в долгосрочной перспективе цен на углеводороды и террористические угрозы. Новые технологии позволяют справляться с этими вызовами. Основой процесса является не просто автоматизация и компьютеризация, а переход в цифровую эру, облачные вычисления, технологии обработки больших массивов данных и интернет-устройств.

Целевая модель трансформированной цифровой энергетике состоит в ее глубокой информационно-управляемой интеграции во все сферы социально-экономической деятельности. Элементы цифровизации и походы к их внедрению во многом схожи с аналогичными направлениями развития в других отраслях промышленности, но здесь выделяется и особая функция энергетике, состоящая не просто в инфраструктурном обеспечении энергетическими ресурсами других сфер экономики, а ее роль как определяющей производственной силы к развитию страны и уровня жизни человека. Именно поэтому сейчас на первый план выходит не развитие самой технологии энергопроизводства, а организация коммуникационных и

аналитических связей и процессов, обеспечивающих обработку и анализ больших объемов данных в режиме реального времени.

Ежегодно растет роль умных сетей (*SmartGrid*), систем распределенной генерации и возобновляемой энергетике. В Германии, например, в течение нескольких дней 2016 г. генерация в стране была полностью, на 100% альтернативной: ветровой и солнечной. Конечно это обеспечили погодные условия: сильные ветра и солнечная погода, но в такие моменты только элементы *SmartGrid* позволяют оперативно сбалансировать энергосистему, изменив традиционный подход: не только предоставлять потребителю энергию, но и забирать у него излишки.

Для многих стран характерна проблема изношенности сетей и оборудования, которая решается в том числе и посредством цифровой трансформации. Строительство новых сетей и крупных электростанций очень дорого, в этом случае внедрение IT-технологий помогает найти оптимальное решение. Например, в Нью-Йорке был реализован проект по управлению спросом на потребление электроэнергии: в пиковые часы установлены дополнительные солнечные батареи, введены налоговые льготы, низкие тарифы в ночные часы. Это позволило отказаться от строительства новой электростанции на органическом топливе.

В глобальной энергетике усиливается тенденция к сегментации сетей и растет количество приборов, управляющих сегментами. Для крупных системообразующих

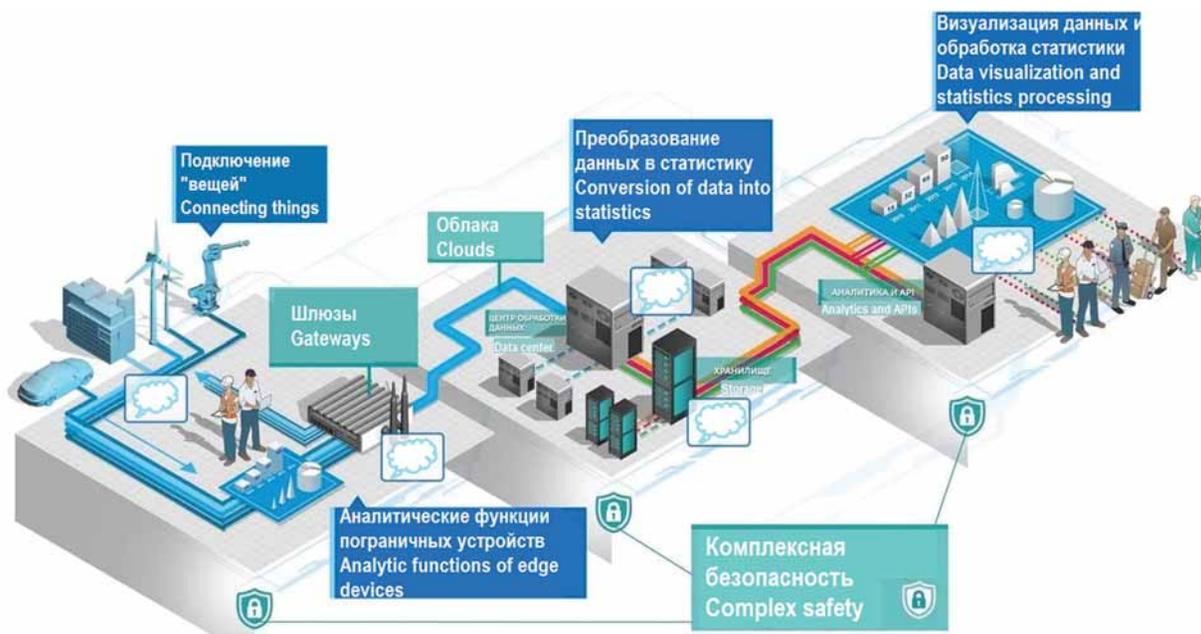


Рисунок 6. Организация консолидированной системы управления бизнесом на основе технологической цифровой платформы
Figure 6. The organization consolidated the business management system on the basis of technological digital platform

кой цифровизации энергообъектов и переход отрасли на риск-ориентированный подход. Только создав прозрачную и управляемую систему энергопроизводства как многофакторного бизнес-процесса можно достичь оптимального сочетания экономической эффективности деятельности при требуемом уровне надежности и безопасности энергоснабжения.

Список использованных источников

1. Данли Мартин. Умная энергетика-2017: переход в цифровую эру. Энергия: экономика, техника, экология. 2017; 8: 58–61.
2. Лифшиц М. Цифровизация отрасли делает ее прозрачной. Энергетика и промышленность России». Энергетика и промышленность России. 2018; 6.
3. Грабчак Е. Не стоит ставить знак равенства между цифровой энергетикой и цифровой подстанцией. Энергетика и промышленность России. 2018; 3.
4. Бауэр В., Сильвестров С., Барышников П. Ю. Блокчейн как основа формирования дополненной реальности в цифровой экономике. Информационное общество. 2017; 3: 30–40.
5. Фардиев И., Сафиуллин Д., Забелкин Б. А., Васильев Ю. А., Меер В. М. Об инновационном проекте «умная сеть». Энергетика Татарстана. 2010; 3: 5–12.
6. Мороз А. В. Умные сети электроснабжения. В сборнике: Управление социально-экономическими системами: теория, методология, практика. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017;: 64–65.
7. Белозеров Д. Ю. Применение технологий промышленного интернета для прогнозирования состояния оборудования: система «Прана». Газотурбинные технологии. 2017; 1(144): 14–17.
8. Наумов С. А., Крымский А. В., Липатов М. А., Скрабатун Д. Н. Опыт использования удаленного доступа и предсказательной аналитики состояния энергетического оборудования. Теплоэнергетика. 2018; 4: 21–33.
9. Рязанцев О. Цифровизация – это выход на новый уровень

производства. Connect. Мир информационных технологий. 2018; 3: 4–10.

10. Федорков А. А., Бирюков О. А. Цифровая экономика: особенности управления и тенденции развития. Петербургский экономический журнал. 2017; 3: 60–66.

References

1. Darnley M. Smart energy-2017: transition to the digital era. Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2017; 8: 58–61. (In Russ)
2. Lifshits M. Digitalization of the industry makes it transparent. Energetika i promyshlennost' Rossii. 2018; 6. (In Russ)
3. Grabchak E. p. it is not necessary to put a sign of equality between digital power and digital substation. Energetika i promyshlennost' Rossii. 2018; 3. (In Russ)
4. Bauer V. P., Silvestrov S. N., Baryshnikov P. Y. Blockchain as a basis of augmented reality in the digital economy. Informatsionnoye obshchestvo. 2017; 3: 30–40. (In Russ)
5. Fardiev I. S., Safullin D. H., Zabelkin B. A., Vasilyev A. Yu., Meyer V. M. About the innovative project "smart network". Energetika Tatarstana. 2010; 3: 5–12. (In Russ)
6. Moroz A. V. Smart power supply networks. Management of socio-economic systems: theory, methodology, practice. Collection of articles international scientific-practical conference: in 2 parts. 2017;: 64–65. (In Russ)
7. Belozero D. Y. application of the technologies of the industrial Internet to predict the condition of the equipment: system "Prana". Gazoturbinnyye tekhnologii. 2017; 1(144): 14–17. (In Russ)
8. Naumov S. A., Krymsky A. V., Lipatov M. A., Skrabatun D. N. Experience in using remote access and predictive Analytics of the state of power equipment. Teploenergetika. 2018; 4: 21–33. (In Russ)
9. Ryazantsev O. Digitalization is a way to a new level of production. Connect. Mir informatsionnykh tekhnologiy. 2018; 3: 4–10. (In Russ)
10. Fedorov A. A., Biryukov O. A. Digital economy: management features and development trend. Peterburgskiy ekonomicheskiy zhurnal. 2017; 3: 60–66. (In Russ)

DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-103-108

УДК 338.32.053.4

Ключевые аспекты повышения эффективности управления техобслуживанием и ремонтами оборудования в компаниях топливно-энергетического комплекса

Камко Ю. А.

Вячеслава Шишкова, д. 28, корп.1, кв. 13, 196605, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

Поступила / Received 18.12.2017

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Переход к новой промышленной революции «Индустрия 4.0» в электроэнергетике побудил внедрение современного эффективного оборудования путем модернизации существующих или строительства новых энергоблоков. Производственные процессы на этом этапе стали характеризоваться глубокой интеграцией информационных технологий. В зону охвата попадают не только процессы финансово-экономической деятельности, но и процессы обеспечения актуальной информацией о текущем состоянии оборудования, различных систем обеспечения (охранной, пожарной, контроля передвижения, контроля за ходом выполнения работ и др.) для принятия решений в режиме реального времени, а также предиктивная аналитика.

Повышение эффективности управления техобслуживанием и ремонтами оборудования является одной из приоритетных задач. От настройки данного процесса зависит не только качество и работоспособность оборудования, но также и точность оценки денежных затрат, что, в конечном счете, отражается на финансовом состоянии компании. Поэтому автор ставит целью анализ причин, препятствующих эффективной реализации процесса техобслуживания и ремонта оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса с предложением мер их возможной корректировки.

Сформированы ключевые аспекты, позволяющие организациям приблизиться к более точному формированию ремонтных и техобслуживающих операций.

Представлены мероприятия, позволяющие более тщательно и компетентно создавать и выстраивать надлежащую рабочую систему для управления мероприятиями по техобслуживанию и ремонту оборудования. В том числе, уточнены логические блоки для внедрения информационно-управляющей системы в сфере техобслуживания и ремонта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техобслуживание и ремонт оборудования, предприятия топливно-энергетического комплекса, информационно-управляющая система

Адрес для переписки:

Камко Ю. А.

Вячеслава Шишкова, д. 28, корп.1, кв.13 196605, Пушкин,
Санкт-Петербург, Россия

e-mail: kamkoya@yandex.ru

Address for correspondence:

Kamko Y. A.

Vyacheslav Shishkov, 28, 1, 13, 196605 Pushkin, Saint-Petersburg, Russia

e-mail: kamkoya@yandex.ru

Для цитирования:

Камко Ю. А. Ключевые аспекты повышения эффективности управления техобслуживанием и ремонтами оборудования в компаниях топливно-энергетического комплекса. Надежность и безопасность энергетики. 2018 – Т. 11, №2. – С. 103 – 108

DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-103-108.

For citation:

Kamko Y. A. [Key aspects of raising efficiency of management of equipment maintenance and repair in fuel and energy complex companies]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 103 – 108 (in Russian)

DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-103 – 108.

Key aspects of raising efficiency of management of equipment maintenance and repair in fuel and energy complex companies

Kamko Y. A.

Vyacheslav Shishkov, 28, 1, 13, 196605, Pushkin, Saint-Petersburg, Russia

Transition to a new industrial revolution (“Industry 4.0”) in power engineering has stimulated introduction of advanced efficient equipment through modernization of existing or construction of new power units. At this stage, production processes are now characterized by deep integration of information technologies. This does not only apply to the processes of financial and economic activities, but also the processes of providing up-to-date information on the current state of equipment, various supporting systems (security, fire safety, movement control, work progress control, etc.) for making decisions in real time, as well as predictive analytics.

Raising the efficiency of management of equipment maintenance and repair is a top priority issue. The proper setup of this process does not only determine the quality and operability of equipment, but also the accuracy of evaluation of expenditure, which eventually affects the company’s financial standing. Therefore, the author is set to analyze the causes preventing efficient implementation of the process of equipment maintenance and repair at fuel and energy complex companies and suggests measures for their possible adjustment.

Key aspects are formed, which enable the organizations involved to get closer to more accurate formation of repair and maintenance operations.

Measures are presented that enable to create and develop a proper working system for the management of maintenance and repair measures. In particular, logical blocks are specified for implementation of a data management system in maintenance and repair.

KEYWORDS: maintenance and repair of equipment, fuel and energy complex companies; data management system

Необходимым условием любого технологического прогресса является активная инновационная деятельность. Ее интенсивность и результаты непосредственно влияют на происходящие трансформационные процессы в промышленности, производстве [1, 2]. В 2011 г. немецкие ученые-экономисты и промышленники предсказали четвертую промышленную революцию «Индустрия 4.0». Как известно, к третьей промышленной революции привело развитие информационных технологий, ко второй — электрификация, к первой — изобретение парового двигателя. В «Индустрии 4.0» новый виток развития будет определяться глубокой интеграцией информационных технологий (киберфизических систем) в производственные процессы. Применительно к электроэнергетике важно обеспечить внедрение современного эффективного оборудования путем модернизации существующих или строительства новых энергоблоков.

В сфере ИТ и смежных технологий в зону охвата попадают не только процессы финансово-экономической деятельности, но и процессы обеспечения актуальной информацией о текущем состоянии оборудования, различных систем обеспечения (охранной, пожарной, контроля передвижения, контроля за ходом выполнения работ и др.) для принятия решений в режиме реального времени, а также предиктивная аналитика. Для реализации данных задач в соответствии с концепцией «Индустрии 4.0» внедряются и модернизируются системы сбора и хранения технологической информации, устанавливаются специализированные контроллеры и камеры фото- и видеофиксации. В дополнение к вышеуказанному более детальными и интегрированными становятся требования к методологии автоматизации,

ориентированные на поставленную цель, при этом требуется мобилизация экспертов как внутри компании, так и привлечение внешних отраслевых консультантов [3, 4].

В существующих экономических условиях одним из ключевых бизнес-процессов, влияющих на работу организаций, является техобслуживание и ремонт оборудования (далее — ТОиР). Деятельность по техобслуживанию и оптимальному функционированию оборудования занимает лидирующие позиции в управлении компаний определенных секторов экономики [5]. Компании топливно-энергетического комплекса — одни из ключевых заинтересованных сторон в данном вопросе. В настоящее время деятельность по управлению ТОиР выполняет стратегическую роль в организациях ТЭК.

В процессе управления ТОиР владельцы бизнес-процессов компаний ТЭК сталкиваются с рядом проблем, препятствующих эффективной реализации процесса. Среди них можно выделить следующие:

1. *Противоречивость требований экономических и технических служб.*

Минимизация затрат «любой ценой» против необходимости выполнения ремонтных мероприятий в достаточных, с точки зрения технических специалистов, объемах.

2. *Недостаточная информированность о текущем состоянии оборудования и фактически необходимых ремонтных ресурсах.*

Младшее управленческое звено представляет руководителям информацию, скрывая ошибки и дефекты по своей вине, ресурсные резервы и преувеличивая их необходимую потребность. Старшее звено пытается

строить надлежащую рабочую систему для управления мероприятиями по ТОиР.

Список использованных источников

1. Камко Е. В. Взаимодействие науки, бизнеса и государства в развитии инновационных проектов: сравнительный анализ на примере России, Китая и США. Актуальные проблемы экономики и права 2017; 11. 3: 5–15.
2. Камко Е. В. Кирдина-Чэндлер С. Г. Институциональная структура российской национальной инновационной системы: path dependence – эффект 2018; 12. 1: 149–160.
3. Лопухов И. Коммуникационные технологии умного предприятия в рамках концепции Индустрия 4.0 и Интернета вещей. Современные технологии автоматизации 2015; 2: 36–44.
4. Андиева Е. Ю., Фильчакова В. Д. Цифровая экономика будущего, Индустрия 4.0. Прикладная математика и фундаментальная информатика 2016; 3: 214–218.
5. Kondev G., Stefanov S. Organizing maintenance management activities in the industrial company. Science, Engineering and Education 2016; 1(1): 125–131.
6. Mitchell Z., Hildreth J., Vorster M. Using the Cumulative Cost Model to Forecast Equipment Repair Costs: Two Different Methodologies. Journal of Construction Engineering and Management 2011; 137(2): 817–822.
7. Гончаренко С. Н., Парсегов А. С. Моделирование и оценка риска эксплуатации промышленного оборудования в отечественных и зарубежных исследованиях. Управление риском 2013; 2(66): 35–43.
8. Ицкович Э. Л. Методы комплексной автоматизации производства технологического типа. Монография. М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН 2013; 1–295.
9. Камко Ю. А., Камко Е. В. Применение различных подходов к управлению физическими активами энергогенерирующей компании. Надежность и безопасность энергетики 2011; 1: 16–18.
10. Камко Ю. А., Камко Е. В. Совершенствование методов управ-

ления энергогенерирующими компаниями. Надежность и безопасность энергетики 2010; 2: 24–30.

References

1. Kamko E. V. The interaction of science, business and the state in the development of innovative projects: a comparative analysis based on the example of Russia, China and the United States. Actual Problems of Economics and Law 2017; 11. 3: 5–15. (In Russ.)
2. Kamko E. V. Kirdina-Chandler S. G. Institutional structure of the russian national innovative system: path dependence – effect 2018; 12. 1: 149–160. (In Russ.)
3. Lopukhov I. Communication technologies of a smart enterprise within the concept of Industry 4.0 and the Internet of Things. Modern automation technologies 2015; 2: 36–44. (In Russ.)
4. Andiyeva E. Y., Filchakova V. D. Digital economy of the future, Industry 4.0. Applied Mathematics and Fundamental Informatics 2016; 3: 214–218. (In Russ.)
5. Kondev G., Stefanov S. Organizing maintenance management activities in the industrial company. Science, Engineering and Education 2016; 1(1): 125–131.
6. Mitchell Z., Hildreth J., Vorster M. Using the Cumulative Cost Model to Forecast Equipment Repair Costs: Two Different Methodologies. Journal of Construction Engineering and Management 2011; 137(2): 817–822.
7. Goncharenko S. N., Parsegov A. S. Modeling and assessment of the risk of operation of industrial equipment in domestic and foreign research. Risk management 2013; 2(66): 35–43. (In Russ.)
8. Itskovich E. L. Methods of complex automation of production of technological type. Monograph. Moscow: Institute for Control Sciences. V. A. Trapeznikova RAS 2013; 1–295. (In Russ.)
9. Kamko Y. A., Kamko E. V. The application of various approaches to the management of physical assets of the power generating company. Safety and Reliability of Power Industry 2011; 1: 16–18. (In Russ.)
10. Kamko Y. A., Kamko E. V. Perfection of management methods by power generating companies. Safety and Reliability of Power Industry 2010; 2: 24–30. (In Russ.)



DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-109-116

УДК 621.1.18

Цифровая оценка надежности производственной системы субъектов энергетики

Мищеряков С. В.

Некоммерческое партнерство «Корпоративный образовательный и научный центр Единой энергетической системы»
ул. Красноказарменная д.13, к. "П", 111250, г. Москва, Россия

Поступила / Received 04.12.2017

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Изложены научные подходы к формированию цифровых технологий управления основными факторами энергетического производства. За основу оценки состояния производственной системы взят индекс состояния производственной системы энергообъекта. Сформирована его целевая функция, включающая безразмерные индексы топливообеспечения, состояния активов и человеческого капитала. Автором сформулирована и решена задача нахождения оптимальных значений функции с использованием математического аппарата нечетких множеств. Индексы, характеризующие факторы производства, определяются как решение задачи оптимизации с использованием ранжирования по значениям и весовых коэффициентов, определяемых методом Т. Саати. Определение индекса топливообеспечения и технического состояния активов осуществляется на основе принятых в энергетике методик с учетом их фактического состояния при условии обеспечения надежности функционирования ЕЭС. В статье подробно рассмотрены технологии оценки человеческого капитала компании, показана инвестиционная выгода в его развитии, показаны рациональные диапазоны этих инвестиций, приведены статистические данные, подтверждающие полученные теоретические выводы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: субъекты энергетики, производственные активы, управления активами, показатели технико-экономического состояния объектов энергетики, индекс технического состояния (ИТС), человеческий капитал

Digital assessment of reliability of production system of power subjects

Mishcheryakov S. V.

NP «CTSCenter UES»

Krasnokazarmennaya street, 13P, 111250, Moscow, Russia

The article outlines scientific approaches to the formation of digital technologies for managing the main factors of energy production. The assessment of the state of the production system is based on the index of the state of the production system of the power facility. Its target function is formulated, including dimensionless indices of fuel supply, the state of material and human capital assets. The author has formulated and solved the problem of finding the optimal values of a function using the mathematical apparatus of fuzzy sets. The indices characterizing the factors of production are defined as the solution of the optimization problem using ranking by values and weight coefficients

Адрес для переписки:

Мищеряков С. В.

НП "Корпоративный образовательный и научный центр ЕЭС"

ул. Красноказарменная д.13, к."П", 111250, г. Москва, Россия

e-mail: msv@keu-ees.ru

Address for correspondence:

Mishcheryakov S. V.

NP «CTSCenter UES»

Krasnokazarmennaya street, 13P, 111250, Moscow, Russia,

e-mail: msv@keu-ees.ru

For citation:

Mishcheryakov S. V. Digital assessment of the reliability of the production system of power subjects. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 109–116 (in Russian)

DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-109-116.

Для цитирования:

Мищеряков С. В. Цифровая оценка надежности производственной системы субъектов энергетики. *Надежность и безопасность энергетики*. 2018. – Т. 11 – №2 – С. 109–116
DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-109-116.

determined by Saaty's method. The determination of the fuel supply index and the technical condition of assets is carried out on the basis of the methods adopted in the energy sector, taking into account their actual state, provided that the reliability of the functioning of the UES is ensured. The article discusses in detail the technologies for assessing the company's human capital, shows the investment benefits of its development, presents the rational ranges of these investments, and provides statistical data that support the theoretical conclusions.

KEYWORDS: power subjects, production assets, asset management, indices of the technical and economic condition of power facilities, technical condition index (TCI), human capital

Введение

В последние десять лет в современную лексику прочно вошел термин «человеческий капитал».

Ученые, специалисты и, к их чести, сотрудники Минэнерго России достаточно продвинулись в цифровой модернизации отрасли, чтобы поставить и найти решение следующих вопросов. Как при строгих тарифных ограничениях, то есть при ограниченных ресурсах, в рыночных условиях, при наличии множества экономических агентов — собственников активов, решать задачи системной надежности, устойчивости Единой энергетической системы России, ее живучести в кризисных условиях и условиях чрезвычайных ситуаций? Как обеспечить уже всем понятную и в условиях шестикратного отставания от энергетики США по производительности [1], деградации производственных фондов и международных санкций для российской энергетики безальтернативную цифровую модернизацию отрасли? С чего начинать эту самую модернизацию? Каковы содержательные, а не отчетные целевые значения показателей, которые не превратят парад результатов в парад сертификатов и прочей отчетной мишуры для галочки?

Для ответа на эти и ряд других не менее важных вопросов сформулируем научную проблему оценки человеческого капитала как оптимизационную, попытаемся математически корректно поставить и решить задачу поиска рационального сочетания факторов энергетического производства в фактических условиях функционирования субъектов энергетики. Для этого введем показатель, характеризующий фактическое состояние энергетического производства. Составим целевую функцию современного энергетического производства, компонентами которого являются три основных составляющих: сырье, в основном топливно-энергетические ресурсы (ТЭР), производственные активы (оборудование, здания, сооружения и т. д.) и человек, как основной создатель добавленной стоимости.

Характеристиками этих факторов целесообразно принять индексы, то есть безразмерные (и потому аддитивные, сравнимые) показатели оценки оптимальных значений целевой функции.

Необходимо отметить, что для характеристики производственных активов уже существует такой показатель, это «индекс технического состояния производственных активов ($I_{тс}$)» [2–4].

В качестве показателя обеспечения производства сырьем, для нашей статьи в качестве сырья можно

принять топливо (индекс топливообеспечения), то есть соотношение фактических и нормативных запасов топлива ($I_{т}$). Таким образом, в качестве сырья принято топливо с учетом физических объемов (до 70% затрат в тарифах) и полного переноса стоимости на себестоимость продуктов в течении одного производственного цикла.

Для характеристики человеческого фактора предлагается применить агрегированный показатель, который назовем индексом человеческого капитала ($I_{чк}$).

Используя принятые обозначения, отвлекаясь от рыночной конъюнктуры (она в нашем случае является внешним воздействием) и от иных факторов (экология, социально-политические и климатические факторы), предлагается составить целевую функцию индекса производственной системы ($I_{пс}$), то есть функцию нескольких переменных, подлежащую оптимизации (минимизации или максимизации) в целях решения оптимизационной задачи.

В рассматриваемом случае целевая функция — формула оценки обобщенного показателя (индекса) производственной системы, который характеризует степень достижения системой ее цели, обеспечение надежного и безопасного функционирования энергосистемы в нормальных условиях и при авариях (рыночные факторы нами не рассматриваются).

Этим условиям удовлетворяет четвертая (наиболее общая) форма целевой функции, которая представляет собой произвольную зависимость от всех или части (но не меньше двух) разнородных внешних параметров:

$$F(y) = F(y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (1)$$

При этом разнородные параметры преобразуются в безразмерные (или одномерные) показатели, и целевая функция формируется как некоторая композиция (например, среднее арифметическое) полученных безразмерных показателей.

«Единую целевую функцию четвертой формы можно получить из целевых функций третьей формы путем умножения их на весовые коэффициенты и последующего суммирования:

$$\vec{F}(y) = \sum_{S=1}^k F_S(y_i) \cdot \omega_S, \quad (2)$$

где $F_S(y_i)$ — одна из k целевых функций третьей формы; ω_S — ее весовой коэффициент.

При этом под целевыми функциями третьей формы

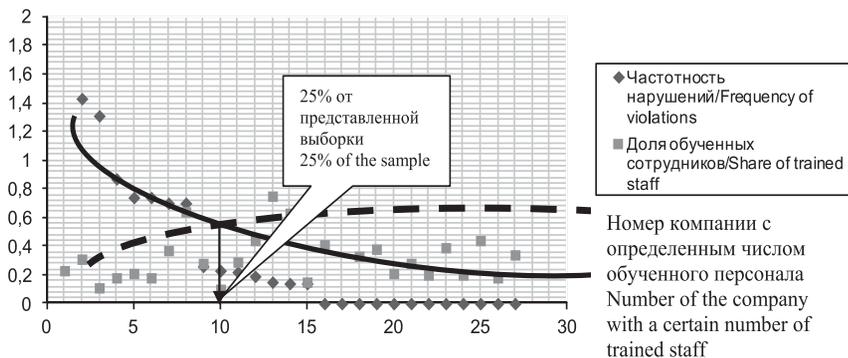


Рисунок 2. Зависимость частоты инцидентов от количества обученного персонала
Figure 2. Dependence of incidents frequency on the number of trained staff

деятельности передовых отечественных компаний. Практическим воплощением результатов этого вывода явилось закрепление и использование в Стандартах организаций профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала, СО-ЕЭС-ПП-1-2005, нормы ежегодного обучения не менее 30% работников.

Выводы

Производственная система субъектов энергетики является сложной социо-технической системой. Комплексная оценка ее эффективности в целях выработки рационального регулирующего воздействия является оптимизационной задачей. Формирование регулирующих воздействий, направленных на недопущение несанкционированного прекращения энергоснабжения потребителей и развитие энергетического производства, должно осуществляться на базе решения этой задачи, то есть определение минимального значения индекса производственной системы. Индекс производственной системы является агрегированным показателем, определяемым как результат оптимизации целевой функции включающей индексы обеспечения сырьем, технического состояния активов и человеческого капитала. Предлагаемый подход формирует научные основы цифровизации управления энергетическим производством и обеспечивает принятие рациональных управленческих решений, определяющих технико-экономическую эффективность производственной системы субъектов энергетики, в том числе в составе Единой энергетической системы России.

Список использованных источников

1. www.proflib.com: Глазьев С. Ю., Кара-Мурза С. Г., Батчиков С. А., Белая книга. Экономические реформы в России 1991–2001. 2002; 19–21.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.12.2016 №1401 2016; 2–10.
3. Приказ Минэнерго РФ от 26 июля 2017 г. №676 "Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей" 2017; 1–241.

4. Грабчак Е. П. Оценка технического состояния энергетического оборудования в условиях цифровой экономики. // Надежность и безопасность энергетики 2017; 4(10): 268–274.

5. Ковалевич О. М. Безопасность в техногенной сфере. М.: Издательский дом МЭИ 2011; 1–246.

6. Ершов Г. А., Мищеряков С. В. «Критериальная оценка качества управленческих решений на базе нечеткой логики в техногенных системах» 1998; 3–5.

7. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях 1976; 172–215.

8. Бобров А. Ф., Косенков А. А., Седин В.

И., Щепланов В. Ю. Оценка функциональной надежности работников опасных производств. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор энергетики XXI века: качество, надежность, здоровье», (6–7 апреля 2017 г.) 2017; 136–144.

9. Ковалевич О. М. Анализ неопределенностей при рассмотрении проектов и принятия решений/Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций 2013; 4: 15–21.

10. Рузавин Г. И. Вероятность и правдоподобные рассуждения // Философия науки. Выпуск 2. Гносеологические и логико-методологические проблемы 1996; 163–191.

References

1. www.proflib.com: Glazyev S. Y., Kara-Murza S. G., Batchikov S. A., White-book. Economic reforms in Russia 1991–2001. 2002; 19–20. (In Russ.)
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1401 of December 19, 2016; 2–10. (In Russ.)
3. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of July 26, 2017 No. 676 "On approval of the methodology for assessing the technical condition of the main technological equipment and power lines of power plants and electrical networks" 2017; 1–241. (In Russ.)
4. Grabchak E. P. Assessment of the technical condition of power equipment in a digital economy. // Reliability and safety of power engineering 2017; 4(10): 268–274(10). (In Russ.)
5. Kovalevich O. M. Safety in the technogenic sphere: Publishing house MPEI 2011; 1–246. (In Russ.)
6. Ershov G.A., Mishcheryakov S.V. "Criterial assessment of the quality of management decisions based on fuzzy logic in technogenic systems" 1998; 3–5. (In Russ.)
7. Bellman R., Zade L. Decision-making under vague conditions. / Transl. with English 1976; 172–215. (In Russ.)
8. Bobrov A. F., Kosenkov A. A., Sedin V. I., Shcheblanov V. Y. Assessment of the functional safety of dangerous production workers. Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference "The human factor of the energy of the XXI century: quality, reliability, health", (6–7 April 2017) 2017; 136–144. (In Russ.)
9. Kovalevich O. M. Analysis of uncertainties in the consideration of projects and decision-making / Problems of security and emergency situations 2013; 4: 15–21. (In Russ.)
10. Ruzavin G. I. Probability and plausible reasoning // Philosophy of Science. Issue 2. Epistemological and logical-methodological problems. 1996; 163–191. (In Russ.)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, РАСЧЕТЫ

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-117-125

УДК: 621.311

О целесообразности и возможности подогрева воды для систем теплоснабжения за счет использования теплоты основного конденсата теплофикационных турбин

Орлов М. Е.*, Замалеев М. М., Кузьмин А. В., Шарапов В. И.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»

ул. Северный Венец, 32, 432027, г. Ульяновск, Россия

Поступила / Received 24.04.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Рассмотрены возможности повышения эффективности теплофикационных турбин ТЭЦ за счет применения низкопотенциальных теплоносителей для нагрева воды в системах теплоснабжения и повышения выработки электроэнергии на тепловом потреблении. Существующие технологии подогрева подпиточной воды теплосети перед аппаратами водоподготовки не всегда обеспечивают требуемую температуру нагрева и не обладают достаточной энергетической эффективностью. Разработаны технологии использования основного конденсата отработавшего в турбине пара для подогрева исходной воды в дополнительных подогревателях, включенных в систему регенерации теплофикационных турбин. Применение данных технологий способствует увеличению расхода и понижению энтальпии пара регенеративных отборов турбины, которым подогревается этот конденсат, а, следовательно, повышает теплофикационную выработку электроэнергии. Для определения промышленной применимости предложенных решений проведены экспериментальные исследования систем регенерации теплофикационных турбоустановок Ульяновской ТЭЦ-1. Собраны многопараметрические массивы данных по эксплуатации конденсатно-питательного тракта турбин и получены уравнения регрессии, позволяющие рассчитывать температуру потока основного конденсата в зависимости от ряда факторов. На основе опытных данных рассчитаны минимально и максимально возможные расходы исходной воды, которые можно подогревать до требуемой температуры в поверхностных подогревателях, включенных в систему регенерации турбин, построены графики зависимости расхода подогреваемой исходной воды от температуры основного конденсата турбин. Определены сферы применения предложенных технологических решений в действующих системах теплоснабжения. С помощью метода удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении произведена оценка энергетической эффективности и определена экономия условного топлива при реализации предложенных решений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплофикационные турбины, система регенеративного подогрева, конденсатно-питательный тракт, системы теплоснабжения, подпиточная вода теплосети

Адрес для переписки:

Орлов М. Е.
ФГБОУ ВО «УлГТУ», кафедра ТГВ
ул. Северный Венец, 32, 432027, г. Ульяновск, Россия
e-mail: mio@ulstu.ru

Address for correspondence:

Orlov M. E.
Ulyanovsk State Technical University, Department TGV
Severnij Venets str., 32, 432027, Ulyanovsk, Russia
e-mail: mio@ulstu.ru

Для цитирования:

Орлов М. Е., Замалеев М. М., Кузьмин А. В., Шарапов В. И. О целесообразности и возможности подогрева воды для систем теплоснабжения за счет использования теплоты основного конденсата теплофикационных турбин. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11, №2. – С. 117–125
DOI: 1999-5555-2018-11-2-117-125.

For citation:

Orlov M. E., Zamaleev M. M., Kuz'min A. V., Sharapov V. I. [About the feasibility and possibility of heating water for district heating systems through the use of heat the main condensate after cogeneration turbines]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 2, pp.117–125 (in Russian).
DOI: 1999-5555-2018-11-2-117-125.

On the feasibility and possibility of heating water for district heating systems through the use of heat of the main condensate after cogeneration turbines

Orlov M. E.*, Zamaleev M. M., Kuz'min A.V., Sharapov V. I.

Ulyanovsk State Technical University

32 Severniy Venets str., 432027, Ulyanovsk, Russia

The possibilities of increasing the efficiency of cogeneration turbines of CHP plants through the use of low-potential heat carriers for water heating in district heat supply systems and increasing the generation of CHP electricity are considered. The existing technologies of heating the makeup water of the district heating system upstream water treatment apparatuses do not always provide the required heating temperature and do not have the sufficient energy efficiency. The technologies of using the main condensate of the exhaust steam in the turbine to heat the feed water in additional heaters included in the system of regeneration of cogeneration turbines are developed. The use of these technologies contributes to increasing the flow rate and reducing the enthalpy of the steam of regenerative outlets of the turbine used to heat this condensate, and, therefore, increases the combined heat and power generation. In order to determine the industrial applicability of the proposed solutions, experimental studies of the regeneration systems of turbo-units under the conditions of Ulyanovsk CHPPs-1 have been carried out. Multiparameter data arrays on operation of turbine condensate-feed path have been collected, and regression equations have been obtained to calculate the main condensate flow temperatures depending on various factors. On the basis of experimental data there have been calculated the minimum and maximum flow rates of feed water that can be heated to the desired temperature in the surface heaters included in the regeneration system of the turbines, the flow graphs of the heated feed water are constructed depending on the temperature of the main condensate after the turbines. The fields of application of the proposed technological solutions in operating heat supply systems are defined. The evaluation of energy efficiency is carried out using the method of specific generation of CHP electricity and conventional fuel economy at the implementation of the proposed solutions is calculated.

KEYWORDS: cogeneration turbines, regenerative heating system, condensate-feed path, district heating systems, makeup water

В большинстве городов России работают крупные системы теплоснабжения, теплоисточниками в которых служат ТЭЦ различной мощности. Производство электроэнергии и теплоты в едином технологическом цикле на ТЭЦ имеет неоспоримые термодинамические преимущества по сравнению с раздельным производством двух видов энергии. К сожалению, в последнее время эффективность многих ТЭЦ заметно снизилась, что обусловлено рядом причин: износом оборудования, недостатком средств на ремонты и модернизацию, сложившейся конъюнктурой рынка электроэнергии, применением устаревших технологий и других факторов [1, 2]. Повысить энергетическую эффективность и экономичность ТЭЦ можно либо за счет использования комбинированных теплофикационных систем с пониженным температурным графиком [3, 4] и количественным регулированием тепловой нагрузки [5, 6], либо за счет внедрения газотурбинных технологий [7, 8], либо за счет реализации внутренних резервов энергосбережения путем использования низкопотенциальных и вторичных энергоресурсов, имеющихся в различных системах электростанции.

Для восполнения утечек теплоносителя из теплосети используется подпиточная вода, качество которой должно соответствовать требованиям Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, для этого вода подвергается противокоррозионной и противонакипной обработке в водоподготовительном

оборудовании ТЭЦ. Для многих отечественных систем теплоснабжения, особенно работающих по открытой схеме, характерны значительные расходы подпиточной воды теплосети, поэтому схемы включения водоподготовительного и теплообменного оборудования, а также температурные режимы их эксплуатации при больших расходах подпиточной воды являются одной из главных статей расходов на собственные нужды электростанции и в значительной степени определяют тепловую экономичность всей ТЭЦ.

Сотрудниками Научно-исследовательской лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки» (НИЛ ТЭСУ) УлГТУ в результате многолетних исследований выявлены значительные резервы по повышению энергетической эффективности ТЭЦ и разработаны технологии подогрева потоков подпиточной воды теплосети за счет оптимального использования низкопотенциальных источников теплоты, которые позволяют обеспечить требуемое качество и температурный режим противокоррозионной и противонакипной обработки теплоносителя, а также повысить экономичность электростанции за счет дополнительной выработки электрической энергии на тепловом потреблении. Принципиальные подходы к использованию низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ для подготовки подпиточной воды обоснованы в работе [9].

Существующие технологии предварительного нагрева подпиточной воды теплосети перед аппарата-

ступенями регенеративных подогревателей низкого давления в 2–8 раз выше, по сравнению с технологией подогрева исходной воды на ТЭЦ перед первой ступенью регенеративных подогревателей.

Выводы

1. Рассмотрены возможности использования основного конденсата турбин ТЭЦ для подогрева исходной воды, идущей на подпитку теплосети, и разработаны технологии, предусматривающие включение поверхностных подогревателей исходной воды по греющей среде в систему регенерации турбин.

2. В результате проведения многофакторных экспериментов на Ульяновской ТЭЦ-1 доказана промышленная применимость разработанных технологий, собраны многопараметрические массивы данных по эксплуатации конденсатно-питательного тракта турбин и получены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать температуры потока основного конденсата в зависимости от различных факторов.

3. Произведена оценка энергетической эффективности предложенных технологий для минимально и максимально возможных расходов исходной воды через подогреватель, результаты которой показывают, что наибольшее увеличение удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении достигается при установке поверхностного теплообменника перед первой ступенью регенеративных подогревателей низкого давления, а наименьшее — при установке теплообменника между второй и третьей ступенями регенеративных подогревателей, однако в последнем случае расходы исходной воды через подогреватель существенно больше, за счет этого экономия условного топлива в 2–8 раз выше, чем в первом варианте.

Список использованных источников

1. Макарова А. С., Панкрушина Т. Г., Урванцева Л. В., Хоршев А. А. Теплофикация в проекте новой энергетической стратегии страны. Теплоэнергетика. 2015; (6): 3–10.
2. Орлов М. Е., Шарапов В. И. Повышение эффективности систем теплоснабжения городов. Сантехника, отопление, кондиционирование. 2014; (1): 72–76.
3. Orlov M. E., Sharapov V. I. Improving urban district heating systems and assessing the efficiency of the energy usage therein. Journal of Physics: Conference Series. 2017; 891(012161): 1–6.
4. Sharapov V. I., Orlov M. E., Kunin M. V. Reliability analysis of the combined district heating systems. Thermal Engineering. 2015; 62(14): 1012–1016.
5. Ротов П. В. О зонировании температурного графика центрального регулирования нагрузки теплофикационных систем. Промышленная энергетика. 2013; (6): 21–25.
6. Ротов П. В., Орлов М. Е., Шарапов В. И. О температурном графике центрального регулирования систем теплоснабжения. Известия вузов. Проблемы энергетике. 2014; (5–6): 3–11.
7. Николаев Ю. Е., Дубинин А. Б., Вдовенко И. А., Сирдюков С. В. Развитие теплофикации в схемах теплоснабжения малых городов. Промышленная энергетика. 2013; (7): 2–4.

8. Николаев Ю. Е., Вдовенко И. А., Дубинин А. Б. Термодинамический и экономический анализ эффективности малых теплофикационных установок для систем энергоснабжения городов. Труды Академэнерго. 2017; (2): 61–70.

9. Sharapov V. I., Kudryavtseva E. V. Energy efficiency of low temperature deaeration of makeup water for a district heating systems. Power Technology and Engineering. 2016; 50(2): 204–207.

10. Шарапов В. И., Орлов М. Е., Замалеев М. М., Кузьмин А. В., Салихов А. А. Способ работы тепловой электрической станции. Патент №2428574 (РФ). Бюллетень изобретений. 2011; (25).

11. Шарапов В. И., Орлов М. Е., Замалеев М. М., Кузьмин А. В., Салихов А. А. Способ работы тепловой электрической станции. Патент №2425228 (РФ). Бюллетень изобретений. 2011; (21).

12. Шарапов В. И. Методика оценки энергетической эффективности структурных изменений в тепловых схемах ТЭС. Труды Академэнерго. 2015; (2): 27–37.

References

1. Alla S. Makarova, Tat'yana G. Pankrushina, Lyudmila V. Urvantseva, Andrey A. Horshev. District heating in the new draft energy strategy of the country. Teploenergetika. 2015; (6): 3–10. (In Russ.)
2. Mihail E. Orlov, Vladimir I. Sharapov Improving the efficiency of heat supply systems in cities. Santekhnika, otoplenie, kondicionirovanie. 2014; (1): 72–76. (In Russ.)
3. Mihail E. Orlov, Vladimir I. Sharapov. Improving urban district heating systems and assessing the efficiency of the energy usage therein. Journal of Physics: Conference Series. 2017; 891(012161): 1–6. (In Eng.)
4. Vladimir I. Sharapov, Mihail E. Orlov, Mihail V. Kunin. Reliability analysis of the combined district heating systems. Thermal Engineering. 2015; 62(14): 1012–1016. (In Eng.)
5. Pavel V. Rotov. About the zoning of the temperature schedule of the central load control of heating systems. Promyshlennaya energetika. 2013; (6): 21–25. (In Russ.)
6. Pavel V. Rotov, Mihail E. Orlov, Vladimir I. Sharapov. About the temperature schedule of central regulation of heat supply systems. Izvestiya vuzov. Problemy energetiki. 2014; (5–6): 3–11. (In Russ.)
7. Yuriy E. Nikolaev, Alexandr B. Dubinin, Ivan A. Vdovenko, Sergey V. Sirdyukov. Development of heat supply in schemes of heat supply of small cities. Promyshlennaya energetika. 2013; (7): 2–4. (In Russ.)
8. Yuriy E. Nikolaev, Ivan A. Vdovenko, Alexandr B. Dubinin Thermodynamic and economic analysis of the efficiency of small thermal installations for power supply systems of cities. Trudy Akademenergo. 2017; (2): 61–70. (In Russ.)
9. Vladimir I. Sharapov, Ekaterina V. Kudryavtseva. Energy efficiency of low temperature deaeration of makeup water for a district heating systems. Power Technology and Engineering. 2016; 50(2): 204–207. (In Eng.)
10. Vladimir I. Sharapov, Mihail E. Orlov, Mansur M. Zamaleev, Anton V. Kuz'min, Al'bert A. Salihov. Method of operating thermal power station. The patent 2428574 Russian Federation. Bulletin of inventions. 2011; (25). (In Russ.)
11. Vladimir I. Sharapov, Mihail E. Orlov, Mansur M. Zamaleev, Anton V. Kuz'min, Al'bert A. Salihov. Method of operating thermal power station. The patent 2425228 Russian Federation. Bulletin of inventions. 2011; (21). (In Russ.)
12. Vladimir I. Sharapov. Methodology of energy efficiency evaluation of structural changes in thermal schemes of thermal power plants. Trudy Akademenergo. 2015; (2): 27–37. (In Russ.)

DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-126-133

УДК 622.96:662.9

Расчётный анализ влияния неравномерности распределения твёрдого топлива по горелкам на экологическую безопасность котельных установок ТЭС

Лейкин В. З.

ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» (ПЭИПК)
ул. Авиационная 23. 196135, г. Санкт-Петербург, Россия

Поступила / Received 04.04.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Обеспечение экологической безопасности для предприятий энергетики в соответствии с вступившими в силу новыми требованиями Федерального закона ФЗ №219 от 21.07.2014 является в настоящее время первостепенной задачей. Экспериментальные исследования и промышленный опыт показывают, что одним из основных факторов образования практически всех токсичных продуктов сгорания топлива в котельных установках являются условия воспламенения в каждой горелке топки: соотношение топливо-воздух в зоне воспламенения, доли первичного воздуха, соотношения скоростей вторичного и первичного воздуха и т. д. Однако по действующим в настоящее время нормативам расчёт выбросов топливных оксидов азота, а также бенз(а)пирена (БП) производится по усреднённым величинам для всех горелок топки и влияние важнейшего фактора — равномерности распределения топлива и воздуха по горелкам на их образование не учитывается. Проведён расчётный анализ влияния неравномерности распределения твёрдого топлива по горелкам котельных установок на выбросы оксидов азота, а также бенз(а)пирена в продуктах сгорания. Разработана методика расчёта и получены зависимости изменения выбросов NO_x от показателя неравномерности распределения топлива Δg , среднего коэффициента избытка воздуха в горелках α_r , количества горелок и различных моделей пылераспределения. Показано, что при величине показателя $\Delta g < 10\%$, неравномерность распределения топлива практически не оказывает влияние на выбросы оксидов азота и бенз(а)пирена, а величина Δg_5 (при которой увеличение выбросов NO_x из-за неравномерности распределения пыли не превысит 5%) должна составлять: для двух горелок — 22%...27%, четырёх — 12%...22%, шести — 11%...13%. При более высоких значениях Δg для заданного количества горелок и при возрастании средней величины α_r имеет место значительное увеличение выбросов оксидов азота и бенз(а)пирена. Получено, что при этом происходит одновременное увеличение NO_x и БП. Даны рекомендации по использованию схем пылераспределения и конструкциям делителей пыли, исключающих влияние неравномерности распределения топлива по горелкам на выбросы оксидов азота.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Экологическая безопасность, оксиды азота, бенз(а)пирен, распределение топлива, горелки, котельная установка, методика расчёта, расчётный анализ, делители пыли

Адрес для переписки:

Лейкин В. З.
ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт
повышения квалификации» (ПЭИПК.)
ул. Авиационная. 23. 196135, г. Санкт-Петербург, Россия
e:mail: etmo@peipk.spb.ru

Address for correspondence:

Leikin V. Z.
Petersburg Power Engineering Institute of professional Development (PEIPK)
Aviation St., 23. 196135, St. Petersburg, Russia
e: mail: etmo@peipk.spb.ru

Для цитирования:

Лейкин В. З. Расчётный анализ влияния неравномерности распределения твёрдого топлива по горелкам на экологическую безопасность котельных установок ТЭС. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11 №2. С. 126–133
DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-126-133.

For citation:

Leikin V. Z. [Calculation analysis of the effect of uneven distribution of solid fuel on burners on ecological safety of boiler plants of TPPs] Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry 2018, vol.11. no 2, pp. 126–133 (in Russian)
DOI: 10.24223/1999-5555-2018-11-2-126-133.

Calculation analysis of the effect of uneven distribution of solid fuel on burners on ecological safety of boiler plants of TPPS

Leikin V. Z.

*Petersburg Power Engineering Institute of professional Development (PEIPK)
Aviation St., 23. 196135, St. Petersburg, Russia*

Ensuring environmental safety for energy companies in accordance with the requirements of Federal Law No. 219 of 21.07.2014 is a top priority task today. Experimental studies and industrial experience show that one of the main factors for the formation of virtually all toxic fuel combustion products in boiler plants is the ignition conditions in each burner of the furnace: the fuel-air ratio in the ignition zone, the proportion of primary air, the ratio between the secondary and primary air velocities, etc. However, according to the current regulations, the calculation of emissions of fuel oxides of nitrogen, as well as benz(a)pyrene, is based on averaged values for all burners of the furnace, and the influence of the most important factor — the uniformity of the distribution of fuel and air over the burners — on their formation is not taken into account.

In the work presented, a calculation analysis is performed of the effect of uneven distribution of solid fuel on the burners of boiler plants on emissions of nitrogen oxides, as well as benz(a)pyrene, in combustion products. A calculation procedure has been developed and the dependences of the change in NO_x emissions on the nonuniformity of the Δg distribution, the average air excess factor in the α_G burners, the number of burners and the dust distribution models have been obtained. It is shown that with the value of the parameter $\Delta g < 10\%$, the uneven distribution of fuel has practically no effect on emissions of nitrogen oxides and benz(a)pyrene, and Δg_5 (at which the increase in NO_x emissions due to uneven distribution of dust does not exceed 5%) should make: for two burners — 22% ... 27%, four — 12% ... 22%, six — 11% ... 13%. At higher values of Δg and with increasing α , there is a significant increase in emissions of nitrogen oxides and benz(a)pyrene. It is obtained that simultaneously there is a simultaneous increase in NO_x and BP. Recommendations are given on the use of dust distribution circuits and designs of dust dividers that meet the requirements to ensure that the uneven distribution of fuel over the burners would not affect emissions of nitrogen oxides.

KEYWORDS: Ecological safety, nitrogen oxides, benz(a)pyrene, fuel distribution, burners, boiler plant, calculation analysis, calculation technique, dust dividers

Введение. Постановка задачи

В соответствии с Федеральным законом ФЗ №219 от 21.07.2014. «О внесении поправок в закон об охране окружающей среды» [1], для всех предприятий, в том числе находящихся в эксплуатации, к 2020–2021 г. в РФ намечен переход на установку технического нормирования экологических показателей энергоустановок на уровне современных международных требований [2–3]. Поэтому обеспечение экологической безопасности при проектировании и эксплуатации для предприятий энергетики (которые отнесены к первому классу опасности, и все требования нового закона распространяются на них в первую очередь), является первостепенной задачей. В настоящее время в энергетике РФ широко внедряются различные технологические мероприятия, по повышению экологических показателей ТЭС: нестехиометрическое, двух и трёхступенчатое сжигание топлива в различных модификациях, внедрение малотоксичных горелок и др. [4–6]. В то же время экспериментальные исследования и промышленный опыт показывают, что одним из основных факторов образования практически всех токсичных продуктов сгорания (NO_x, CO, ПАУ др.) при факельном сжигании топлива в котельных установках является величина коэффициента избытка воздуха в каждой горелке топки [5–9], т. е. от соотношения топливо — воздух в зоне воспламенения. Особенно это важно

при сжигании твёрдого топлива, при котором основной загрязняющий компонент — топливные оксиды азота, а также другие токсичные продукты сгорания, образуются на стадии выхода, воспламенения и горения летучих в факеле каждой горелки [8, 10].

Для расчёта выбросов топливных NO_x в настоящее время действуют нормативы [11], в которых на основе результатов длительных исследований, влияние избытка воздуха и воздушного режима в горелках при прочих равных условиях представлено в виде

– для вихревых горелок:

$$\text{NO} \sim (0,35\alpha_r + 0,4)^2 (1,73\alpha_1 + 0,48) \times [0,4(W_2/W_1)^2 + 0,32]; \quad (1)$$

– для прямоточных горелок:

$$\text{NO} \sim (0,53\alpha_r + 0,12)^2 (1,73\alpha_1 + 0,48) \times [0,98(W_2/W_1) - 0,47] \quad (2)$$

где α_r — избыток воздуха в горелке; α_1 — доля первичного воздуха в горелке, W_2/W_1 — отношение скорости воздуха в канале вторичного воздуха, прилегающим к каналу первичного воздуха, к скорости первичного воздуха.

Зависимости (1)–(2) представлены в предположении, что значения коэффициента избытка воздуха и другие

центрации БП в продуктах сгорания твёрдого топлива только от коэффициента избытка воздуха на выходе из топки α_T [18], причём весьма сильная, в виде

$$\text{БП} \sim 1 / \exp(1,5\alpha_T) \quad (16)$$

Логично предположить, что зависимость образования БП от концентрации кислорода в каждой горелке ещё более сильная, чем на выходе из топки, где продукты сгорания топлива от разных горелок перемешаны. Однако ввиду отсутствия других данных, с учётом (16) для оценки влияния распределения топлива по горелкам в первом приближении примем, что образование БП в каждой горелке происходит по аналогичному соотношению:

$$\text{БП}_T \sim 1 / \exp(1,5\alpha_T);$$

Тогда аналогично (11) и (14) для оценки изменения выбросов БП в горелках в зависимости от неравномерности распределения поступающего в них топлива (модель «монотонного изменения расходов») может быть использована следующая система уравнений:

$$\text{БП}_\Delta = [\sum_i^1 g_i (1 / \exp(1,5\alpha_T / I g_i))] / [(1 / \exp(1,5\alpha_T)) g_i = (1 - 0,01 I \Delta g / 2) / I + 0,01 (i - 1) \Delta g / (I - 1) \quad (17)$$

На рисунке 1 (пунктирные кривые) показаны расчётные зависимости изменения величины БП_Δ для двух горелок от показателя Δg при заданных значениях α_T , полученные в результате численного решения системы уравнений (17). Результаты расчётов показывают, что при $\Delta g < 10\%$, неравномерность распределения топлива по горелкам практически не влияет на величину БП_Δ , однако при дальнейшем возрастании Δg происходит увеличение БП_Δ , причём даже сильнее, чем возрастание NO_x . Аналогичные результаты получены и при расчётах для четырёх и шести горелок.

Таким образом проведённый расчётный анализ показал, что при неравномерности распределения топлива по горелкам $\Delta g > 10\%$, происходит одновременное увеличение как выбросов оксидов азота, так и бенз(а)пирена.

Заключение

1. Проведённый расчётный анализ показал, что неравномерность распределения твёрдого топлива по горелкам оказывает существенное влияние на выбросы оксидов азота в продуктах сгорания. При показателе неравномерности распределения $\Delta g > 10\%$, во всех случаях происходит увеличение выбросов топливных оксидов азота. Получены зависимости изменения величины NO_x от показателя Δg , среднего коэффициента избытка воздуха в горелках α_T , количества горелок и модели пылераспределения.

2. При величине показателя $\Delta g < 10\%$, неравномерность распределения твёрдого топлива по горелкам

практически не оказывает влияние на выбросы оксидов азота и бенз(а)пирена в продуктах сгорания, поэтому по условиям обеспечения экологических показателей котла, системы пылераспределения и делители пыли должны удовлетворять этому требованию.

Опыт эксплуатации показал (например, энергоблоки ст. №5 и 6 Новосибирской ТЭЦ-5 и др.), что такие условия ($\Delta g < 4\% \dots 5\%$) обеспечивают двухступенчатые схемы с использованием в качестве замыкающей ступени регулируемых конфузорно-диффузорных делителей пыли на два отвода.

3. При увеличении числа горелок, снабжаемых топливом одной системой пылераспределения, требования к её эффективности по экологическим условиям должны ужесточаться. В зависимости от величины α_T , величина Δg_5 (при которой увеличение выбросов NO_x из-за неравномерности распределения пыли не превысит 5%) должна составлять: для двух горелок — не более 22%...27%, четырёх — 12%...22%, шести — 11%...13%.

4. Увеличение величины α_T , приводит к возрастанию выбросов оксидов азота при одинаковой эффективности системы пылераспределения.

5. При увеличении неравномерности распределения топлива по горелкам происходит одновременное увеличение как выбросов оксидов азота, так и бенз(а)пирена.

Список использованных источников

1. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Федеральный закон от 21.07.2014; 219-ФЗ.
2. «О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнений и контроле за ними)». Директива ЕС 2010; 75/ЕС.
3. Применение передовых технологий газоочистки, отвечающих экологическим требованиям Китая с ультранизким выбросом вредных веществ. Сборник докладов «Использование твёрдых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла». «ВТИ» 2016; 123–131.
4. Сосин Д. В., Штегман А. В., Котлер В. Р., Токарев Р. С., Шкробтак А. С. Малозатратные способы снижения NO_x на угольном котле. Электрические станции 2011; 7: 2–5.
5. Агапов К. В., Остапенко В. Е., Серант Ф. А. Опыт снижения выбросов оксидов азота на котлах ТПЕ– 214 ст. №5 Новосибирской ТЭЦ-5 с использования ступенчатого сжигания. Энергетик 2007; 3: 8–10.
6. Штегман А. В., Сосин Д. В., Мелкумян С. С., Фоменко Е. А. Успешный опыт освоения технологии трехступенчатого сжигания с реборнинговой мельницей на примере котла ТПЕ-223 Черепетской ГРЭС. «Использование твёрдых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла». «ВТИ» 2016: 123–131. Сб. докл. III Межд. Науч.-техн. конф. 2016; 132–141.
7. Котлер В. Р. Оксиды азота в дымовых газах 1987; 1–144.
8. Гусев Л. Н. О влиянии реакционной способности природных твёрдых топлив, конструкции и режимов работы пылеугольных камерных топок на уровень выбросов оксидов азота. Труды ЦКТИ №228. 2002; 92–102.
9. Росляков В. П., Закиров И. А., Ионкин И. Л., Егорова Л. Е. Иссле-

дование процессов конверсии оксидов углерода и бензо(а)пирена вдоль газового тракта котельных установок. Теплоэнергетика 2005; 4: 44–50.

10. Мунц В. А., Павлюк Е. Ю, Крюков М. В., Савкин А. В. Горение летучих при сжигании твёрдых топлив в кипящем слое. Электрические станции 2012; 3: 43–51.

11. СО 153 – 34.02.304. Методические указания по расчёту выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций 2003.

12. Лейкин В. З. Показатели эффективности делителей пыли котельных установок. Электрические станции 2008; 11: 19–34.

13. Методические указания по проектированию топочных устройств котельных агрегатов. НПО ЦКТИ-ВТИ. 1996; 1–271.

14. Лейкин В. З., Позин И. А., Агапов К. А. [и др] Разработка и внедрение на ТЭС новых конструкций распределителей пылегазового потока перемешивающего типа. Электрические станции 2008; 7: 10–23.

15. Лейкин В. З., Клепиков Н. С. Распределитель пылегазового потока Патент на изобретение РФ. 2012. №2456496; МКИ F16K11/10; F23K3/02.

16. Иваницкий М. С., Грига А. Д., Фокин В. М. Построение модели для определения концентрации бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива в котельных установках систем теплоснабжения. Вестник ВолгГАСУ. 2012; 28(47): 143–150.

17. Иваницкий М. С., Грига А. Д., Фокин В. М. Физико-химические процессы механизмов образования бенз(а)пирена при сжигании углеводородного топлива. Вестник ВолгГАСУ. 2012; 27(46): 28–33.

18. Методика расчета выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций. СО 153-34.02.316-2003.

References

1. On Amendments to the Federal Law "On Environmental Protection" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation": Federal Law of July 21, 2014; 219-FZ.

2. "On industrial emissions (on integrated pollution prevention and control)". EU Directive 2010,75 / EC.

3. Application of advanced gas cleaning technologies, meeting the ecological requirements of China with ultra-low emissions of harmful substances. Collection of reports "Use of solid fuels for efficient and environmentally friendly production of electricity and heat." "VTI" 2016; 123–131.

4. Sosin D. V., Shtegman A. V., Kotler V. R., Tokarev R. S., Shkrobtak A.

S. Low-cost ways to reduce NO_x in a coal boiler. Electric stations 2011; 7: 2–5.

5. Agapov K. V., Ostapenko V. E., Serant F. A. Experience in reducing emissions of nitrogen oxides on boilers TPE-214 st. No. 5 of Novosibirsk CHP-5 using step-by-step combustion. Energetik. 2007; 3: 8–10.

6. Shtegman A. V., Sosin D. V., Melkumyan S. S., Fomenko E. A., Successful experience of mastering the technology of three-stage combustion with a re-grinding mill on the example of TPE-223 boiler at Cherepetskaya GRES. "Use of solid fuels for efficient and environmentally friendly production of electricity and heat." "VTI", 2016: 123–131. Sat. doc. III Int. Haych.-техн. Conf. 2016. 132–141.

7. Kotler V. R. Nitrogen oxides in flue gases 1987; 144.

8. Gusev L. N. On the effect of the reactivity of natural solid fuels, design and operation modes of pulverized coal furnaces on the level of nitrogen oxide emissions. Proceedings of CKTI No. 228. 2002: 92–102.

9. Roslyakov V. P., Zakirov I. A., Ionkin I. L., Egorova L. E. Study of the processes of conversion of carbon oxides and benzo (a) pyrene along the gas path of boiler plants. Heat power engineering 2005; 4: 44–50.

10. Munts V. A., Pavlyuk E. Yu., Kryukov M. V., Savkin A. V. Combustion of volatiles in the combustion of solid fuels in a fluidized bed. Electric stations 2012; 3: 43–51.

11. СО 153-34.02.304. Methodical guidelines for the calculation of emissions of nitrogen oxides with flue gases of boilers of thermal power plants 2003.

12. Leikin V. Z. Indicators of efficiency of dust dividers of boiler installations. Electric stations 2008; 11: 19–34.

13. Methodical instructions for the design of furnace units of boiler units. NPO CKTI-VTI. 1996; 1–271.

14. Leikin V. Z., Pozin I. A., Agapov K. A. [et al.] Development and introduction of new designs of dust-gas flow distributors fuels on the TPP of mixing type. Electric stations. 2008; 7: 10–23.

15. Leykin V. Z., Klepikov N. S. Distributor of dust and gas flow Patent for invention of the Russian Federation. 2012. No. 2456496; МКИ F16K11/10; F23K3/02.

16. Ivanitsky M. S., Griga A. D., Fokin V. M. Construction of a model for determining the concentration of benz (a) pyrene in the combustion of hydrocarbon fuels in boiler plants of heat supply systems. VestnikVolgGASU. 2012; 28(47): 143–150.

17. Ivanitsky M. S., Griga A. D., Fokin V. M. Physicochemical processes of the mechanisms of benzo (a) pyrene formation during hydrocarbon combustion Vestnik VolgGASU. 2012; 27 (46): 28–33.

18. Method for calculating emissions of benz (a) pyrene into the atmosphere by steam boilers of power plants. СО 153-34.02.316-2003.



DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-134-142

УДК 621.311.22:621.039.51...17

Методические аспекты оценки и прогноза технического состояния основного установленного оборудования электростанций

Римов А. А.

Поступила / Received 20.04.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Представлена методология оценивания технического состояния объекта, которым является отдельная единица энергетического оборудования из группы однотипного оборудования электростанций. Показано, что техническое состояние является характеристикой качества исследуемого объекта, которую в практических целях следует рассчитывать в виде ее отклонения от установленного значения. Оценка технического состояния выполняется по унифицированным критериям с использованием ограниченного количества исходных данных по каждому из основных свойств объекта. Оценка может выполняться на уровне эксплуатационного показателя, на уровне отдельного свойства и на уровне совокупности свойств объекта. Оценка на высшем уровне представляет собой функцию потери качества объектом, которая находится сверткой оценок нижнего уровня. Оценка технического состояния объекта сопровождается расчетом неопределенности функций потери качества путем трансформирования неопределенностей исходных данных в неопределенность выходных величин. Оценка технического состояния может выражаться в относительных единицах — доле потери качества относительно максимально возможной величины качества объекта, либо в абсолютных единицах — монетарном эквиваленте потере качества объектом. Оценка в относительных единицах позволяет определить остаточный гамма-ресурс объекта, однако при этом требуется участие эксперта для назначения весомости эксплуатационных показателей. Оценка в абсолютных единицах позволяет выявить объекты, улучшение технического состояния которых целесообразно с экономической точки зрения. Для прослеживания причин отклонений показателей технического состояния от установленных значений используется структурированный перечень эксплуатационных показателей и влияющих на них факторов. Показано, что возможности оценивания технического состояния в относительных единицах ограничены: попытка выполнения оценки и анализа технического состояния по свертке значений показателей и характеристик свойств в единственный числовой индекс дает неверные результаты. Пренебрежение этими ограничениями приводит к появлению неадекватных, не имеющих научной основы методических требований к оценке технического состояния энергетического оборудования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка технического состояния, потеря качества объектом, однотипное энергетическое оборудование, неопределенность измерения, достоверность оценки

Адрес для переписки:

Римов А. А.

e-mail: rimov@list.ru

Address for correspondence:

Alexey Rimov

e-mail: rimov@list.ru

Для цитирования:

Римов А. А. Методические аспекты оценки и прогноза технического состояния основного установленного оборудования электростанций. Надежность и безопасность энергетики 2018. – Т. 11, №2. – С. 134–142

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-134-142.

For citation:

Alexey Rimov [Methodological aspects of assessment and forecast of technical condition of the main installed equipment of power plants]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 134–142 (in Russian)

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-134-142.

Methodological aspects of assessment and forecast of technical condition of the main installed equipment of power plants

Rimov A. A.

The methodology is presented for assessment of the technical condition of an object, which is a separate unit of power equipment from a group of the same type of equipment of power plants. It is demonstrated that technical condition is a characteristic of quality of an object under investigation, which, for practical purposes, should be calculated as a deviation from an established value. The assessment of technical condition is fulfilled with uniform criteria based on a limited amount of initial data on each of the basic properties of the object. The assessment can be fulfilled at the level of the object performance indicator, at the level of the object individual property and at the level of a set of the object properties. The top level assessment is a function of the loss of quality by the object, which is calculated through convolution of low level values. The assessment of technical condition of an object is accompanied by calculation of uncertainty of quality loss functions by means of transformation of uncertainties of initial data into uncertainties of output values. The evaluation of the technical condition can be expressed either in relative units - the percentage of quality loss relative to the maximum possible quality of the object, or in absolute units - the monetary equivalent of a loss of quality by the object. Evaluation in relative units enables to determine the residual gamma resource of the object, but this requires the participation of an expert to assign the weight of performance indicators. Evaluation in absolute units makes it possible to identify objects whose improvement in technical condition is appropriate from the economic point of view. To track the reasons for deviations in the technical condition from the set values, a structured list of performance indicators and factors affecting them is used. It is shown that the possibilities of evaluating the technical condition in relative units are limited: an attempt to perform assessment and analysis of the technical condition by convolving values of indicators and characteristics of properties into a single numerical index gives incorrect results. Neglect of these restrictions leads to emergence of inadequate, unsubstantiated scientifically methodological requirements for assessment of the technical condition of power equipment.

KEYWORDS: assessment of technical condition, loss of quality of the object, uniform energy equipment, measurement uncertainty, reliability of evaluation

Введение

Менеджмент генерирующих, сетевых компаний и организации, контролирующие выработку и передачу энергии, заинтересованы в обладании знанием о текущем техническом состоянии объекта и прогнозе этого состояния на ближнюю и дальнюю перспективу. Под «объектом» будем понимать единицу основного установленного оборудования, разукрупняемого, в случае необходимости, на ответственные узлы. Потребность в оценке технического состояния объекта актуальна независимо от того, с какой целью результаты оценки будут использоваться — для планирования ремонтной деятельности, выстраивания технической политики, управления физическими активами или в иных целях.

Сопоставлением терминологии стандартов в области диагностики состояния и оценки качества легко убедиться, что «техническое состояние» является «характеристикой качества объекта». Под качеством понимают «степень соответствия совокупности присутствующих характеристик требованиям» [1]. При этом «качество» в сопоставлении с «техническим состоянием» есть более общее, категориальное понятие и может объединять такие свойства/характеристики объекта как безопасность, надежность, экономичность, паропроизводительность, вес и габаритные размеры, материалоемкость и энергоемкость изготовления, комфортность использования, товарный вид и дру-

гие подобные признаки [2]. Понятие «техническое состояние», являясь частью категории «качество», как правило, объединяет первые три из перечисленных свойств, описывающих жизненно важные характеристики объекта.

Следует полагать, что, как и аналогично принятому подходу в области оценки качества, уровень (количественный показатель) технического состояния должен выявляться после подтверждения выполнения требований, предъявляемых к объекту, как-то: быть безопасным, надежным и эффективным в настоящее время и не ухудшать свои заданные характеристики ниже определенного установленного предела в будущем. Действительно, согласно [3] «техническое состояние объекта выражается совокупностью подверженных изменению его свойств, в определенный момент времени характеризуемой степенью соответствия фактических значений показателей и/или качественных признаков, установленных в эксплуатационных и/или нормативных документах».

Помимо совокупного оценивания свойств в ряде случаев бывает достаточной оценка объекта только по какому-либо одному из его основных свойств, являющемуся преобладающим для потребителя, например, оценка показателей надежности. При этом в подавляющем числе случаев практическую значимость в соответствии с приведенным определением понятия «техническое состояние» имеет именно отклонение выполненной оценки от некоторого оптимального

нормативно-технических документов к определению основных свойств оборудования; игнорирование указанных требований исключает объективность выполненной оценки;

2. Любая методология оценки технического состояния в относительных единицах имеет принципиальное ограничение своей области применения, заключающееся в невозможности использования ИТС сложной технологической системы для адекватных оценки, анализа и управления ее техническим состоянием: удобство оценивания и управления техническим состоянием объекта с помощью единственного безразмерного показателя не тождественно адекватности выполняемой оценки и обоснованности принимаемых решений по оборудованию.

3. Гораздо более значимой для практических приложений является возможность выявления тех свойств объекта, по которым имеет место наибольшая потеря качества, а также возможность анализа причин потери качества объектом по отдельным свойствам, с использованием структурированного перечня «свойство — показатель — внутренний влияющий фактор». Аналогичный подход целесообразно применять к объектам, техническое состояние которых оценивается в абсолютных единицах [17], с учетом того положительного обстоятельства, что потеря качества на высшем уровне иерархии ИФПК_{абс} адекватно отражает техническое состояние объекта в целом.

Выводы

1. Представлена методология оценивания технического состояния единиц однотипного энергетического оборудования, разукрупняемого по иерархическому признаку «свойство — показатель — влияющий фактор» при использовании ограниченного количества исходных данных. Предлагаемая методика может служить эффективным инструментом для выявления значимости отклонений основных свойств оборудования от установленных значений, выявления причин этих отклонений, определения остаточного ресурса оборудования, обоснования отбора на экономической основе отдельных единиц оборудования для улучшения их характеристик.

2. Для реализации предложенного подхода к оценке технического состояния необходима периодически обновляемая база исходных данных по каждой единице оборудования. В настоящее время такая база отсутствует, что уже отмечалось неоднократно. Регулярный сбор и обработку необходимых исходных данных целесообразно вести в генерирующих компаниях и предусмотреть их учет в АРМах отраслевой отчетности по линии Минэнерго РФ.

3. Показано, что представленная методология оценивания технического состояния оборудования имеет ограничения, не позволяющие выполнять достоверные оценку и анализ технического состояния по результатам свертывания значений показателей

и характеристик свойств в единый числовой индекс. Пренебрежение этими ограничениями приводит к появлению неадекватных, не имеющих научной основы методических требований к оценке технического состояния энергетического оборудования. К сожалению, указанные методические требования узаконены Постановлением Правительства РФ и проводятся в жизнь под контролем Минэнерго РФ. Поэтому желательно провести широкое обсуждение методики оценки технического состояния энергетического оборудования, разработанной Минэнерго РФ, с привлечением заинтересованных лиц и организаций.

Список использованных источников

1. ГОСТ ISO 9000-2011 Межгосударственный стандарт. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). Москва: Экономика; 1982.
3. ГОСТ 2.601 - 2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.
4. Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 г. №116 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».
5. Беляев Ю. К., Богатырев В. А., Болотин В. В., Гадасин В. А., Газиев Э. Г., Давтян М. Д. и соавт. Надежность технических систем: Справочник под ред. Ушакова И. А. Москва: Радио и связь; 1985.
6. Техническая инспекция ЕЭС. Проект Правил организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электрических станций и сетей. Москва; 2014.
7. СО 34.20.609-2003 Методические рекомендации по определению нормативной величины затрат на техническое обслуживание и ремонт энергооборудования, зданий и сооружений электростанций; 2003.
8. РД 34.08.552-95 Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования; 1995.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Перевод с англ. Р. Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь; 1993.
10. Приказ Минэнерго РФ от 23.07.2012 г. № 340 «Об утверждении перечня представляемой субъектами электроэнергетики информации, форм и порядка ее представления».
11. http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/protokol_gis_tek.pdf
12. <https://www.gis-tek.ru/>
13. IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity. IEEEStd 762™; 2006.
14. Правительство Российской Федерации. Постановление от 19 декабря 2016 г. №1401 О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей.
15. Грабчак Е. П. Оценка технического состояния энергетического оборудования в условиях цифровой экономики. Надежность и безопасность энергетики. 2017; 10(4): 268–274.
16. ГОСТ Р 54500.3 – 2011 / Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Не-

определенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.

17. Римов А. А., Чуканова Т. И., Трофимов Ю. В. Практическое применение методологии бенчмаркинга для повышения надежности и экономичности энергоустановок и основного тепломеханического оборудования ТЭС. Надежность и безопасность энергетики. 2016; 1(32): 6–11.

References

1. GOST ISO 9000-2011 Interstate Standard. Quality management systems. Basic provisions and vocabulary.
2. Azgaldov G. G. Theory and practice of assessing the quality of goods (the basis of qualimetry). Moscow: Economics; 1982. (In Russ.)
3. GOST 2.601-2006 Unified system of design documentation. Operational documents. (In Russ.)
4. Order of Rostekhnadzor of 25.03.2014. №116 On the approval of federal norms and regulations in the field of industrial safety "Industrial safety rules for hazardous industrial facilities, which use equipment operating under excessive pressure." (In Russ.)
5. Belyaev Yu. K., Bogatyrev V. A., Bolotin V. V., Gadasin V. A., Gaziev E. G., Davtyan M. D. et al. Reliability of technical systems: A Handbook edited by Ushakov I. A. Moscow: Radio and Communication; 1985. (In Russ.)
6. Technical inspection of the EES. Draft Rules for the Organization of Maintenance and Repair of Equipment, Buildings and Structures of Power Stations and Networks. Moscow; 2014. (In Russ.)
7. CO 34.20.609-2003 Methodical recommendations for determining the normative value of costs for maintenance and repair of power equipment, buildings and structures of power plants. (In Russ.)
8. РД 34.08.552-95 Methodical instructions for drawing up a report of the power plant and the joint stock company of energy and electrification on the thermal economy of equipment. (In Russ.)
9. T. Saati. Making decisions. The method of analyzing hierarchies. Translation from English by R. G. Vachnadze. Moscow: Radio and Communication; 1993. (In Russ.)
10. Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of 23.07.2012 №340 "On approval of the list of information provided by electricity entities, the forms and order of its presentation." (In Russ.)
11. http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/protokol_gis_tek.pdf.
12. <https://www.gis-tek.ru/>
13. IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity. IEEEStd 762™; 2006.
14. The Government of the Russian Federation. Decree of December 19, 2016 No. 1401 On the comprehensive determination of indicators of the technical and economic status of power facilities, including indicators of physical wear and energy efficiency of electric grid facilities, and on the monitoring of such indicators. (In Russ.)
15. Grabchak E. P. Assessment of technical condition of power equipment in conditions of digital economy. Safety and Reliability of Power Industry. 2017; 10(4): 268–274. (In Russ.)
16. ISO / IEC GUIDE 98-3: 2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995).
17. Rimov A. A., Chukanova T. I., Trofimov Yu. V. Practical application of the benchmarking methodology to increase the reliability and economy of power plants and the main thermal mechanical equipment of TPP. Safety and Reliability of Power Industry. 2016; 1(32): 6–11. (In Russ.)



DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-143-148
УДК 621.311

Оптимизация работ по отбору проб газа из газового реле трансформаторов

Высогорец С. П.

ФГАОУ ДПО "ПЭИПК"

ул. Авиационная, д. 23, 196135, г. Санкт-Петербург, Россия

Поступила / Received 11.01.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Проведение качественного отбора и анализа проб газа и масла после срабатывания газовой защиты является важным элементом в эксплуатации трансформатора, в принятии оперативного решения о допустимости его ввода в работу после аварийного отключения. Существующие традиционные системы отбора, хранения и транспортировки проб газа из газового реле имеют ряд существенных недостатков. При этом, применяемые в настоящее время устройства для отбора газа зачастую не обеспечивают представительность проб, а также, согласно установленным правилам, неудобны при отборе и проверке на «горючесть».

Для решения вышеуказанной проблемы на базе лаборатории физико-химического и хроматографического анализа управления диагностики филиала ПАО «МРСК Северо-Запада» проведено исследование ряда современных технологий, возможных к применению для отбора, транспортировки и хранения проб газа. В экспериментальном исследовании использовались газоплотные пакеты производства SKC США объемом 0,5 л (модели №237-02 и №232-02, отличающиеся конструкцией пробоотборной системы) и производства Elchrom Россия объемом 0,5 л (модель EL-PAK G-300). Экспериментальные работы по исследованию газоплотных пакетов проведены в два этапа. В первом этапе проводилась оценка газоплотности при комнатной температуре, во втором этапе изучалось влияние на газоплотность пакетов отрицательных температур.

В ходе экспериментальных исследований подтверждена возможность применения современных технологий отечественного и зарубежного производства для отбора, хранения и транспортировки проб газа, отобранного из газового реле трансформатора. Исследованные модели газоплотных пакетов допустимо использовать для отбора, хранения и транспортировки проб газа, как при положительной температуре окружающего воздуха, так и при пониженной температуре — до минус 15–18°C (влияние более низких температур хранения не исследовалось). С целью определения возможности многократного использования газоплотных пакетов предложено продолжить проведение экспериментальных исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отбор, проба, газоплотный пакет, исследование, газовое реле

Адрес для переписки:

Высогорец С. П.
ФГАОУ ДПО "ПЭИПК",
ул. Авиационная, д. 23, 196135, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: s-151075@yandex.ru

Address for correspondence:

Vysogorets S. P.
PEIPK, street Aviation, 23, St. Petersburg, 196135, Russia
e-mail: s-151075@yandex.ru

Для цитирования:

Высогорец С. П. Оптимизация работ по отбору проб газа из газового реле трансформаторов. Надежность и безопасность энергетики. 2018, – Т. 11, №2, – С. 143–148
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-143-148.

For citation:

Vysogorets S. P. [Optimization of gas sampling from the gas relay of transformer]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 143–148 (in Russian)
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-143-148.

Optimization of work on taking gas samples from transformer gas relays

Vysogorets S. P.

«PEIPK»

St. Aviation, 23, 196135, St. Petersburg, Russia

Quality taking and analysis of gas and oil samples upon actuation of gas protection is an essential component of transformer operation, in making a prompt decision on its admissibility to operation after an emergency shutdown. Existing conventional systems for taking, storage and transportation of gas samples from gas relays have a number of significant drawbacks. At the same time, the devices in use at present often fail to ensure the representative nature of samples; besides, when used in line with established rules, they are inconvenient in sampling and “combustibility” checks.

To solve the aforesaid problem, a study has been performed at the facilities of the physical-chemical and chromatographic analysis laboratory of the diagnostics directorate of the branch of PJSC “IDGC of North-West” on a number of advanced technologies that could be used for taking, transportation and storage of gas samples. In the experimental study, 0.5 l gas-tight bags made by SKC (USA) (models No.237-02 and No.232-02, differing in the design of the sampling system) and 0.5 l bags made by Elchrom (model EL-PACK G-300) were used. Experimental work on examination of gas-tight bags was carried out in two stages. At the first stage, gas-tightness was assessed at room temperature, and at the second stage, the effect of negative temperatures on gas-tightness was investigated.

In the course of the experimental studies, the feasibility was confirmed of using advanced Russian and foreign technologies for taking, storage and transportation of gas samples from transformer gas relays. The models of gas-tight bags under investigation are found to be appropriate for taking, storage and transportation of gas samples, both at positive temperatures of the ambient air, and at temperatures as low as minus 15–18°C (the effects of still lower temperatures was beyond the scope of the study). To establish the feasibility of repeated use of gas-tight bags, it is proposed to continue experimental studies.

KEYWORDS: sampling, sample, gas-tight bag, study, gas relay

Введение

Характер внутреннего повреждения трансформатора с большой вероятностью определяется на основании результатов полного анализа газа из газового реле, при этом данные анализа масла и внешнего осмотра трансформатора служат дополнительным подтверждением наличия внутреннего повреждения [1]. Проведение качественного отбора и анализа проб газа и масла после срабатывания газовой защиты является важным элементом в эксплуатации трансформатора, в принятии оперативного решения о допустимости его ввода в работу после аварийного отключения [2]. Существующие традиционные системы отбора, хранения и транспортировки проб газа из газового реле имеют ряд существенных недостатков [3], что ставит задачу поиска новых современных технологий, позволяющих повысить не только достоверность результатов измерений, но и снизить трудоемкость процедур отбора, транспортировки, а анализа проб газа.

Традиционный подход при организации отбора проб газа из газового реле трансформаторов

При срабатывании газовой защиты трансформатора на сигнал или отключении необходимо обеспечить отбор пробы газа для оценки его горючести по месту установки трансформатора и пробы газа для определения его компонентного состава и условий выделения (в рав-

новесных или неравновесных условиях) в стационарной лаборатории хроматографическим методом [4–6].

Как правило, на энергопредприятиях для анализа газа на горючесть в полевых условиях отбор производится в волейбольной камере с последующим поджигом при помощи, например, горячей лучины. Ранее ряд заводов изготовителей в состав ЗИП при поставке трансформаторов включали волейбольные камеры (рисунок 1, б), что было удобно для организации эксплуатации трансформаторов в аварийной ситуации. На сегодняшний день волейбольные камеры сняты с производства, современные маслonaполненные трансформаторы не содержат в составе ЗИП систем отбора газа для проверки на горючесть, при этом современная нормативная база не содержит требований к данным системам отбора, обеспечивающим представительность отобранной пробы газа.

Следует отметить, что характер внутреннего повреждения трансформатора с большой вероятностью определяется на основании результатов полного анализа газа из газового реле [5], при этом данные анализа масла и внешнего осмотра трансформатора служат дополнительным подтверждением наличия внутреннего повреждения. Решение же о возможности дальнейшей временной эксплуатации трансформатора, после срабатывания газовой защиты на сигнал или отключение, принимается на основании анализа растворенных в масле газов [5].

Для определения компонентного состава газа, ото-

производства SKC США объемом 0,5 л и производства Elchrom Россия объемом 0,5 л.

2. Исследованные модели ГП допустимо использовать для отбора, хранения и транспортировки проб газа, как при положительной температуре окружающего воздуха, так и при пониженной температуре, но не ниже минус 15–18°C (влияние более низких температур хранения не исследовалось).

3. С целью определения возможности многократного использования ГП целесообразно продолжить проведение экспериментальных исследований.

Список использованных источников

1. Силовые трансформаторы: справочная книга под ред. С. Д. Лизунова, А. К. Лоханина. Москва: Энергоиздат 2004; 1–616.

2. Пособие для изучения Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей (электрическое оборудование) под общ. ред. Ф. Л. Когана. Москва: Изд-во НЦ ЭНАС 2007; 1–352.

3. Высогорец С., Дарьян Л., Образцов Р., Осипов Л. Аварийный набор для газовой защиты трансформатора. Журнал «Электроэнергия. Передача и распределение» 2015; 5 (32): 106–111.

4. РД 153-34.0-35.518-2001. Инструкция по эксплуатации газовой защиты. Москва: СПО ОРГРЭС 2001; 1–45.

5. РД 34.46.502. Инструкция по определению характера внутренних повреждений трансформаторов по анализу газа из газового реле». Москва: Главтехуправление 1979; 7.

6. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в масле. Москва: Технорматив 2007; 1–30.

7. Инструкция по отбору проб трансформаторных масел. Утверждена приказом филиала ОАО «МРСК Северо-Запада» «Комиэнерго» от 10.09.2012 №469. Сыктывкар 2012; 1–45.

8. РД 34.46.501 (СО 153-34.46.501). Инструкция по эксплуатации трансформаторов. И72: Фуфурин Н. П. 2е изд. перераб. и доп. Москва: Энергия 1978; 1–80.

9. Дарьян Л. А., Коробейников С. М., Бычков А. Л. Моделирование утечки газов из пробоотборных емкостей с гибкой оболочкой. ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность 2013; 1; 28–31.

10. МКХА 03-03. Методика количественного хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле и определение общего газосодержания дегазированного масла. Часть 1. Определение диагностических газов, растворенных в трансформаторном масле, 2003 (Свидетельство об аттестации МВИ №2420/150-03 от 22.05.2003); 20.

References

1. Power transformers: a reference book. Ed. S. D. Lizunov, A. K. Lokhanin. Moscow: Energoizdat 2004; 1–616.

2. A manual for the study of the Rules for the Technical Exploitation of Electric Stations and Networks (electrical equipment). ed. by F. L. Kogan. Moscow: NC ENAS 2007; 1–352.

3. Vysogorets S., Daryan L., Obraztsov R., Osipov L. Emergency set for gas protection of the transformer. Magazine "Electricity. Transmission and Distribution" 2015; 5 (32): 106–111.

4. РД 153-34.0-35.518-2001. Instruction for exploitation of gas protection. Moscow: SPO ORGRES 2001; 1–45.

5. РД 34.46.502. Instruction for determining the nature of transformers internal damages by analyzing gas from a gas relay. Moscow: Glavtechupravlenie 1979; 1–7.

6. РД 153-34.0-46.302-00. Methodical instructions for the diagnosis of developing defects in transformer equipment based on chromatographic analysis of gases dissolved in oil. Moscow: Technormativ 2007; 1–30.

7. Instruction for sampling of transformer oils. Approved by the decree of the "Komienergo" branch of JSC "IDGC of the North-West" from 10.09.2012 №469. Syktyvkar 2012; 1–45.

8. RD 34.46.501 (SO 153-34.46.501). The instruction on transformers exploitation. I72 Compiled by: Fufurin N. P. 2nd ed. Moscow: Energia 1978; 1–80.

9. Daryan L. A., Korobeinikov S. M., Bychkov A. L. Modeling of as leakage from sampling containers with a flexible shell. ELEKTRO. Electrical engineering, electric power industry, electrotechnical industry 2013; 1: 28–31.

10. МКХА 03-03. Methodics for quantitative chromatographic analysis of gases dissolved in transformer oil and determination of the total gas content of degassed oil. Part 1. Determination of diagnostic gases dissolved in transformer oil, 2003 (Certificate of attestation of МВИ No. 2420 / 150-03 from 22.05.2003); 1–20.



ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-149-153

УДК 697.1:699.86

Надежное и безопасное теплоснабжение жилых зданий в переходных климатических условиях

Самарин О. Д.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Ярославское ш. 26, 129337, Москва, Россия

Поступила / Received 15.01.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Рассмотрена простейшая схема теплоснабжения жилых зданий с зависимым присоединением к наружным теплосетям, обеспечивающая надежность теплоподачи и необходимую комфортность в помещениях в условиях похолоданий после официального окончания отопительного сезона или до его начала за счет подачи воды из обратной магистрали теплосети после теплообменников горячего водоснабжения. Проанализированы основные уравнения, связывающие теплоотдачу системы отопления с температурой воды в магистралях, температурой внутреннего воздуха и характеристиками отопительных приборов и осуществлен обзор возможных способов регулирования теплоподачи вблизи начала и конца отопительного периода с учетом требований действующих нормативных документов Российской Федерации. Проведены расчеты, позволяющие определить величину основных составляющих теплового баланса жилого здания на примере одного из используемых в настоящее время типовых проектов в климатических условиях Москвы с учетом конструктивных характеристик здания и уровня его заселенности. Дан анализ полученных результатов и сделаны выводы относительно целесообразности применения рассматриваемой схемы. Установлено, что фактическая теплоотдача системы отопления при использовании в качестве источника теплоты охлажденной сетевой воды после теплообменников горячего водоснабжения позволяет поддерживать внутреннюю температуру в здании, требуемую для безопасной жизнедеятельности, при среднесуточной температуре наружного воздуха выше +2°C в условиях средних теплопоступлений от солнечной радиации. Показано, что применение рассматриваемой схемы практически не сопровождается дополнительными затратами, обеспечивает гидравлическую устойчивость системы отопления и дает общесистемный эффект в виде повышения выработки электроэнергии на тепловом потреблении при использовании когенерации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: надежность и безопасность теплоснабжения, отопительный сезон, температура, теплозатраты, горячее водоснабжение, теплообменник, расход воды

Адрес для переписки:

Самарин О. Д.
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
Ярославское ш. 26, 129337, г. Москва, Россия
e-mail: samarin-oleg@mail.ru

Для цитирования:

Самарин О. Д. Надежное и безопасное теплоснабжение жилых зданий в переходных климатических условиях. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11, №2. – с. 149–153
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-149-153.

Address for correspondence:

Samarin O. D.
National Research Moscow State University of Civil Engineering
Yaroslavskeye shosse, 26, 129337, Moscow, Russia
e-mail: samarin-oleg@mail.ru

For citation:

Samarin O. D. [Secure and safe heat supply of residential buildings during transitional climatic conditions]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 149–153 (in Russian)
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-149-153.

Secure and safe heat supply of residential buildings during transitional climatic conditions

Samarin O. D.

National Research Moscow State University of Civil Engineering
Yaroslavskoye shosse, 26, 129337, Moscow, Russia

An elementary arrangement of a heat supply of residential buildings with direct connection to external heating systems is considered, providing reliability of heat supply and comfort required in indoor premises in case of cold snaps after the official closure of the heating season, or before the beginning of the same, by supplying water from the return main of the heating system after the hot water heat exchangers. The basic equations are analyzed relating the heat transfer to the heating system with water temperature in the manifold, the inside air temperature and the characteristics of the heaters, with a review of possible methods of regulating the heat supply near the beginning and the end of the heating period provided taking into account requirements of normative documents of the Russian Federation. Calculations are performed to determine the amount of the main components of the heat balance of a residential building on the example of one of the standard projects used currently in the climatic conditions of Moscow taking into account the constructive structural characteristics of the building and its occupancy level. Analysis of the obtained results and conclusions regarding the appropriateness of the application of this arrangement are provided. It is established that the actual heat output of the heating system when using a chilled water network down-stream the hot water supply heat exchangers as a heat source enables to maintain the safe indoor temperature in the building, with the average daily temperature of outdoor air above +2° C in conditions of moderate amount of heat received with solar radiation. It is shown that the use of this arrangement is virtually not accompanied by additional costs, provides hydraulic resistance of the heating system and gives a system-wide effect in the form of higher electricity generation at thermal consumption when using cogeneration.

KEYWORDS: reliability and safety of heat supply, heating season, temperature, heat expenditures, hot water supply, heat exchanger, water flow rate

Введение и обзор литературы

Обеспечение надежности и безопасности теплоснабжения, в первую очередь для жилых зданий как объектов с постоянным пребыванием людей, в сочетании с поддержанием необходимого уровня комфортности параметров внутреннего микроклимата в помещениях является первоочередной задачей в соответствии с требованиями Федерального закона №384-ФЗ «Технический регламент "О безопасности зданий и сооружений"». Одновременно следует добиваться максимально возможного энергосбережения, в том числе за счет рационального выбора режимов подачи теплоты, регулирования и управления теплоснабжением и сокращения бесполезных теплопотерь. Это особенно актуально в настоящее время, в условиях действия Закона РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» №261-ФЗ. Поэтому недопустимы как недостаточная, так и избыточная теплоподача в помещения здания.

В течение холодного периода года рассматриваемая проблема решается путем регулирования температуры теплоносителя на источнике теплоты по соответствующему графику температуры в зависимости от текущих погодных условий. Дополнительные меры по совершенствованию такого регулирования предлагались в последнее время рядом авторов, как отечественных, так и зарубежных [1–8]. Но основные сложности в этом случае возникают в переходных условиях, вблизи момента начала и окончания отопительного сезона. В

работе [9] автором исследовался вопрос об имеющем место в ряде случаев слишком позднем прекращении либо раннем начале теплоподдачи, что бывает не обоснованным с точки зрения фактических наружных температур и приводит к сопутствующему перерасходу тепловой энергии. Однако нельзя не признать, что в ряде случаев опасения, связанные с нестабильностью климатических параметров и возможностью резкого похолодания могут быть оправданными, что подтвердилось в Москве в мае 2017 года. Тем не менее, следует иметь в виду, что даже в летний период подавляющее большинство жилых многоквартирных зданий продолжает централизованно снабжаться теплотой на нужды горячего водоснабжения (ГВС), которое занимает в энергетическом балансе весьма значительную величину — около 1/4 [10].

Постановка задачи и методы решения

Покажем, как можно использовать остаточную теплоту охлажденной сетевой воды после теплообменников ГВС для обеспечения отопления зданий после окончания официального отопительного сезона в случае такой необходимости. Заметим при этом, что данный источник, по сути, является «даровым» и, более того, повышает эффективность ТЭЦ, увеличивая выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

Рассмотрим данную задачу на примере секции жилого здания серии ПЗ-1/16, рассмотренного в [10]. Определим вначале составляющие его энергетического баланса в соответствии с требованиями и методикой

нительных затрат, поскольку используется «бросовая» теплота охлажденной в теплообменнике воды, а также дает общесистемный эффект в виде повышения выработки электроэнергии на ТЭЦ на тепловом потреблении.

Список использованных источников

1. Ротов П. В., Орлов М. Е., Шарапов В. И., Сивухин А. А. Повышение эффективности работы централизованных систем теплоснабжения за счет применения теплонасосных установок. *Промышленная энергетика*. 2014; 7: 27–31.
2. Шарапов В. И. О некоторых аспектах технической политики в теплоснабжении. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2013; 5: 9–12.
3. Голобородько И. Е., Козлов С. А., Гудко А. Н. Дискуссия: конденсационные котлы и низкотемпературный график в системах отопления. *Журнал «СОК»*. 2016; 1: 26–30.
4. Шарапов В. И., Орлов М. Е., Кунин М. В. Анализ надежности комбинированных теплофикационных систем. *Надежность и безопасность энергетики*. 2014; 3: 16–20.
5. Hani Allan, Koiv Teet-Andrus. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings. *Smart Grid and Renewable Energy*. 2012; 3: 231–238.
6. Kilkis I. B. Technical issues in low to medium-temperature district heating. *International Journal of Global Energy Issues*. 2002; 1–2(17): 113.
7. Paiho S., Abdurafikov R., Hoang H. Cost analyses of energy-efficient renovations of a Moscow residential district. *Sustainable Cities and Society*. 2015; 1(14): 5–15.
8. Gabrielaitiene I. Numerical simulation of a district heating system with emphases on transient temperature behavior. *Proceedings of the 8th International Conference «Environmental Engineering»*. Vilnius: VGTU Publishers, 2011; 2: 747–754.
9. Самарин О. Д. Об обоснованном определении границ отопительного сезона. *Жилищное строительство*. 2017; 1–2: 33–35.
10. Самарин О. Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. – М.: Изд-во АСВ. 2014. 296 с.
11. Гагарин В. Г., Козлов В. В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зда-

ний» Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013; 31–2(50): 468–474.

References

1. Rotov P. V., Orlov M. E., Sharapov V. I., Sivukhin A. A. The increase of efficiency of operation of centralized heat supply systems by using heat pump units. *Industrial power-engineering*. 2014; 7: 27–31. (In Russ.)
2. Sharapov V. I. On some aspects of the technical policy in the heat supply. *Energy saving and water treatment*. 2013; 5: 9–12. (In Russ.)
3. Goloborod'ko I. E., Kozlov S. A., Gudko A. N. Discussion: sweating boilers and low-temperature schedule in heating systems. *Sanitary engineering. Heating. Air conditioning*. 2016; 1: 26–30. (In Russ.)
4. Sharapov V. I., Orlov M. E., Kulin M. V. The analysis of safety of combined district heating systems. *Safety and reliability of power engineering*. 2014; 3: 16–20. (In Russ.)
5. Hani Allan, Koiv Teet-Andrus. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings. *Smart Grid and Renewable Energy*. 2012; 3: 231–238. (In Eng.)
6. Kilkis I. B. Technical issues in low to medium-temperature district heating. *International Journal of Global Energy Issues*. 2002; 1–2(17): 113. (In Eng.)
7. Paiho S., Abdurafikov R., Hoang H. Cost analyses of energy-efficient renovations of a Moscow residential district. *Sustainable Cities and Society*. 2015; 1(14): 5–15. (In Eng.)
8. Gabrielaitiene I. Numerical simulation of a district heating system with emphases on transient temperature behavior. *Proceedings of the 8th International Conference «Environmental Engineering»*. Vilnius : VGTU Publishers, 2011; 2: 747–754. (In Eng.)
9. Samarin O. D. On substantiated definition of heating season boundaries. *Residential construction*. 2017; 1–2: 33–35. (In Russ.)
10. Samarin O. D. Thermal physics. Energy saving. Energy efficiency. Moscow: ASV Publishers. 2014. 296 p. (In Russ.)
11. Gagarin V. G., Kozlov V. V. About rationing thermal protection requirements and energy consumption for heating and ventilation in the project version of the updated SNIP "Thermal Protection of Buildings". *Papers of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture*. 2013; 31–2(50): 468–474. (In Russ.)



DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-154-160
УДК 621.315.1

О внедренной в Республике Беларусь системе обеспечения электробезопасности при проведении работ на линиях электропередачи 35 – 750 кВ, находящихся под наведенным напряжением

Драко М. А.^{1*}, Короткевич А. М.¹, Поршнева В. Н.²

¹ РУП “Белэнергосетьпроект”

1-й Твердый пер., 5, 220037, г. Минск, Республика Беларусь

² ГПО “Белэнерго”

ул. К. Маркса, 14, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила / Received 20.04.2018

Принята к печати / Accepted for publication 04.06.2018

Рассмотрены вопросы физики взаимодействия параллельно следующих воздушных линий электропередачи. Приведены случаи, когда при сближении отключенной и действующей ВЛ на отдельных участках ожидаются максимальные значения наведенного напряжения.

Указаны возможные варианты прикосновения к незаземленному проводу (тросу) ВЛ при нормальном режиме работы. Приведено обоснование пересмотра перечня линий, при отключении и заземлении которых по концам (в распределительном устройстве подстанций и станций) на заземленных проводах значение наведенного напряжения, пересчитанное к наибольшему длительно допустимому току влияющей ВЛ, превышает 25 В.

Выделены критерии, в соответствии с которыми ВЛ можно отнести к находящимся под наведенным напряжением. Рассмотрены организационные и технические мероприятия, применяемые для обеспечения безопасного производства работ под наведенным напряжением на отключенных воздушных линиях электропередачи (ВЛ), находящихся в зоне влияния действующих ВЛ.

Детально описаны применяемые в ГПО “Белэнерго” типы заземления ВЛ, линейного оборудования, рабочего участка и рабочих мест. Проанализирован математический аппарат, используемый для аналитического расчета значений наведенного напряжения. Рассмотрена техническая реализация возможных схем проведения ремонтных и эксплуатационно-профилактических работ по условиям заземления отключенных ВЛ.

Предложено и внедрено проведение геофизических изысканий грунта методом вертикального электрического зондирования в местах монтажа специальных низкоомных заземлителей. Разработана и апробирована методика выполнения измерений значений наведенного напряжения, устанавливающая порядок выполнения измерений наведенного напряжения на отключенных ВЛ, проходящих вблизи действующих ВЛ напряжением 110 кВ и выше.

Проведен сравнительный анализ результатов аналитических расчетов и экспериментальных исследований. Сделаны выводы о правильности подхода и целесообразности применяемой в Республике Беларусь системы обеспечения электробезопасности при проведении работ на линиях электропередачи 35 – 750 кВ, находящихся под наведенным напряжением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: напряжение, электробезопасность, незаземленный провод, линейное оборудование, специальный заземлитель

Адрес для переписки:

Драко М. А.

РУП “Белэнергосетьпроект”

1-й Твердый пер., 5, 220037, г. Минск, Республика Беларусь,

e-mail: drako.mikhail@mail.ru

Address for correspondence:

Drako M. A.

RUP BELENERGOSETPROEKT

1st Tverdy pereulok, 5, 220037, Minsk, The Republic of Belarus,

e-mail: drako.mikhail@mail.ru

Для цитирования:

Драко М. А., Короткевич А. М., Поршнева В. Н. О внедренной в Республике Беларусь системе обеспечения электробезопасности при проведении работ на линиях электропередачи 35 – 750 кВ, находящихся под наведенным напряжением. *Надежность и безопасность энергетики*. 2018. – Т. 11, №2. – С. 154–160

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-154-160.

For citation:

Drako M. A., Korotkevich A. M., Porshnev V. N. [On the system of ensuring electrical safety of maintenance works performed on 35 – 750 kV power transmission lines being under induced voltage implemented in the Republic of Belarus]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 149–160 (in Russian)

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-154-160.

On the system of ensuring electrical safety of maintenance works performed on 35 – 750 kV power transmission lines being under induced voltage implemented in the Republic of Belarus

Drako M. A.^{1*}, Korotkevich A. M.¹, Porshnev V. N.²

¹ Scientific Research and Design Republican Unitary Enterprise Belenergosetproekt (RUP BELENERGOSETPROEKT)
1st Tverdy pereulok, 5, 220037, Minsk, The Republic of Belarus.

² State Production Association electricity "Belenergo"
ul. Karl Marx, 14, 220030, Minsk, The Republic of Belarus

The article studies the matters of physics of interaction of parallel overhead power transmission lines.

Cases are presented, where the maximum induced voltage values are expected on individual sections of closely approaching de-energized and energized power transmission lines.

Possible scenarios are presented of direct contact with an unearthed conductor (wire) of OPL in the normal operation mode. Substantiation is presented of review of the list of the lines, which, when de-energized or earthed at terminal sections (in the switchgear of substations and power plants) have the values of induced voltage on the earthed conductors, as reduced to the maximum permissible continuous current of the affecting OPL, exceeding 25 V.

Criteria are identified to classify OPL as being affected by induced voltage. The article considers organizational and technical procedures applied to provide safe maintenance works under induced voltage on de-energized overhead power lines (OPL) located within an area affected by energized OPL.

Attention is given to the detailed description of types of earthing of OPL, line equipment, working section and workplaces used by State Production Association Belenergo. The mathematical apparatus used in the analytical calculations of the induced voltage values has been analyzed.

The technical implementation of acceptable schemes of performing the repair and maintenance works on the earthing of de-energized OPL is considered.

Performing geophysical ground survey by the method of vertical electrical sounding at places of mounting special low-resistance earthing electrodes is proposed and implemented.

The methodology is developed and tested for measuring induced voltage values, which sets the order of induced voltage measurements on de-energized OPL running close to energized OPL with the voltage 110 kV, and higher. Comparative analysis is presented of results of analytical calculations and experimental research.

Conclusions are made supporting the approach adopted and confirming the expediency of the system of ensuring electrical safety of maintenance works performed on 35–750 kV power transmission lines being under induced voltage implemented in the Republic of Belarus.

KEY WORDS: Voltage, electrical safety, unearthed conductor, line equipment, special earthing electrode

Введение

В процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛ) периодически возникает необходимость проведения работ по их ремонту и техническому обслуживанию. С точки зрения вероятности поражения электрическим током наибольшую опасность представляют собой работы под наведенным напряжением, к которым относятся работы, выполняемые с прикосновением к токоведущим частям, находящимся под наведенным напряжением или на расстояниях от этих токоведущих частей менее допустимых [1].

Проблемам безопасной организации работ на воздушных линиях электропередачи, находящихся под наведенным напряжением, посвящен ряд современных исследований российских авторов [2–4].

В настоящее время в РФ работы на ВЛ, находящейся под наведенным напряжением, разрешаются силами только одной бригады. При этом работы проводятся на ВЛ как с разземлением по концам ВЛ и заземлением в месте проведения работы, так и с заземлением по концам ВЛ.

Отличительной особенностью Белорусской энерго-

системы в вопросе обеспечения электробезопасности работ под наведенным напряжением является то, что в РБ используется подход, в основе которого лежит расчетный метод определения наведенного напряжения и разработки системы организационных и технических мероприятий для безопасного производства таких работ на основе расчета потенциальных характеристик проводов отключенных ВЛ, находящихся в зоне влияния действующих ВЛ.

Внедрение разработанных на основе этого метода технических мероприятий в сочетании с проведением дальнейших натурных проверочных замеров обеспечивает возможность одновременной работы на ВЛ нескольких бригад, что существенно ускоряет проведение ремонтных и эксплуатационных работ.

Основная часть

Физика взаимодействия параллельно следующих ВЛ обуславливается двумя основными факторами влияния: электростатической (зависит только от рабочего напряжения влияющей ВЛ) и электромагнитной

2. Шарандин А. А. Наведенное напряжение и защита от него. Москва: Энергопрогресс, 2016; 1–40.
3. Вантеев А. И. Вопросы безопасной организации работ на воздушных линиях электропередачи. Москва: Энергопрогресс; 2014; 1–84.
4. Целебровский Ю. В. Безопасность работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением. Реальные опасности и методики измерения напряжений. Новости электротехники. 2009; 1(55): 54–57.
5. Михайлов М. И., Разумов Л. Д., Соколов С. А. Электромагнитные влияния на сооружениях связи. Москва: Связь; 1979; 1–264.
6. Глушко В. И., Ямный О. Е., Ковалев Э. П., Науменок Н. А. Расчет наведенного напряжения на линиях электропередачи и обеспечение безопасности работ на этих линиях. Электричество. 1997; 8: 13–18.
7. Драко М. А., Короткевич А. М., Ковалев Э. П. О необходимости вертикального электрического зондирования в местах установки опор ВЛ 35–750 кВ. Энергетическая стратегия. 2015; 1(43): 25–27.
8. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловых и аккумуляторных, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний. ТКП 339-2011. Минск: Минэнерго; 2011; 1–601.
9. Бокхан Н. В., Глушко В. И., Ковалев Э. П., Ямный О. Е. Безопасное производство работ на ВЛ под наведенным напряжением. Техника безопасности. 2007; 3: 31–32.
10. Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ. СТО 56947007-29.240.55.018-2009. Москва: ФСК ЕЭС; 2008; 1–27.

References

1. Technical safety rules in the operation of electrical installations. Technical code of common practice 427-2012. Minsk: Minskenergo; 2013; 1–148. (In Russ.)
2. Sharandin A. A. Induced voltage and voltage protection. Moscow: Energoprogress; 2016; 1–40. (In Russ.)
3. Vantejev A. I. Problems of safe organization of works on overhead power lines. Moscow: Energoprogress; 2014; 1–84. (In Russ.)
4. Tselebrovsky U. V. Safety of works on OPL under the induced voltage. Actual danger and voltage measurement methods. News of electrical engineering. 2009; 1(55): 54–27 (In Russ.)
5. Mikhailov M. I., Razumov L. D., Sokolov S. A. Electromagnetic influence on communication buildings. Moscow: Communication; 1979; 1–264. (In Russ.)
6. Glushko V. I., Yamney O. E., Kovalev E. P., Naumenok N. A. Calculation of the induced voltage on the electric lines and provision of safety work on these lines. Electricity. 1997; 8: 13–18. (In Russ.)
7. M. A. Drako, A. M. Korotkevich, E. P. Kovalyov The necessity of vertical electrical sounding of 35–750 kV support mounting location. Energy strategy. 2005; 1(43): 25–27. (In Russ.)
8. Electrical installations with voltage level up to 750 kV. Overhead electric lines and conductors, switching and transformer substations, electrical power and accumulator installations, electrical power installations of public facilities. Rules for design and electrical safety protection. Electricity metering. Acceptance test regulations: technical code of common practice 339-2011. Minsk: Minskenergo; 2011; 1–601. (In Russ.)
9. Bokhan N. V., Glushko V. I., Kovalev E. P., Yamney O.E. Safe work on power lines under the induced voltage. Labour safety. 2007; 3: 31–32. (In Russ.)
10. The methodology guidelines to define the induced voltage on de-energized overhead electric lines, which are situated near the acting OPL: industry standard 56947007-29.240.55.018-2009. Moscow: FSK EES; 2008; 1–27. (In Russ.)



ДИСКУССИИ, ПРОБЛЕМЫ, МНЕНИЯ

DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-161-166

УДК 621.1.018.4

Бесперспективность использования детандер-генераторных агрегатов на тепловых электростанциях

Куличихин В. В.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Красноказарменная ул., 14, 111250, г. Москва, Россия

Поступила / Received 12.06.2018

Принята к печати / Accepted for publication 21.06.2018

В западно-европейских странах нашли определенное применение так называемые детандер-генераторные агрегаты (ДГА). В них используется перепад давления природного газа (ПГ), поступающего на энергетический или промышленный объект, который ранее терялся в дроссельных устройствах газораспределительного пункта (ГРП) этих объектов. Мощность таких агрегатов, например, в Германии составляет всего лишь от нескольких десятков до нескольких сотен киловатт. При этом выгода для их владельцев заключается в получении в соответствии с законом ФРГ надбавок к стоимости отпущенной потребителям электроэнергии. Однако условия хозяйствования в России несколько другие.

По мнению автора статьи наличие небольшого количества ДГА в энергетике России, факты вывода их из эксплуатации объясняются недоказанностью термодинамической и технико-экономической эффективности ДГА и даже ухудшением экономических показателей объекта внедрения. Кроме того, на этих объектах должны быть обеспечены определенные и существенные условия. К ним относятся сравнительно высокое значение начального давления ПГ на входе в ДГА, его существенный расход и возможность нагрева ПГ на входе в ДГА. Такая необходимость нагрева ПГ перед ДГА обусловлена, с одной стороны, желанием увеличения мощности ДГА, а, с другой стороны, соблюдением требований завода-изготовителя ДГА на уровень температур перед и после ДГА. При отсутствии необходимого источника теплоты соответствующих параметров на объекте применение ДГА вообще оказывается невозможным. Интерес к ДГА возник в России в связи с сооружением и вводом в эксплуатацию на ТЭЦ-21, а затем и на ТЭЦ-23 Мосэнерго двух энергокомплексов с двумя ДГА в каждом с единичной мощностью 5 МВт. За прошедшее время на основании проведенных исследований, в основном расчетного типа, опубликовано большое число статей и защищено диссертаций. Однако в них не были рассмотрены для реального детандера вопросы влияния отношения абсолютного электрического КПД $\eta_{\text{э}}$ КЭС и/или ТЭЦ к относительному электрическому КПД детандера $\eta_{\text{оэ}}$, степени расширения ПГ δ в ДГА, не были определены условия, при которых нагрев ПГ перед ДГА целесообразен, что предопределяет экономичность ТЭС, на которых предполагается установка ДГА.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДГА, нагрев ПГ, степень расширения ПГ, абсолютный электрический КПД КЭС и/или ТЭЦ, относительный электрический КПД ДГА, эффективность

Адрес для переписки:

Куличихин В. В.
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Красноказарменная ул., 14, 111250, г. Москва, Россия
E-mail: KulichikhinVV@mpei.ru

Address for correspondence:

Kulichikhin V. V.
National Research University "Moscow Power Engineering Institute"
Krasnokazarmennaya str., 14, 111250, Moscow, Russia
e-mail: KulichikhinVV@mpei.ru

Для цитирования:

Куличихин В.В. Бесперспективность использования детандер-генераторных агрегатов на тепловых электростанциях. Надежность и безопасность энергетики. 2018. – Т. 11, №2 – с. 161–166
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-1-161-166.

For citation:

Kulichikhin V. V. [Futility of use of expander-generator sets at thermal power plants] Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2018, vol. 11, no. 2, pp. 161–166 (in Russian)
DOI:10.24223/1999-5555-2018-11-2-161-166.

Futility of use of expander-generator sets at thermal power plants

Kulichikhin V. V.

National Research University "Moscow Power Engineering Institute"
Krasnokazarmennaya str., 14, 111250, Moscow, Russia

The so-called expander-generator sets (EGS) have found some application in Western Europe. Their operation is based on a drop in the pressure of natural gas (NG), which comes to a power-generating or industrial facility, and which used to be lost in choking devices of the gas distribution station (GDS) of these facilities. The capacity of such sets, e.g., in Germany, is limited to just tens to hundreds of kilowatts. The benefit for their owners lies in obtaining, according to the German law, markups to the cost of energy released to electricity consumers. However, the economic environment in place in Russia is somewhat different.

According to the author, the limited number of EGS in Russia's power industry, as well as cases of their decommissioning, are due to the lack of evidence of their thermodynamic or technical-economic efficiency, or even worsening economic conditions at facilities, where those were implemented. Besides, the facilities in question have to be provided with considerable specific conditions. These include a relatively high value of initial NG pressure at the input of EGS, its considerable flow rate and the possibility of NG heating at the input of EGS. This necessity to heat NG upstream the EGS is determined, on the one hand, by the intention to enhance the EGS capacity, and on the other hand, by having to comply with requirements imposed by the EGS manufacturer regarding the temperature values upstream and downstream the EGS. Without a required source of heat of relevant parameters at the facility, application of EGS turns out to be impossible, altogether. An interest in EGS in Russia arose due to construction and commissioning (first, at CHPP-21, and later at CHPP-23 of Mosenergo) of two power-generating centers, each equipped with two 5 MW EGS. Since then, a large number of articles have been published, and numerous theses have been defended based on the studies undertaken, mostly of analytical nature. Yet, those publications have not considered, for a real expander, matters of effects produced by the relation between the absolute electrical efficiency (η_e) of CPP and/or CHPP and the efficiency ratio of expander (η_{er}), the NG expansion ratio (δ). Conditions, at which heating NG upstream the EGS is expedient, have not been established, either, whereas these are the factors crucial for economic feasibility of a TPP to be equipped with EGS.

KEYWORDS: EGS, NG heating, NG expansion ratio, absolute electrical efficiency of CPP and/or CHPP, efficiency ratio of EGS, efficiency

Введение

Как уже отмечалось в аннотации, на ТЭЦ-21 и ТЭЦ-23 Мосэнерго энергокомплексы, в каждом из которых было по два ДГА единичной мощностью 5000 кВт, были сооружены в 1994 г. и 2008 г. соответственно. Их основные технические данные приведены в таблице 1.

В последующие годы на ТЭЦ-21 Мосэнерго были проведены экспериментальные и расчетные исследования характеристик ДГА и их влияния на тепловую экономичность ТЭЦ. Авторами было опубликовано большое количество статей и защищено диссертаций, в которых они по-разному оценивали последствия внедрения ДГА в тепловую схему ТЭЦ [1–9].

Так, в [3, 5] были исследованы три варианта включения ДГА в тепловую схему ТЭЦ с использованием для нагрева ПГ перед ДГА прямой сетевой воды: со сбросом сетевой воды из газо-водяного теплообменника перед ПСГ-1, между ПСГ-1 и ПСГ-2 и в коллектор прямой сетевой воды. Авторы [3, 5] пришли к однозначному заключению, что «в рассмотренных вариантах схема включения ДГА влияния на эффективность работы электростанции практически не оказывает».

Однако, позаимствовав без ссылки из [3, 5] результаты экспериментальных исследований характеристик ДГА, автор диссертации [6] пришел к

Таблица 1. Основные технические данные ДГА-5000

Table 1. Key technical specifications of DGA-5000

Мощность на клеммах генератора, кВт Power at generator terminals, kW	5000
Рабочее тело Working medium	Природный газ Natural gas
Расход ПГ, кг/с NG flow rate, k/sec	22–38
Давление ПГ перед ДГА, МПа NG pressure upstream EGS, MPa	0,6–1,2
Давление ПГ после ДГА, МПа NG pressure downstream EGS, MPa	0,1–0,25
Относительный внутренний КПД Efficiency ratio	0,80
Температура ПГ перед ДГА, °С NG temperature upstream EGS, °С	60–80
Температура ПГ после ДГА, °С NG temperature downstream EGS, °С	Не ниже – 20 Not lower than – 20
Частота вращения, об/мин Rotation frequency, RPM	9600
Установленный ресурс работы, ч Design service life, hrs	80000

другому выводу. Он утверждал, что внедрение ДГА мощностью всего лишь 10 МВт позволило получить прирост электрической мощности на 1,0–1,5% на ТЭЦ мощностью 1346 МВт, т. е. на 13,46–20,19 МВт (!?).

Список использованных источников

1. Степанец А. А., Горюнов И. Т., Гуськов Ю. Л. Энергосберегающие комплексы, основанные на использовании перепада давления на газопроводах. Теплоэнергетика 1995; 6: 33–35.
2. Гуськов Ю. Л., Малянов В. В., Давыдов Ю. Я., Агабабов В. С., Корягин А. В. Опыт эксплуатации детандер-генераторного агрегата на ТЭЦ-21 Мосэнерго. Электрические станции 2003; 10: 15–18.
3. Гуськов Ю. Л. Повышение эффективности работы ТЭЦ на основе внедрения детандер-генераторных агрегатов. Автореферат дис. канд. техн. наук. Москва. МЭИ (ТУ), 1997.
4. Кудрявый В. В., Аракелян Э. К., Гуськов Ю. Л., Агабабов В. С. Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность ТЭЦ. Электрические станции. Специальный выпуск, посвященный 110-летию Мосэнерго 1997; 77–83.
5. Кудрявый В. В. Комплексная оптимизация режимов электростанций с учетом факторов экономичности, экологии и надежности. Диссертация в виде научного доклада на соискание уч. степени доктора технических наук. Москва. МЭИ (ТУ), 1998.
6. Агабабов В. С. Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность тепловых электрических станций. Диссертация на соискание уч. степени доктора техн. наук. Москва. МЭИ (ТУ) 2003.
7. Куличихин В. В. Опыт эксплуатации детандер-генераторных агрегатов на ТЭЦ Мосэнерго. Исторический обзор. Надежность и безопасность энергетики 2017; 10: 2: 159–166.
8. Куличихин В. В., Тюняев М. В. Последствия внедрения детандер-генераторных агрегатов в тепловую схему ТЭЦ. Новости теплоснабжения 2017; 5: 28–33.
9. Куличихин В. В., Кудрявый В. В., Чижов В. В., Лазарев Л. Я. Методика и результаты исследования характеристик детандер-генераторного агрегата. Вестник МЭИ 2001; 4: 19–24.
10. Агабабов В. С. К вопросу анализа эффективности использования турбодетандеров в схемах тепловых электростанций. Энергосбережение и водоподготовка 2017; 2: 71–73.
11. Трухний А. Д. Термодинамические основы использования утилизационных турбодетандерных установок. Вестник МЭИ 1999; 5: 11–15.
12. Степанец А. А. Энергосберегающие турбодетандерные установки. Москва: Недра, 1999.

References

1. Stepanets A. A., Goryunov I. T., Guskov Yu. L. Energy-saving complexes based on the use of pressure drop on gas pipelines. Teploenergetika 1995; 6: 33–35.
2. Guskov Yu. L., Malyanov V. V., Davydov Yu. Ya, Agababov V. S., Koryagin A. V. Experience in operating an expander-generator set at CHP-21 Mosenergo. Electric Stations 2003; 10: 15–18.
3. Guskov Yu. L. Increase of the efficiency of the CHP operation on the basis of introduction of expander-generator sets. Abstract of the dis. Cand. Tech. Sciences. Moscow. MEI, 1997.
4. Arakelyan E. K., Andryushin A. V., Agababov V. S., Guskov Yu. L., Kudryavy V. V., Koryagin A. V., Stepanets A. A. Influence of expander-generator aggregates on the thermal efficiency of CHP. Electrical Stations. Special Issue for the 110th Anniversary of Mosenergo 1997: 77–83.
5. Kudryavy V. V. Complex optimization of power plant modes taking into account factors of economy, ecology and reliability. Thesis in the form of a scientific report for the degree of Doctor of Technology Sciences. Moscow. MEI (TU) 1998.
6. Agababov V. S. Influence of expander-generator aggregates on the thermal efficiency of thermal power plants. Abstract of the dis. Doc. Tech. Sciences. M. MPEI (TU) 2003.
7. Kulichikhin V. V. Practice of operation of expander units at Mosenergo CHHPPs. Historical overview. Safety and Reliability of Power Industry 2017; 10: 2: 159–168.
8. Kulichikhin V. V., Tyunyayev M. V. Consequences of introduction of expander-generator sets in the cycle arrangement of CHPP. News of Heating Supply 2017; 5: 28–33.
9. Kulichikhin V. V., Chizhov V. V., Lazarev L. Ya., Savenkov V. F. Choice of a method for controlling the expander-generator sets. Vestnik MPEI 2001, 4: 19–24.
10. Agababov V. S. On analysis of efficiency of using turbine expanders in cycle arrangements of thermal power plants. Power-saving and water treatment 2017; 2: 71–73.
11. Trukhniy A. D. Thermodynamics of using recovery turbine expander units. Newsbulletin of MPEI 1999; 5: 11–15.
12. Stepanets A. A. Power-saving turbine expander units. Moscow: Nedra 1999.



ИНФОРМАЦИЯ



Редакционная коллегия научно-технического журнала «Надежность и безопасность энергетики», ректорат УДПО «Энергетический институт повышения квалификации ПАО «Энергетики и электрификации Кубани» поздравляют **доктора исторических наук Крощачева Сергея Александровича с 60-летием и желают здоровья и успехов в работе!**

Крощачев Сергей Александрович, 1958 г. р. окончил в 1980 году Кубанский государственный университет. Начал свою трудовую деятельность в 1980 году в должности учителя средней школы, затем в должности преподавателя, доцента кафедры истории Кубанского государственного университета.

После окончания аспирантуры защитил в 1986 г. кандидатскую диссертацию. С 1992 года Крощачев С. А. возглавлял крупнейшие образовательные учреждения дополнительного профессионального образования Краснодарского края.

В 2000 году окончил Российскую академию государственной службы при Президенте Российской Федерации, а в 2001 — финансовую академию при Правительстве РФ.

В феврале 2001 года назначен директором Учебного комбината ОАО «Кубаньэнерго», который после нескольких реорганизаций в декабре 2015 года на основании решения Правления Открытого акционерного общества энергетики и электрификации Кубани преобразован в Учреждение дополнительного профессионального образования «Энергетический институт повышения квалификации Публичного акционерного общества энергетики и электрификации Кубани» (УДПО «Энергетический институт повышения квалификации ПАО «Кубаньэнерго»).

При активном участии Крощачева С. А. был создан и успешно развивает свою деятельность Корпоративный энергетический университет (г. Москва), который объединил лучшие учебные центры страны.

С 2017 года Крощачев С. А. возглавил Учебно-тренировочный центр АО «Мособлэнерго».

Крощачевым С. А. разработано и опубликовано около 300 работ, в том числе монографий, методических пособий и методик по развитию и профессиональной подготовки персонала топливно-энергетического комплекса регионов, внедрены в учебный процесс новые технологии обучения: электронные учебники, дистанционные методы обучения.

В 2007 году за заслуги в развитии единой энергетической системы России награжден знаком «Заслуженный

работник ЕЭС России». В 2008 году Крощачеву С. А. присвоено почетное звание «Заслуженный учитель Кубани». В 2008 году награжден почетной грамотой Департамента ТЭК Краснодарского края. В 2009 году за большой личный вклад в развитие электроэнергетической отрасли, распределительно-сетевых комплексов и в связи с профессиональным Днем энергетика отмечен Благодарственным письмом генерального директора открытого Акционерного Общества «Холдинг межрегиональных распределительных сетевых компаний». В 2011 году Крощачеву С. А. присуждена ученая степень Доктора исторических наук. В 2012 году присвоено почетное звание «Заслуженный работник народного образования Республики Адыгея». В 2013 году награжден медалью «За выдающийся вклад в развитие Кубани» III степени. В 2015 году награжден Почетным знаком «За содружество» Общественного объединения — «Всероссийский электропрофсоюз» и Почетным знаком «За вклад в развитие социального партнерства в электроэнергетике» Общероссийского отраслевого объединения работодателей электроэнергетики (Объединение РаЭл).

С 2008 г. Сергей Александрович — член редакционной коллегии нашего журнала. Он — один из основателей Издательства «Энергобезопасность». Его талантливые статьи об истории российской энергетики, о жизни замечательных людей — ее основателях — великих ученых, направят молодых энергетиков на верный путь служения своей Родине.

Дорогой Сергей Александрович!

Рекомендуем тебе не забывать родные кубанские просторы и в московской толчее оставаться лихим казаком, а коня, бурку, шашку и нагайку мы тебе подгоним по первому требованию. В борьбе с бюрократами в энергетике и фальсификаторами в истории они тебе наверняка пригодятся. Впрочем, на первое время, коня тебе заменит быстрый разум, бурку — теплота твоей души, шашку — острая сатира твоих книг, нагайку — хлесткая шутка.

Здоровья, хватки — не старей! Ходи веселей! Держись крепче в седле удачи.

Твои друзья и коллеги.

IX Корпоративные соревнования комплексных бригад оперативного персонала электростанций с ПГУ

В городе Добрянка Пермского края 23.04.2018 г. начались и 27.04.2018 завершились **«IX Корпоративные соревнования комплексных бригад оперативного персонала электростанций с ПГУ»**

За звание лучших из лучших в этом году боролись представители семи команд:

- Уренгойской ГРЭС
- Южноуральской ГРЭС
- Калининградской ТЭЦ-2
- Северо-Западной ТЭЦ
- Джубгинской ТЭС
- Сочинской ТЭС
- Ивановских ПГУ

В течение недели представители этих электростанций демонстрировали свои знания нормативно-технической документации и умение выявлять отступления от нее, опыт управления технологическим оборудованием, а также навыки командной работы на противоаварийной тренировке и пожарно-медицинской эстафете.

Основные этапы соревнований — «Опыт управления технологическим оборудованием» и «Навыки командной работы на противоаварийной тренировке» проводились на тренажере, разработанном для Сочинской ТЭС фирмой «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ») в 2013 году.

Абсолютным победителем признана команда Сочинской ТЭС. На ее счету лучшие показатели на 4 этапах из

5. «Серебро» соревнований досталось команде Северо-Западной ТЭЦ, а тройку лидеров замкнула команда Южно-Уральской ГРЭС.

В течение соревнований каждый желающий мог оказать поддержку командам, проголосовав за одну из них в открытом интернет-голосовании за приз зрительских симпатий. Наибольшее количество голосов набрали энергетики Джубгинской ТЭС.

Завершающим неофициальным этапом соревнований традиционно стала интеллектуальная викторина «Своя игра», победителем которой стала команда Северо-Западной ТЭЦ.

Лучшими в профессии стали:

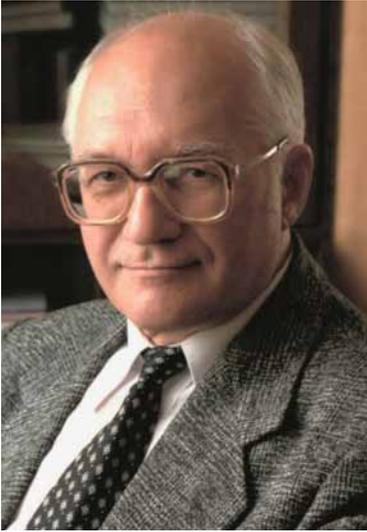
- Машинист энергоблока — Чариков Дмитрий Викторович (Сочинская ТЭС)
- Старший машинист энергоблока — Горбунов Александр Иванович (Сочинская ТЭС)
- Начальник смены котлотурбинного цеха — Цвинтарный Иван Александрович (Сочинская ТЭС)
- Начальник смены цеха АСУТП — Данилюк Денис Николаевич (Сочинская ТЭС) и Ранфиусов Максим Николаевич (Северо-Западная ТЭЦ)
- Начальник смены химического цеха — Уколова Светлана Евгеньевна (Ивановские ПГУ)
- Начальник смены электрического цеха — Базовой Вячеслав Викторович (Сочинская ТЭС)
- Начальник смены станции — Шостак Александр Иванович (Сочинская ТЭС).

Поздравляем победителей!



На фото: победители IX Корпоративных соревнований комплексных бригад оперативного персонала электростанций с ПГУ

Журналу "Надежность и безопасность энергетики" 10 лет!



Воропай Н. И.

Уважаемые коллеги — члены редакции и редколлегии, читатели журнала "Надежность и безопасность энергетики"!

От всей души поздравляю Вас и нас всех со знаменательным юбилеем журнала — 10-летием со дня учреждения!

Журнал посвящен исключительно важной и актуальной тематике и занимает достойное место среди других солидных периодических изданий, постоянно укрепляя свой авторитет и значимость. Специалисты-энергетики считают престижной публикацию своих статей в журнале. Журнал уверенно поддерживает высокую планку требований к качеству и актуальности публикуемых статей.

Желаю журналу "Надежность и безопасность энергетики" продолжать успешную работу и поддерживать свой имидж ведущего журнала по постановке, обсуждению и продвижению актуальных методических и прикладных проблем в принятой области энергетики!

*Член редколлегии журнала,
Научный руководитель Института систем энергетики
им. Л. А. Мелентьева СО РАН,
чл.-корр. РАН Воропай Н. И.*

Журналу "Надежность и безопасность энергетики" 10 лет!



В. Е. Михайлов



Л. А. Хоменок

Уважаемый коллектив редакции журнала «Надежность и безопасность энергетики»!

От имени ученых и специалистов Научно-производственного объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова, ваших коллег, авторов и читателей, сердечно поздравляем вас с 10-летним юбилеем журнала «Надежность и безопасность энергетики».

Журнал прочно вошел в число ведущих научно-технических изданий в области отечественной энергетики, а также смежных и образующих отраслей. Девиз журнала — быть на передних рубежах технической мысли. На страницах журнала освещаются ключевые проблемы энергетической отрасли, которые в конечном счете определяют перспективы ее развития.

Успешность журнала в значительной мере определяется такими чертами как: высокий профессионализм редакционной коллегии и сотрудников редакции, современный строгий уровень требований к статьям в части актуальности и значимости тематики, качества изложения и оформления материалов, отбор материалов по результатам обязательного рецензирования. Удачной находкой создателей журнала является включение в его состав таких рубрик как «хроника, публикации, своевременные афоризмы», ведь читатели журнала — это люди, которым «ничто не чуждо».

По данным оценки РИНЦ за последние пять лет имеет место резкий рост публикационной активности журнала. Неслучайно, в 2017 году журнал занял 6 место в рейтинге журналов по энергетике по результатам общественной экспертизы.

Нельзя не отметить роль Главного редактора журнала, профессора С. И. Магида, которого отличает острое видение новых и перспективных направлений, уверенное движение к совершенствованию журнала в контексте требований времени, и это — основа будущих успехов.

Желаем коллективу редакционной коллегии и штатным сотрудникам редакции и в дальнейшем оставаться на передних рубежах обеспечения технического прогресса в энергетике, способствуя продвижению в жизнь прогрессивных решений, а журналу приобрести статус транснационального издания на энергетическом направлении.

От имени коллектива ученых и специалистов ОАО «НПО ЦКТИ»

*Генеральный директор, д. т. н. В. Е. Михайлов
Зав. аналитическим отделом главных научных сотрудников,
д. т. н., проф. Л. А. Хоменок*

Журналу "Надежность и безопасность энергетики" 10 лет!



А. В. Голговских



Д. М. Суворов

Уважаемый коллектив редакции журнала "Надежность и безопасность энергетики"!

Примите искренние поздравления представителей Вятского государственного университета по случаю 10-летия журнала.

За истекшие годы журнал приобрел совершенно определенный облик и направление, стал техническим журналом широкого профиля, специализирующимся на проблемах надежности и безопасности энергогенерации, энергоснабжения и энергопотребления, имеющим широкую аудиторию в стране и за рубежом. Его отличают объективность и высокий профессионализм.

Очень важно, что основой концепции издания являются национальные интересы России на мировом энергетическом рынке. На высоком уровне проводится анализ тенденций развития энергетического комплекса, приоритетных направлений развития этого сектора экономики в России и за рубежом.

Нет сомнений, что своей жизнеспособностью «Надежность и безопасность энергетики» обязан личностям главного редактора Магида Сергея Игнатьевича и его заместителя Куличихина Владимира Васильевича. Их разносторонний профессионализм, великая работоспособность, энтузиазм и великолепное умение не видеть препятствий позволили преодолеть вещи, казалось бы, непреодолимые. Чего стоит хотя бы свобода журнала, в том числе свобода от бюджетного финансирования, — здесь редактор становится предпринимателем, и необходимость не заботиться о хлебе насущном дает возможность освободиться от ценных указаний сверху.

Желаем журналу «Надежность и безопасность энергетики» выходить еще много лет, в целом сохраняя нынешнее лицо и высокую репутацию, но с каждым годом становясь все интересней. А всему коллективу доброго здоровья, много творческих сил и большого стремления к общему успеху и благополучию.

В этот знаменательный для Вашего журнала день мы искренне рады выразить нашу глубочайшую признательность за многолетнее конструктивное взаимодействие.

*С глубоким уважением,
декан электротехнического факультета ВятГУ А. В. Голговских
от коллектива кафедры "Теплотехника и гидравлика" ВятГУ
заведующий кафедрой Д. М. Суворов*

Журналу "Надежность и безопасность энергетики" 10 лет!



Н. Г. Ярушкина

Поздравляем редакцию журнала «Надежность и безопасность энергетики» с десятилетием выхода первого номера журнала!

Ваш журнал стал одним из самых авторитетных отечественных изданий, освещающих актуальные проблемы отечественной энергетики.

Особо отметим высокую требовательность редакции к научному содержанию статей, печатаемых в журнале.

Желаем Вам и Вашим сотрудникам и в дальнейшем поддерживать репутацию журнала на столь же достойном уровне!

*С уважением,
первый проректор,
проректор по научной работе УлГТУ
д. т. н., профессор
Н. Г. Ярушкина*



М. М. Султанов

От имени филиала «НИУ «МЭИ» в г. Волжском сердечно поздравляю коллектив журнала «Надежность и безопасность энергетики» с замечательным событием — десятилетием со дня основания!

За эти годы журнал превратился в авторитетное периодическое издание, на страницах которого обсуждаются актуальные проблемы энергетической отрасли. Публикации в журнале отмечены высоким качеством, фундаментальностью изложения материала, открытостью и искренностью точек зрения авторов статей.

Опубликоваться в «Надежность и безопасность энергетики» — стало престижным для многих специалистов в области знания по энергетике.

Я рад нашему многолетнему и плодотворному сотрудничеству и надеюсь, что оно и в будущем будет таким же эффективным и конструктивным.

Желаю журналу успешного продолжения своей яркой биографии, интересных тем, оригинальных материалов, новых авторов. А всему коллективу — здоровья, неиссякаемой энергии, благополучия и творческого долголетия!

*С глубоким уважением,
директор филиала «НИУ «МЭИ» в г. Волжском,
доцент, к. т. н.
М. М. Султанов*



Редакционная коллегия
научно-технического журнала
«Надежность и безопасность
энергетики» глубоко скорбит
в связи со смертью **Председателя
Совета ветеранов энергетики России
Александра Николаевича Семенова**

Александр Николаевич Семенов родился 26 октября 1926 года. В 1952 году окончил Московский институт водного хозяйства имени В. Р. Вильямса, инженер-гидротехник.

После окончания института с 1952 по 1953 год работал мастером, прорабом СМУ Туркменводстроя, а с 1953 по 1955 год — прораб, начальник участка СМУ Теркумводстроя в Северо-Осетинской АССР.

С 1955 по 1961 год — начальник участка, главный инженер СМУ треста «Мособлстрой-12» Минпромстройматериалов СССР.

С 1961 года работал в Братскгэсстрое главным инженером СМУ, заместителем начальника Коршуновского ГОКа (по 1965 г.), затем — заместителем начальника управления, начальником строительства Братского алюминиевого завода (по 1973 г.), а с 1973 по 1977 год — начальник Специального управления строительства «Братскгэсстрой» Минэнерго СССР. Руководил строительством объектов Усть-Илимской ГЭС.

С 1977 по 1992 годы — заместитель Министра энергетики и электрификации СССР. При его непосредственном участии были сооружены такие гиганты промышленности, как завод «Атоммаш», КАМАЗ, Норильский комбинат, Надеждинский металлургический завод НГМК и многие другие предприятия страны.

В 1982 году ему поручается строительство атомных электростанций. Он в сжатые сроки разрабатывает мероприятия по строительству АЭС с ежегодным вводом в эксплуатацию мощностью 4 млн.

В составе Правительственной комиссии непосредственно на месте участвовал в разработке мер по лик-

видации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

С 1991 по 2008 год — председатель Российского национального комитета по большим плотинам.

С 1992 по 1993 год — президент ассоциации «ЭНКОМ» при Минтопэнерго России.

С 1993 года по настоящее время — председатель РБОО «Чернобыльцы Минтопэнерго».

С 1999 года — председатель Совета ветеранов войны и труда энергетиков ОАО РАО «ЕЭС России», с 2008 г. — директор Некоммерческого партнерства «Совет ветеранов энергетики».

С 1970 по 1980 год избирался депутатом Верховного Совета РСФСР.

В 2003 году Указом Президента Украины был награжден орденом «За заслуги перед Отечеством III степени» за вклад в укрепление дружбы между ветеранами энергетики Украины и России.

25 июня 2010 года в Юго-Западном округе города Москвы состоялся пуск подстанции 110/10 «Семеновская», названной в честь А. Н. Семенова. Во время церемонии пуска подстанции состоялось открытие памятной доски в честь А. Н. Семенова.

Академик Российской и Международной инженерных академий.

Его труд отмечен правительственными наградами: Орден Ленина (1976), орден Трудового Красного Знамени (1971), орден Мужества (1996), орден Почета (2006), орден Дружбы (Венгрия, 1978), медаль «За трудовое отличие». Лауреат Премии Совета Министров СССР (1973). Заслуженный строитель РСФСР (1988). Ветеран труда.

Редакционная коллегия выражает глубокие соболезнования родным и близким Александра Николаевича Семенова



ТРЕНАЖЕР ГЛАВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ

Фирма АО «Тренажеры электрических станций и сетей» (АО «ТЭСТ») разработала компьютерный тренажерный комплекс главной электрической схемы станции с ОРУ-220 кВ, ОРУ-110 кВ, КРУ-6 кВ.

Тренажер главной электрической схемы станции прошел приемо-сдаточные испытания.

Тренажер главной электрической схемы станции прошел государственную регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Тренажер главной электрической схемы станции может применяться для обучения оперативного персонала электростанции выработке и распределению электрической энергии на электростанциях, в учебных центрах, высших и средних учебных заведениях.

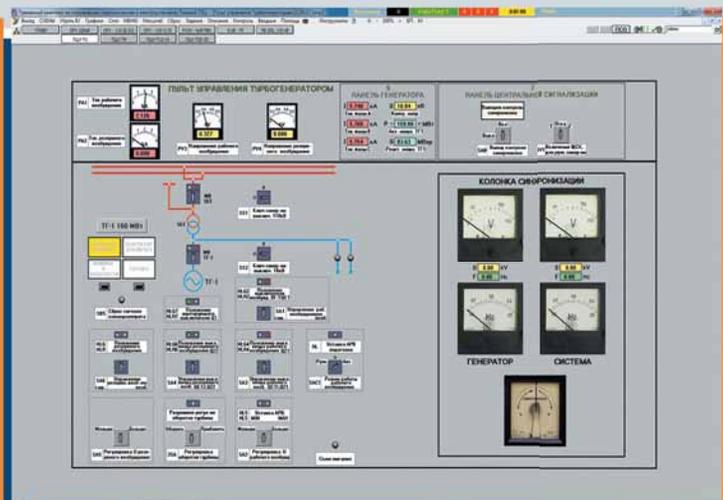
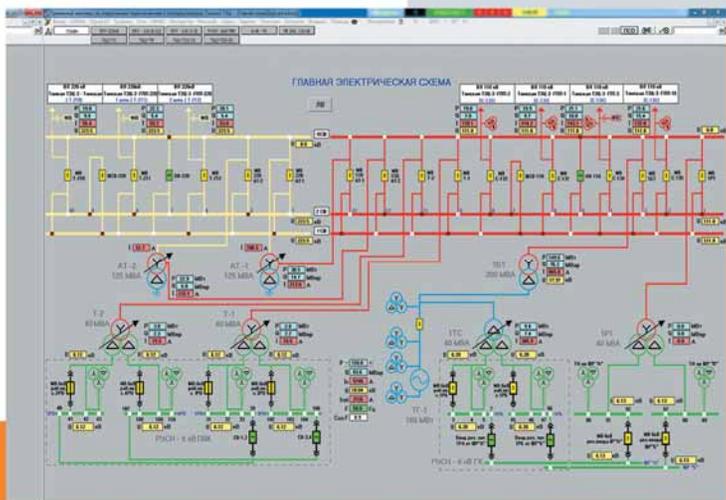


Состав главной электрической схемы станции:

- ОРУ-220 кВ
- ОРУ-110 кВ
- КРУ-6 кВ
- 2 автотрансформатора АТ1, АТ2
- генератор ТВВ-160-2ЕУ3
- блочный трансформатор 110/18 кВ
- трансформатор собственных нужд 18/6 кВ
- 2 трансформатора 110/6 кВ
- 1 резервный трансформатор 110/6 кВ

Состав тренажера главной электрической схемы станции:

- активные динамические мнемосхемы 12 шт.
- всережимная физическая модель
- модель РЗА (релейных защит и автоматики), блокировок, сигнализаций, АВР
- комплект технических средств (плакаты, УВН)
- развитая конфигурация сети
- пульт инструктора
- комплект аварийных ситуаций
- контролирующая программа
- комплект автоматизированных сценариев тренировок с оценкой
- графопостроение
- сохранение режимов
- система поддержки оператора
- протоколы действий оператора, ошибок, сигнализации, защит, блокировок



АО «Тренажеры электрических станций и сетей»:

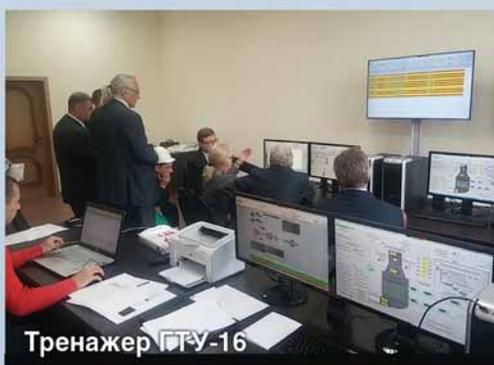
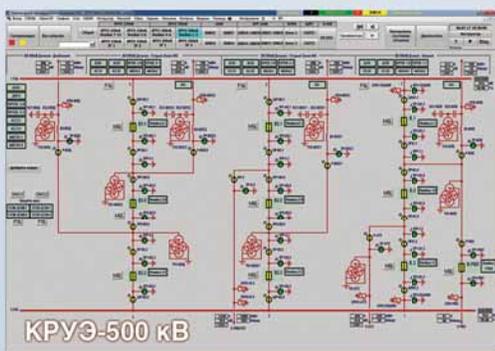
117587, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 125 Ж, корп. 6
Тел. (495) 665-76-00, факс (495) 382-79-74
e-mail: magid@testenergo.ru, www.testenergo.ru



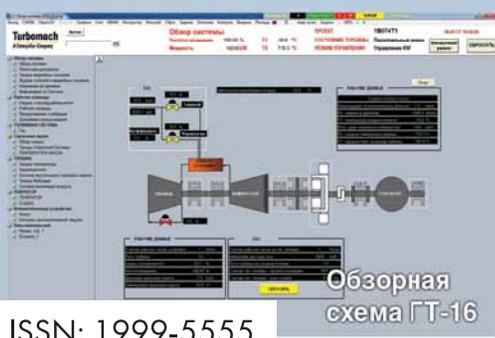
ТЭСТ Тренажеры электрических станций и сетей



Тренажер Главной электрической схемы станции



Тренажер ГТУ-16



Обзорная схема ГТУ-16

Гарантии надежности персонала

- всережимность IT-тренажеров, полная адекватность модели объекта и рабочего места оператора энергообъекту-прототипу
- новейшие компьютерные методы обучения штатному и противоаварийному управлению
- информационное и дидактическое качество обучающих программ
- создание единого тренажерного комплекса для подготовки всего персонала энергопредприятия

Современные информационные технологии

- реализация любых энергообъектов и систем управления
- реализация современных дидактических Web-приложений
- значительное снижение стоимости при росте качества и функциональности
- гибкая интеграция в компьютерную сеть предприятия

Российский и международный опыт

- 40 лет на российском и зарубежных рынках, аккредитация при Правительстве РФ и ЮНЕСКО
- российская нормативная сертификация
- международная сертификация качества
- апробация на российских и международных выставках
- официальная эффективность внедрения на объектах электроэнергетики
- патентная защищенность программного продукта

Россия, 117587, г. Москва,
Варшавское шоссе, 125Ж
Тел. (495) 665-7600, (495) 382-7974
<http://www.testenergo.ru>,
e-mail: magid@testenergo.ru

ISSN: 1999-5555



9 771999 555772

Новые модели тренажеров!