

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ

№ 2 (188)
январь / 2020

Журнал зарегистрирован
Министерством Российской Федерации
по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-17876 от 08.04.2004

ISSN 2074-9635

© ИД «Панорама»
www.panor.ru

Адрес редакции:

Россия, г. Москва,
Бумажный проезд, д. 14, стр. 2
Для писем: 125040, г. Москва, а/я 1

Генеральный директор
ИД «Панорама» —

Председатель Некоммерческого фонда
содействия развитию национальной
культуры и искусства
К. А. Москаленко

Издательство «Промиздат»

Главный редактор
Воскресенский Д. В.
e-mail: oborud@panor.ru

Журнал распространяется через
официальный каталог Почты России
«Подписные издания» (индекс — **84817**),
каталог ОАО «Агентство „Роспечать“»,
Объединенный каталог «Пресса
России», «Каталог периодических
изданий. Газеты и журналы» агентства
«Урал-пресс» (индекс — **12532**),
а также путем прямой редакционной
подписки

Предложения и замечания:

e-mail: promizdat@panor.ru
тел.: 8 (495) 274-22-22 (многокан.)

Отдел подписки:

тел.: 8 (495) 274-22-22 (многокан.)
e-mail: podpiska@panor.ru

Отдел рекламы:

тел.: 8 (495) 274-22-22 (многокан.)
e-mail: reklama@panor.ru

Журнал издается под эгидой
Международной Академии
технических наук и промышленного
производства

Учредитель:
ООО «ИНDEPENDЕНТ МАСС МЕДИА»,
121351, г. Москва,
ул. Молодогвардейская, д. 58, стр. 7
Приглашаем авторов
к сотрудничеству. Статьи в журнале
публикуются бесплатно.

Подписано в печать: 18.02.2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА НОМЕРА: КОНТРОЛЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ

СЕТИ И СИСТЕМЫ

Интеграция на стороне спроса в реструктурированной электроэнергетике.....3

Амер Мохаммад Фархан Аль-Дарабсе, Маркова Е. В.

Интеграция на стороне спроса (DSI) решает проблемы повышенной нагрузки с помощью программ, оптимизирующих эффективное и действенное использование электроэнергии для поддержки энергосистем и удовлетворения потребностей клиентов. Однако отсутствие последовательного использования терминологии на стороне спроса создает потребность в структуре, которая определяет отношения между традиционными и недавно разработанными методами интеграции на стороне спроса.

КОНТРОЛЬ И ИЗМЕРЕНИЯ

Диагностика повреждений в воздушных линиях электропередачи при однофазных замыканиях на землю14

Воркунов О. В., Козлов В. К.

Статья посвящена вопросам диагностики повреждений воздушных линий электропередачи среднего напряжения при однофазных замыканиях на землю. Рассмотрен созданный прототип устройства для измерения напряжения в линии электропередачи. Проведены испытания его работоспособности на линии среднего напряжения.

Оптический метод определения степени полимеризации в маслонаполненном электрооборудовании..... 18

Гарипова А. М., Козлов В. К., Сабитов А. Х.

В статье рассмотрен вопрос определения степени полимеризации бумажно-масляной изоляции трансформаторов с помощью оптического метода исследования в видимой области спектра. Приведена методика по определению степени полимеризации бумажно-масляной изоляции с помощью спектрального прибора.

ОБОРУДОВАНИЕ

Выбор схемы инвертора для линейной металлургической МГД-машины 22

Тяпин А. А., Кинев Е. С.

В статье рассмотрены результаты поиска приемлемой структуры ШИМ-инвертора для электропитания двухфазной линейной индукционной металлургической машины, предназначенной для перемешивания расплава алюминия в печи. Для повышения эффективности регулирования электромагнитного режима МГД-машины с двухфазной обмоткой предложено применить sdвоенный транзисторный полумост взамен типовой трехфазной мостовой схемы. Анализ показал, что при раздельном питании обмоток индуктора обеспечивается эффективное управление магнитным полем для перераспределения тягового усилия в расплаве.

Совершенствование технологии работы системы кондиционирования воздуха пассажирского вагона путем разработки дополнительного устройства охлаждения воздуха..... 29

**Матяш Ю. И., Родченко А. Д., Колтышкин А. В.,
Шлома Д. Н.**

Редакционный совет:

Киреева Э.А., канд. техн. наук, доцент, НИУ МЭИ, Москва

Гамазин С.И., д-р техн. наук, профессор, НИУ МЭИ, Москва

Кувалдин А.Б., д-р техн. наук, профессор, НИУ МЭИ, Москва

Жилин Б.В., д-р техн. наук, профессор, Новомосковский институт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, г. Новомосковск, Тульская обл.

Корнилов Г.П., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

Михеев Г.М., д-р техн. наук, профессор кафедры электрических систем физики и математики, Чебоксарский политехнический институт (филиал Московского государственного университета машиностроения, МАМИ), г. Чебоксары

Цырук С.А., канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой, НИУ МЭИ, Москва

Крюков О.В., д-р техн. наук, действит. член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, доцент Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород

Editorial board:

Kireeva E.A., PhD of technical sciences, associate professor, NRU MPEI, Moscow;

Gamazin S.I., Dr. habil. of technical sciences, professor, NRU MPEI, Moscow;

Kuvaldin A.B., Dr. habil. of technical sciences, professor, NRU MPEI, Moscow;

Zhilin B.V., Dr. habil. of technical sciences, professor, Novomoskovsk institute of Russian chemico-technological university named after D.I. Mendeleev, city of Novomoskovsk, Tula region;

Kornilov G.P., Dr. habil. of technical sciences, professor, the head of department of power supply at the industrial enterprises, Magnitogorsk state technical university named after G.I. Nosov, city of Magnitogorsk;

Mikheev G.M., Dr. habil. of technical sciences, Professor, Department of electrical systems of physics and mathematics Institute of the Cheboksary branch of the Moscow state Polytechnical University, Cheboksary;

Tsyruk S.A., PhD of technical sciences, professor, the head of department, NRU MPEI, Moscow;

Kriukov O. V., Dr. habil. of technical sciences, full member of the Academy of engineering sciences named after A.M. Prokhorov, associate professor of the Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseev, city of Nizhny Novgorod

В статье обозначены проблемы обеспечения оптимальных параметров микроклимата вагона во время стоянок поездов дальнего следования. Рассмотрены существующие решения по улучшению систем кондиционирования воздуха вагона. На основе проведенного обзора существующих устройств указаны их недостатки. Предложена система кондиционирования воздуха вагона, включающая аккумулятор холода, позволяющая охлаждать воздух при выключенном холодильном устройстве во время стоянок поезда.

ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПАТЕНТЫ

Система безопасности высоковольтного электрооборудования электропоезда..... 37

Изобретение относится к железнодорожному машиностроению, в частности, к средствам обеспечения техники безопасности на железнодорожном транспорте и служит для предупреждения контакта человека с открытыми токоведущими частями электрического оборудования электроподвижного состава и последующего поражения электрическим током.

Стенд для изучения правил проверки аккумуляторов в танке..... 42

Изобретение относится к электротехнике, в частности к стендам по изучению правил проверки аккумуляторов в танке и может быть использовано при изучении электрооборудования танка.

Усовершенствованный контактор для сильноточных переключений..... 46

Изобретение относится к контактору для применения в промышленности или железнодорожной отрасли, где необходимо включать и отключать сильный постоянный ток с высокой частотой переключений.

Электродный блок для электрохимической обработки винтового зубчатого профиля в отверстии трубчатой заготовки 59

Изобретение относится к области нефтяного машиностроения, в частности к оборудованию для электрохимической обработки винтового зубчатого профиля в отверстии трубчатой заготовки для изготовления статоров с равномерной толщиной обкладки из эластомера, применяемых в винтовых героторных гидравлических двигателях для бурения нефтяных скважин.

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Электромагнитные поля в местах пересечения тяговых сетей и трехцепной ЛЭП..... 75

Буякова Н. В., Крюков А. В., Середкин Д. А.

Тяговые сети (ТС) 25 кВ создают повышенные электромагнитные поля (ЭМП) частотой 50 Гц, напряженности которых на нормированной высоте 1,8 м, как правило, не превосходят допустимые нормы для электротехнического персонала. В местах, где трассы железных дорог пересекаются высоковольтными воздушными линиями электропередачи (ЛЭП), происходит наложение полей, создаваемых тяговой сетью и ЛЭП. Это может привести к повышению напряженностей и усложнению пространственных структур ЭМП. В статье представлены результаты моделирования, выполненные для сложного пересечения, когда ТС 25 или 2х25 кВ пересекает под углом 90 град. трехцепная воздушная линия 110–220 кВ.

АНАЛИТИКА

Проблемы качества электроэнергии в электроснабжении нефтедобывающих компаний и их решений 83

Насртдинов И. Р., Хуснутдинов Р. Р., Устимец А. А.

В статье поднимается вопрос проблемы качества электроэнергии как в целом, так и в нефтедобывающей отрасли. Рассмотрены причины и очаги возникновения проблемы. Приведена статистика затрат электрической энергии. Предложен вариант решения указанной проблемы.

УДК [621.311]+[622.323]

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ И ИХ РЕШЕНИЕ

Насртдинов И. Р., студент,

Хуснутдинов Р. Р., заведующий кафедрой физики,

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Республика Татарстан

Устимец А.А., директор,

ООО «ТАТТЕХНОЛОГИЯ», г. Казань, Республика Татарстан

В статье поднимается вопрос проблемы качества электроэнергии как в целом, так и в нефтедобывающей отрасли. Рассмотрены причины и очаги возникновения проблемы. Приведена статистика затрат электрической энергии. Предложен вариант решения указанной проблемы.

Ключевые слова: электричество, нефть, добыча, устройство, энергосбережение, качество электроэнергии, мощность.

ELECTRICITY QUALITY PROBLEMS IN ELECTRIC SUPPLY OF OIL-PRODUCING COMPANIES AND THEIR SOLUTION

Nasrtdinov I. R., student,

Khusnutdinov R. R., head of the department of physics,

Kazan State Energy University, city of Kazan, Republic of Tatarstan,

Ustimets A.A., director,

TATTECHNOLOGY LLC, city of Kazan, Republic of Tatarstan

The article raises the question of the problem of power quality in General and in the oil industry. The causes and foci of the problem are considered. The statistics of electric energy costs is given. A solution to this problem is proposed.

Keywords: electricity, oil, energy efficiency, electricity quality, power.

На сегодняшний день мы не можем говорить о развитии глобальной экономики без вклада в нее нефтяной промышленности всего мира, также нельзя не говорить о добыче и переработке неф-

ти. Весь процесс от бурения скважин до отпуска газа или нефти потребителю обусловлен технологическими процессами, основанными на электроэнергии. Сети сетевых компаний и автономные источ-

ники энергии – вот главные источники снабжения месторождений топлива [1].

В целом в России в год потребляется около 50 млрд кВт·ч активной составляющей энергии. Этот показатель составляет около 5,5 % от общего производства электричества в стране. Средний коэффициент мощности электрических двигателей нефтепромышленности составляет примерно 0,7. Начиная с конца XX в., наблюдается значительный рост затрат на электричество при сокращении финансов на оборудование и заработную плату. Таким образом, 30–35 % от добывания нефти уходит на оплату электроэнергии [2].

Самыми энергоемкими процессами в добыче нефтепродуктов являются: поднятие жидкости из скважин, подготовка и перекачка нефти, поддержка пластового давления. Если рассматривать российские компании, то от общего потребления на поднятие жидкости уходит порядка 55–60 %, на систему поддержки пластового давления – 20–30 %, от 8 до 20 % приходится на подготовку и транспортировку нефти. Все оставшиеся мелкие процессы затрачивают относительно небольшую часть электроэнергии [2].

Во всем мире проведено достаточное количество исследований, подтверждающих значительное влияние показателей качества электроэнергии на объем потребляемой электроэнергии и величину затрат потребителей, связанный с экономическим ущербом от понижения качества электроэнергии (далее – КЭ). Как известно, он имеет технологическую и электромагнитную составляющие, причем первая составляющая обусловлена влиянием КЭ на производительность технологических установок и себестоимость выпускаемой продукции, а вторая – определяется главным образом снижением срока службы изоляции электрооборудования вследствие ускоренного теплового и электрического старения.

Снижение КЭ в виде несимметрии напряжения ведет за собой сокращение срока службы силовых трансформаторов, дополнительные потери активной мощности; в виде токов высших гармо-

ник – дополнительные потери активной мощности и в целом – показатели, характеризующие общую надежность трансформаторов; в виде несинусоидальности, несимметрии и отклонений напряжения – снижение срока службы асинхронных двигателей, т. к. даже при небольшой несимметрии напряжения, вызывающей несимметрию токов, происходит увеличение температуры обмотки статора и тепловое старение изоляции, в свою очередь – перегрев изоляции из-за дополнительных потерь активной мощности в обмотках статора, ротора и стали [3].

Исходя из этого делаем вывод, что:

- требуется внедрение комплекса мероприятий по сбережению энергии для уменьшения себестоимости добываемого сырья;
- нужно оптимизировать режимы работы и схемы подключения агрегатов нефтяной промышленности;
- актуальными задачами для энергосбережения является интеллектуальное управление [4].

Решением вышеперечисленных вопросов было бы автоматическое регулирование основных параметров электроэнергии, например, напряжения (далее – АРН), т. е. поддержание напряжений в узловых точках, в точках отпуска и в точках питания электрической системы в заданных пределах, осуществляемое для обеспечения технически допустимых условий работы потребителей электрической энергии и собственно системы, а также для повышения экономичности их работы. С увеличением нагрузок возрастает сила тока в сети, следовательно, и потери напряжения в различных ее участках, вследствие чего напряжение у потребителей может выходить за допустимые пределы. В связи с этим на шинах электростанций и на шинах вторичного напряжения районных подстанций осуществляется, как правило, встречное (согласное) регулирование, при котором с увеличением нагрузок напряжение держится выше номинального, а при снижении нагрузок – понижается. Это уменьшает размах отклонений напряжений у

потребителей. Однако в общем случае такое регулирование не исключает, а в большинстве случаев делает необходимым АРН сети 0,4 кВ в точках отпуска и в точках питания потребителя (ТП объекта или группы объектов, ВРУ объекта или непосредственно группы электроприемников).

С целью решения существующих проблем разработано низковольтное комплектное устройство специального назначения НКУ «ЭНЕРГОЭКОНОМ». Общее назначение – автоматическое регулирование основных параметров электроэнергии в сетях 0,4 кВ, для обеспечения технически допустимых условий работы потребителей электрической энергии и собственно системы, а также для повышения экономичности и эффективности их работы [3].

Устройство выпускается в двух модификациях «ЭНЕРГОЭКОНОМ – М1» и «ЭНЕРГОЭКОНОМ – М2». Каждая модификация изготавливается в нескольких моделях и обеспечивает конкретный набор функций: автоматическое регулирование напряжения, симметрирование, компенсация реактивной мощности, восстановление нуля или восстановление оборванной фазы.

НКУ имеет ряд режимов работы:

- режим понижения/повышения напряжения автоматически включается, если входное напряжение выше/ниже установленного верхнего/нижнего порога;
- режим «транзит» автоматически включается, если входное напряжение находится в пределах нижнего и верхнего порогов;
- режим «байпас» автоматически включается, если превышена температура поверхности обмоток и пороговое значение тока по любой из фаз;
- режим архивации, мониторинга и прогнозирования в реальном времени, что позволяет контролировать и прогнозировать главные параметры энергопотребления.

Данная технология уже внедрена в ряд компаний Республики Татарстан, таких

как ГК «Акмаль», ПАО «Татнефть» АЗС, ОГК «Релита», ГК «КАНАВТО» и др. Например, на автозаправочную станцию «Татнефть» (мощность составляет 540 кВт) внедрен механизм одноступенчатого автоматического регулирования напряжения в точке питания объекта с обеспечением собственным нулем и восстановление одной фазы. На базе данной компании мы получаем экономию в 13–17 % при сроке окупаемости в 2,5 года. На сервисной нефтяной компании «Акмаль» (210 кВт) экономия достигает 24% при окупаемости в 1,1 год [5].

Проблемы качества электроэнергии, соответственно, и потеря, негативно сказываются как на производителях, так и на потребителях не только нефтяной промышленности. Для одних это большие финансовые потери, а для других – повышение цен на тарифы. В целом можно и нужно с этим бороться, но решая проблемы не конкретно на отдельных участках, а применяя комплекс мер.

Публикация статьи осуществлена в рамках проекта «Создание серии электроприводов на базе российских высокоэффективных синхронных двигателей для станков-качалок нефти с применением беспроводных систем передачи данных и адаптивной системой управления для “умных” месторождений», Соглашение № 074-11-2018-020 с Минобрнауки РФ от 30 мая 2018 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гвозданный В.А.** Влияние современной энергетики на развитие нефтедобывающей отрасли // Государственное управление Российской Федерации: вызовы и перспективы. – М.: Университетская книга Москва, 2018. – С. 392–398.
2. **Ивановский В.Н.** Энергетика добычи нефти: основные направления оптимизации энергопотребления // Инженерная практика. – М.: ООО «Би Джи Промоушн», 2011.
3. Руководство по эксплуатации и монтажу НКУ «Энергоэконом». – Казань, 2019.
4. **Хакимьянов М.И.** Управление электроприводами скважинных насосов установок. Монография. – Уфа: Инфра-Инженерия, 2017.
5. <https://tattechno.ru/index.php/proekty>

ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ

WWW.PANOR.RU Издательский Дом
ПАНОРАМА
WWW.PANOR.RU НАУКА И ПРАКТИКА



**ЗНАК
КАЧЕСТВА
В ПЕРИОДИКЕ**

Свыше 20 лет мы издаем для вас журналы. Более 85 деловых, научных и познавательных журналов 10 издательств крупнейшего в России Издательского Дома «ПАНОРАМА» читают во всем мире более 1 миллиона человек.

Вместе с вами мы делаем наши журналы лучше и предлагаем удобные вам варианты оформления подписки на журналы Издательского Дома «ПАНОРАМА».

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ ИД «ПАНОРАМА», В ТОМ ЧИСЛЕ НА ЖУРНАЛ «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ», НА I ПОЛУГОДИЕ 2020 ГОДА

✓1 ПОДПИСКА НА ПОЧТЕ



- По каталогу Агентства «Роспечать» «Газеты. Журналы» (индекс 84817).
 - По «Объединенному каталогу “Пресса России”» (индекс 84817).
 - По **официальному каталогу Почты России «Подписные издания»** (индекс П7221).
- ПОДПИСНЫЕ ЦЕНЫ ВО ВСЕХ КАТАЛОГАХ ОДИНАКОВЫ**
Доставку осуществляет «Почта России»

✓2 ПОДПИСКА ЧЕРЕЗ АГЕНТСТВО «УРАЛ-ПРЕСС»



По «Каталогу периодических изданий. Газеты и журналы» агентства «Урал-Пресс». (индекс 84817). Просто позвоните в «Урал-Пресс». Доставлять издания будет курьер агентства вашего города.

Подробнее — на www.ural-press.ru

✓3 ПОДПИСКА ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

Для оформления подписки позвоните по тел. **8 (495) 274-2222 (многоканальный)** или отправьте заявку в произвольной форме на адрес: podpiska@panor.ru

В заявке укажите название журнала, на который вы хотите оформить подписку, наименование вашей компании и банковские реквизиты, Ф.И.О. получателя, телефон и e-mail для связи.

Вас интересует международная подписка, прямая доставка в офис по Москве или оплата кредитной картой? Просто позвоните по указанному выше телефону или отправьте e-mail по адресу podpiska@panor.ru.

✓4 ПОДПИСКА НА САЙТЕ

Подпишитесь в пару кликов на нашем сайте www.panor.ru.

Мы принимаем практически любой способ оплаты: с р/счета, через квитанцию Сбербанка, пластиковой картой и т. д.

ВЫПИСЫВАЙТЕ, ЧИТАЙТЕ, ПРИМЕНЯЙТЕ!

В стоимость РЕДАКЦИОННОЙ ПОДПИСКИ уже включены затраты по обработке, упаковке и отправке выписанных журналов, что делает подписку через редакцию ОСОБЕННО ВЫГОДНОЙ!

ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ:

Тел.: 8 (495) 274-2222 (многоканальный)

e-mail: podpiska@panor.ru; www.panor.ru