



ОАО „ММЗ имени С.И. Вавилова - управляющая компания холдинга „БелОМО“

Бытовые приборы учета газа



Счетчик газа ультразвуковой
малогабаритный ВЕГА

Счетчик газа
диафрагменный СГД 4



НОВИНКА!

БелОМО

www.belomo.by

г. Минск, ул. Макаёнка, 23,
отдел сбыта: тел. (+375 17) 267-31-91,
фирменный магазин „Эликон“: 267-23-01,
E-mail: barter@belomo.by

УНП100185185

Учредитель
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Редакционная коллегия:

Закревский В.А.	к.т.н., заместитель Министра энергетики Республики Беларусь (председатель)
Бондарь А.М.	главный инженер ГП «Белорусская АЭС»
Бородуля В.А.	член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси
Дрозд П.В.	и.о. генерального директора ГПО «Белэнерго»
Забелло Е.П.	д.т.н., профессор кафедры «Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий» БГАТУ
Карницкий Н.Б.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» БНТУ
Лиштван И.И.	д.т.н., академик НАН Беларуси, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси
Малашенко М.П.	заместитель председателя Госстандарта – директор Департамента по энергоэффективности
Майоров В.В.	генеральный директор ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
Рудинский Л.И.	генеральный директор ГПО «Белтопгаз»
Русан В.И.	д.т.н., профессор кафедры практической подготовки студентов БГАТУ
Рыков А.Н.	к.т.н., директор РУП «Белнипиэнергопром»
Седнин В.А.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ (заместитель председателя)
Фурсанов М.И.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электрические системы» БНТУ
Якубович П.В.	директор РУП «БЕЛТЭИ»

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Новости ТЭК.....	4
Беларусь продолжит активное взаимодействие с МАГАТЭ <i>По итогам 62-й сессии Генеральной ассамблеи МАГАТЭ.....</i>	7
Мировая энергетика. Факты. Прогнозы. Аналитика	8

ПРИОРИТЕТЫ

Энергетика Беларуси нацелена на инновации <i>Интервью Министра энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевича</i>	12
Жилко А.В., первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз» Газовая отрасль сохранит динамику развития <i>К 60-летию газовой отрасли Беларуси</i>	16
Шкурко П.А., начальник отдела энергетики и газоснабжения производственно-технического управления Министерства энергетики Республики Беларусь Подготовка к осенне-зимнему периоду – на особом контроле	20

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Колик В.Р., начальник отдела учета и качества электроэнергии РУП «Белэнергосетьпроект» Применение низковольтных стабилизаторов напряжения.....	22
Дубровенский А.Н., ведущий инженер-программист группы топливоиспользования ТНЦ филиала «Инженерный центр» ОАО «Белэнергоремналадка», Квандель С.В., инженер ОАО «Белэнергоремналадка», Ненахов С.А., инженер ОАО «Белэнергоремналадка» Расчет технико-экономических показателей ПГУ. Теплофикационный и конденсационный циклы. Часть 2.....	25

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОНАДЗОР

В блокнот главного энергетика

Киселев Н.Н., начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго», Коребо Р.В., начальник РЭИ по надзору за ТУ Гомельского МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго» Требования в части выбора запорной арматуры на вводе в систему теплоснабжения.....	28
Красовский Н.А., государственный инспектор по энергетическому надзору Гродненского МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго» Обеспечение безопасности при работе с электросварочным аппаратом.....	30

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Струцкий Н.В., заместитель начальника управления систем газоснабжения ГПО «Белтопгаз», Ананенко А.А., инженер отдела централизованной разработки программного обеспечения ПУ «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз», Перельгин И.М., инженер отдела централизованной разработки программного обеспечения ПУ «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз», Голубева О.В., к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой технологии программирования Полоцкого государственного университета Применение мобильных устройств в работе газовых хозяйств Беларуси.....	32
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

VI Белорусско-Германский энергетический форум
продолжил традицию двустороннего сотрудничества.....35

Цели устойчивого развития Республики Беларусь:
энергетика, экология, энергоэффективность

По итогам EnergyExpo-201836

ОХРАНА ТРУДА

Давыдовский С.С., заместитель начальника отдела
охраны труда пожарной и промышленной безопасности ГПО «Белэнерго»

Охрана труда как фактор энергетической безопасности39

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Давыдовский С.С., заместитель начальника отдела
охраны труда пожарной и промышленной безопасности ГПО «Белэнерго»

Утверждены отраслевые правила взрывобезопасности

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.03.356-1841

Шевалдин М.А., начальник отдела эксплуатации релейной защиты
и автоматики электрооборудования и электрических сетей ГПО «Белэнерго»,
Перцев С.Г., главный специалист ОРЗА РУП «Белэнергосетьпроект»

В Беларуси появился стандарт, регламентирующий
проектирование цифровых подстанций

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.117-1843

Национальный фонд ТНПА – энергетике47

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И ОПЫТ

Кришеник Е.Н., начальник службы правового обеспечения РУП «ОДУ»

Электроэнергетика и сетевые кодексы Европы48

Авчинников А.Б., старший преподаватель Международного
государственного экологического института им. А.Д. Сахарова БГУ

Энергетика стран Скандинавии.....52

НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

Фурсанов М.И., д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой «Электрические системы» БНТУ,
Дуль И.И., м.т.н., инженер отдела проектирования энергосистем
РУП «Белэнергосетьпроект»

Определение сопротивлений кабельных линий, состоящих

из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Часть 356

ПРАВО

Новости законодательства (сентябрь–октябрь)62

Энергетическая безопасность**Традиционная и ядерная энергетика****Газоснабжение
и торфяная промышленность****Возобновляемая и малая энергетика****Энергоэффективность и экология****Редакция:**

Главный редактор	Федосеенко Н.В.
Зам. главного редактора	Гончар О.В.
Редактор	Моисеева Е.Н.
Компьютерный дизайн и верстка	Данюкова А.В.
Корректор	Лемехова Д.Д.
Реклама	Бричкаевич А.А.

Уважаемые рекламодатели!

По вопросам размещения рекламы
обращайтесь по тел.: (+375 17) 286-08-28
VELCOM (+375 29) 399-11-04
MTC (+375 33) 319-11-04

В соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 20 марта 2015 года № 81 научно-практический журнал Министерства энергетики Республики Беларусь «Энергетическая стратегия» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.

Адрес редакции:

220029, г. Минск, ул. Чичерина, 19
Тел./факс: (+375 17) 286-08-28
Тел.: (+375 17) 293-46-82
e-mail: info@energystategy.by
2934682@mail.ru
www.energystategy.by

Цена свободная

Свидетельство о регистрации журнала
№ 931 от 27.08.2010.

Публикуемые материалы отражают мнение их авторов.
Редакция не несет ответственности за содержание
рекламных материалов. Перепечатка информации
допускается только с разрешения редакции.

Отпечатано в ГОУПП «Гродненская типография».
230025, г. Гродно, ул. Полиграфистов, 4.
ЛП №02330/39 до 29.03.2019.
Печать офсетная. Бумага мелованная.
Подписано в печать 31.10.2018 г., формат 60x90%,
тираж 1520 экз., заказ № 5601.

© Информационно-издательский центр
ОАО «Экономэнерго», 2018

НОВОСТИ ТЭК

Ценообразование на транспортировку газа в рамках общего рынка ЕАЭС вновь в центре внимания

19 сентября в штаб-квартире Евразийской экономической комиссии состоялось совещание министров энергетики государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС). От Беларуси участие в совещании принял Министр энергетики В.М. Каранкевич. Министры обсудили единую методологию тарифообразования (ценообразования) в отношении услуг по транспортировке газа в рамках общего рынка газа.

Совещание проводилось для урегулирования единственного оставшегося разногласия. Принципы тарифообразования на транспортировку газа, включая установление экономически обоснованных тарифов, были утверждены 7 октября 2014 года Коллегией ЕЭК. Было предложено включить определенные в этих документах принципы тарифообразования в программу и международный договор о формировании общего рынка газа Союза, придав им обязательный характер.

Стороны также обсудили возможность регулярных встреч на площадке ЕЭК на уровне министров энергетики стран евразийской «пятерки». Подобный формат взаимодействия будет способствовать выработке компромиссных решений.

Минэнерго представило передовые практики в области государственно-частного партнерства на Совещании ОБСЕ

Белорусская делегация приняла участие в Совещании ОБСЕ по рассмотрению выполнения обязательств в области экономико-экологического измерения, проходившем 15–16 октября в Вене. Цель мероприятия – рассмотрение выполнения странами – участницами ОБСЕ их обязательств в части реализации Целей устойчивого развития по обеспечению всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии. Акцент при рассмотрении делается на особенностях развития энергетического сектора в эпоху цифровизации, эффективной защите энергосетей от воздействия возможных катастроф, развитии государственно-част-



Эксперты МАГATЭ в ходе консультаций с белорусскими специалистами



Заместитель Министра энергетики Беларуси В.А. Закревский на Совещании ОБСЕ в Вене

ного партнерства, использовании ВИЭ и повышении энергоэффективности имеющихся энергосистем.

В качестве основного докладчика на одной из сессий Совещания выступил заместитель Министра энергетики В.А. Закревский. Он представил передовые практики Республики Беларусь по имплементации механизма государственно-частного партнерства (ГЧП), в том числе в части создания правовой основы, формирования институциональной среды для развития взаимодействия государственных и частных структур, реализации пилотных энергетических проектов в данной сфере. Заместитель Министра акцентировал внимание на том, что в процессе имплементации механизма ГЧП в национальную правовую систему на первое место следует ставить интересы людей, человеческие ценности, ориентируясь в том числе на цели Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

В атомной энергетике Беларуси созданы надежные механизмы аварийной готовности и реагирования

17 октября в Беларуси завершилась миссия МАГATЭ по рассмотрению аварийной готовности и реагирования на ядерные аварии и радиологические аварийные ситуации. Миссия работала по приглашению правительства Беларуси. Проведение подобных проверок является добровольным решением той или иной страны.

В ходе своей работы EPREV-миссия МАГATЭ оценивала аспекты готовности и реагирования на ядерные аварии и радиологические аварийные ситуации, в том числе вызванные экстремальными природными воздействиями.

Эксперты миссии пришли к выводам, что в Беларуси существуют эффективно действующие и надежные механизмы в области аварийной готовности и реагирования, выделили хорошие и применимые практики, обозначили сильные стороны, а также области, где необходимо дальнейшее улучшение.

По мнению специалистов, широкое использование механизмов международных оценочных миссий и партнерских проверок является для Беларуси надежным способом получения квалифицированных внешних оценок и рекомендаций в ходе

строительства первой в Беларуси атомной электростанции и позволяет гарантировать ее соответствие всем современным международным стандартам безопасности.

Доклад об интеграции БелАЭС в энергосистему представлен на заседании рабочей группы БРЭЛЛ

3–5 сентября в г. Юрмале (Латвия) состоялось 39-е заседание рабочей группы Комитета БРЭЛЛ по планированию и оперативному управлению. Белорусскую делегацию на мероприятии представляли руководитель рабочей группы, главный инженер – главный диспетчер РУП «ОДУ» Д.И. Кудрявец и начальник службы международного сотрудничества РУП «ОДУ» Е.В. Шеликова.

В рамках заседания белорусская сторона представила доклад об интеграции БелАЭС в энергосистему, в котором была озвучена информация об основных мероприятиях, необходимых для успешной интеграции АЭС в баланс электрических мощностей, и о ходе их реализации.

Представители стран Балтии проинформировали о ходе подготовки к проведению испытаний в энергетическом кольце БРЭЛЛ с отделением энергосистем стран Балтии на изолированную работу и о результатах подготовки «Инструкции по выделению энергосистем стран Балтии на изолированную работу от ЕЭС России и ОЭС Беларуси и восстановлению параллельной работы».

Атомная энергетика Беларуси демонстрирует открытость

11 октября в рамках Белорусского энергетического и экологического форума состоялся пресс-тур на Белорусскую АЭС для зарубежных журналистов, организованный Министерством энергетики Республики Беларусь. Представители более 20 зарубежных СМИ из Бангладеш, Венгрии, Германии, Литвы, Польши, Украины ознакомились с работой учебно-тренировочного центра БелАЭС, где в настоящее время проходит подготовку персонал будущей станции, посетили центральный щит управления, осмотрели башенные испарительные градирни и комплектное распределительное элегазовое устройство, откуда электроэнергия будет поступать в Белорусскую энергосистему после ввода БелАЭС в эксплуатацию. В ходе визита гости смогли также наглядно оценить степень готовности строящихся объектов.



Зарубежные журналисты на площадке строительства Белорусской АЭС

Пресс-тур для зарубежных журналистов в рамках Белорусского энергетического и экологического форума проводится уже в третий раз. Основная цель мероприятия – демонстрация открытости при реализации проекта БелАЭС, предоставление всем заинтересованным сторонам возможности получить сведения о ходе строительства станции «из первых рук», донести объективную информацию до общественности.



Обновленная ПС 110/10 кВ «Подлесная»

Завершилась реконструкция ПС «Подлесная»

7 сентября в Минске состоялся торжественный ввод в эксплуатацию обновленной ПС 110/10 кВ «Подлесная». Реализация проекта по реконструкции энергообъекта осуществлялась в соответствии с контрактом, заключенным между РУП «Минскэнерго» и компанией Riko d.o.o. (Республика Словения).

В результате реконструкции ПС создан резерв трансформаторной мощности в размере 30 МВА. На ПС 110 кВ «Подлесная» выполнена замена силовых трансформаторов на два трансформатора мощностью 63 МВА, проведена реконструкция закрытого распределительного устройства 6–10 кВ с заменой оборудования, построены две кабельные линии 110 кВ от Минской ТЭЦ-3 до ПС «Подлесная» общей протяженностью 14 км, возведено здание закрытого распределительного устройства 110 кВ с пунктом управления, где было установлено оборудование 11 кВ в элегазовой изоляции.

В роли генерального подрядчика выступала словенская компания Riko d.o.o. В качестве субподрядчиков максимально привлекались отечественные организации. Так, в разработке проектной документации участвовало РУП «Белэнергосеть-проект», строительно-монтажные и наладочные работы осуществлялись специалистами ОАО «Белэлектромонтажналадка», сопровождение проектирования и строительства подстанций – специалистами аппарата управления РУП «Минскэнерго» и филиала «Минские кабельные сети».

В рамках мероприятия был подписан Меморандум о взаимопонимании между ГПО «Белэнерго» и компанией Riko.

Внесены изменения в порядок расчетов за электроэнергию при ее безучетном потреблении

Министерством энергетики Республики Беларусь 19 сентября 2018 года принято постановление № 32 «О внесении дополнений и изменений в некоторые постановления Министерства энергетики Республики Беларусь». Документ принят

в целях совершенствования правового регулирования порядка перерасчетов (расчетов) за потребленную (потребляемую) электрическую энергию (мощность) в случаях ее самовольного (бездоговорного), безучетного потребления и при иных нарушениях в работе средств расчетного учета электрической энергии и мощности.

Подробнее читайте на стр. 63.

Впервые в Белорусской энергосистеме проведены курсы по тренажерной подготовке диспетчеров

В Белорусской энергосистеме впервые проведены специализированные курсы повышения квалификации по теме «Тренажерная подготовка диспетчеров центральных диспетчерских служб РУП-облэнерго». Курсы проводились в период с 17 по 21 сентября, целью обучающихся были приобретение, отработка и проверка практических навыков работы диспетчеров энергосистемы.

Мероприятие организовано ГУО «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов энергетики» совместно с РУП «ОДУ». Программа курсов содержала как лекционные, так и практические формы занятий на тренажерах и по программам тестирования знаний. Подготовка велась на базе кабинета тренажерной подготовки РУП «ОДУ» с использованием программных средств работы с персоналом, таких как режимный диспетчерский тренажер «Финист», тренажер оперативных переключений «Модус» и TWR-12.

Принят техрегламент ЕАЭС о безопасности газа

14 сентября на заседании Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) принят технический регламент ЕАЭС

«О безопасности газа горючего природного, подготовленного к транспортированию и (или) использованию». В документе определены требования безопасности к горючему природному газу, в том числе параметры содержания в нем сероводорода, кислорода, диоксида углерода, меркаптановой и общей серы, механических примесей, а также прописаны правила обращения голубого топлива на рынке ЕАЭС.

Принятие техрегламента является важным этапом формирования общего рынка газа ЕАЭС. Документ вступит в силу с 1 января 2022 года.

На Светлогорской ТЭЦ завершены работы по модернизации высоковольтных воздушных выключателей 110 кВ

В сентябре на Светлогорской ТЭЦ завершились работы по замене воздушных выключателей ВВН-110 и ВВБ-110 на элегазовые ВГТ-110 и GL312. Их применение позволит в 2,5 раза повысить параметры дугогасящего устройства. Кроме того, эксплуатация элегазовых выключателей не требует применения вспомогательного оборудования, что позволит экономить электрическую энергию, используемую компрессором, а также рабочее время и труд персонала, необходимые для проведения эксплуатационных и ремонтных работ.

Благодаря применению элегазовых выключателей повышается надежность и безопасность электрических переключений, улучшаются экономические показатели работы ТЭЦ и обеспечивается устойчивость работы Белорусской энергосистемы.

Подготовлено по материалам Минэнерго, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз», информагентств, собственных корреспондентов

Поздравляем!

Белорусские энергетики признаны лучшими в СНГ

В Бресте завершились XV Международные соревнования профессионального мастерства персонала электроэнергетической отрасли государств – участников СНГ. Звание лучшей бригады по ремонту и обслуживанию воздушных линий 110 кВ и выше завоевала команда филиала «Барановичские электрические сети» РУП «Брестэнерго», в состав которой вошли начальник службы линий Барановичского высоковольтного РЭС Эдуард Калюта, электромонтеры Виталий Мелюхевич, Сергей Мяделко, Петр Кита, Павел Мороз и мастер Илья Пунько.

Серебряными призерами стали команды из России и Казахстана. Бронзу разделили Таджикистан и Узбекистан.



Названа лучшая транспортная служба газоснабжающих организаций 2018 года

В Минске подведены итоги республиканского смотра-конкурса на звание «Лучшая транспортная служба газоснабжающих организаций 2018 года», который проходил 11–12 октября 2018 года. Первое место заняло РУП «Могилевоблгаз», второе место – УП «Гомельоблгаз», третье место – УП «Витебскоблгаз».

Призовые места в номинациях «Лучший автомеханик», «Лучший водитель категории «В», «Лучший водитель категории «С» заняли соответственно представители УП «МИНГАЗ», ПУ «Жлобингаз» РПУП «Гомельоблгаз» и ПУ «Могилевгаз» РУП «Могилевоблгаз».





БЕЛАРУСЬ ПРОДОЛЖИТ АКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С МАГАТЭ

*По итогам 62-й сессии
Генеральной конференции МАГАТЭ*

17 сентября 2018 года в Вене открылась 62-я Генеральная конференция Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Мероприятие проходило под знаком приверженности Целям устойчивого развития ООН и защите окружающей среды. Конференция традиционно собрала делегатов высокого уровня из более чем 160 государств – членов МАГАТЭ для обсуждения самых актуальных вопросов и утверждения направлений развития мировой атомной отрасли. Белорусскую делегацию возглавил заместитель Министра энергетики М.И. Михадюк.

На протяжении рабочей недели участники 62-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ обсуждали развитие атомной энергетики, проблемы ядерной безопасности, а также режим гарантий в рамках Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО). В ходе сессии состоялся научный форум «Ядерные технологии в борьбе с изменением климата: смягчение последствий, мониторинг и адаптация», целью которого стало стимулирование обсуждения научно-технических вопросов в рамках деятельности МАГАТЭ, в частности роли ядерной энергетики в ограничении выбросов углекислого газа и оценки достигнутых изменений.

18 сентября на полях 62-й сессии Генконференции прошел круглый стол на тему «Сотрудничество с поставщиком как предпосылка для успеха страны-новичка в ядерной энергетике», организованный Министерством энергетики Республики Беларусь. Участники встречи обсудили факторы успешной реализации атомных проектов в странах-новичках и важность ее информационного сопровождения на всех этапах.

Заместитель Министра энергетики Республики Беларусь М.И. Михадюк в своем выступлении сделал акцент на роли международного взаимодействия в работе над проектом будущей АЭС и заявил, что Беларусь продолжит активно взаимодействовать с МАГАТЭ при реализации национальной ядерной энергетической программы. Он отметил также всестороннее конструктивное взаимодействие со страной-поставщиком – Российской Федерацией.

Беларусь поддерживает многоплановую деятельность Агентства в области технической помощи. Действенным механизмом обеспечения доступа заинтересованных стран к освоению мирного атома является Программа сотрудничества МАГАТЭ. Для Беларуси она стала важным подспорьем в решении задач социально-экономического развития, подчеркнул заместитель Министра.

Опыт Беларуси уже не раз был рекомендован МАГАТЭ в качестве примера для других стран, развивающих атомный сектор. В том числе это опыт работы по формированию общественной приемлемости атомной энергетики. На сегодняшний день ее

развитие в стране поддерживает более половины населения Республики Беларусь. Это хороший показатель для страны-новичка. Самый высокий процент сторонников ядерной энергетики (порядка 60–70 %) фиксируется в странах, имеющих долгую и успешную историю безаварийной работы атомных блоков. В г. Островец, где сооружается БелАЭС, поддержка проекта достигает 70 %. Строительство станции также поддерживают более 70 % предпринимателей и фермеров. Это бесспорно говорит о понимании людьми того, какое значение для экономики имеет конкурентоспособный и стабильный источник электрической энергии. Кроме того, запуск БелАЭС позволит избежать выбросов в атмосферу около 7–10 млн т углекислого газа в год и заместить примерно 5 млрд м³ природного газа.

М.И. Михадюк отметил, что республика активно использует весь спектр инструментов Агентства – от проектов технического сотрудничества до экспертных миссий и партнерских рассмотрений. Заместитель Министра также положительно оценил подход «Вехи», разработанный для стран-новичков и представляющий собой интегрированное руководство по всем стадиям развития новых ядерных энергетических программ. Беларусь пользуется этим подходом и убеждена в его высокой практической полезности. «Ожидаем, что в перспективе в рамках этого подхода появится и дорожная карта использования инструментов МАГАТЭ, релевантных для стран-новичков», – сказал заместитель Министра.

Генеральная конференция в очередной раз стала основной площадкой для рассмотрения международным сообществом стратегических вопросов и проведения научных дебатов в сфере ядерной энергетики. Делегаты также обменялись мнениями о мерах по укреплению технического сотрудничества в области ядерной и радиационной безопасности, физической защиты ядерного материала и безопасного обращения с радиоактивными отходами.

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Факты. Прогнозы. Аналитика

СПГ может повлиять на стоимость газа в Европе

В течение трех лет в мире планируется ввести в строй около десятка новых СПГ-терминалов. Рост поставок СПГ превысит потребности Европы и обвалит цены на газ в Европе. Такой прогноз содержится в проекте бюджета Норвегии на 2019 год.

В последнее время основной рост спроса на газ фиксируется в Азии, что уже привело к повышению цены на этот энергоресурс в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР). По данным международного консалтингового агентства Timera Energy, вне конкуренции находится Катар. К 2020 году Доха планирует увеличить экспорт СПГ с 77 до 100 млн т (138 млрд м³) за счет освоения месторождения «Северное». Аналитики Timera Energy считают, что катарский газ останется самым конкурентоспособным в мире.

За второе место соперничают российские и американские проекты. По мнению экспертов, минимальная цена на СПГ в Соединенных Штатах при добыче его на уже действующих месторождениях и сжижении на терминале Sabine

Pass составляет с доставкой в Азию \$ 259. Однако новые добывающие и сжижающие мощности потребуют более высокой стоимости для возврата инвестиций и минимальной маржи – \$ 277.

Итальянская Eni начала проект по освоению морского месторождения газа с запасами в 450 млрд м³. Минимальная стоимость СПГ с него для Азии составит \$ 301–337. Австралия планирует нарастить экспорт СПГ к 2020 году до 121 млрд м³ (88 млн т). 27 млрд м³ газа (21 млн т) должны принести три новых проекта компаний Chevron, Shell и Inpex Corp. При этом австралийский СПГ будет одним из самых дорогих: в консалтинговом агентстве считают, что минимальная стоимость его для Азии будет держаться на уровне \$ 319–355.

Эксперты также подчеркивают, что катарские объемы энергоресурса дешевы, но ограничены. Поставки его из США (крупные объемы) и России (ограниченные объемы) выглядят наиболее конкурентными. Из остальных крупных источников снабжения СПГ лучшими являются проекты, реализуемые в Восточной Африке. Именно эти поставщики будут существенно влиять на стоимость СПГ.

Китай станет крупнейшим импортером газа

В ближайшее время Китай станет крупнейшим в мире импортером природного газа, опередив Японию. Эксперты считают, что газовый рынок переживает период трансформации, и Китай огромными шагами идет к тому, чтобы стать на нем ключевым игроком. В текущем году страна станет первым по величине импортером природного газа в мире, опередив Японию. В следующем году разница между показателями импорта этих стран усилится.

Ключевым драйвером роста спроса на газ в мире становится промышленный сектор, опережающий сектор электроэнергетики. В то же время эксперты МЭА предупреждают о существующих рисках для роста спроса на газ. В частности, аппетиты потребителей могут быть умерены возможным ростом цен на голубое топливо.

Российские эксперты считают, что потребление этого энергоресурса в КНР в ближайшем будущем превысит 300 млрд м³ в год. Китайский газовый рынок является самым динамичным и перспективным в мире. Страна ежегодно демонстрирует впечатляющие темпы роста спроса на природный газ. В 2017 году потребление в стране увеличилось более чем на 15 % и достигло 237 млрд м³. В первом полугодии 2018 года рост составил уже 17,5 % по сравнению с аналогичным периодом



прошлого года. В условиях проводимой китайским правительством экологической политики потребление газа в Китае будет только увеличиваться.

При этом темпы роста потребления газа в КНР существенно опережают увеличение собственной добычи. Совокупный объем китайского производства голубого топлива повысился в 2017 году только на 8,5 % по сравнению с 2016-м, и по добыче газа Китай занял шестое место в мире. В связи с этим КНР уже несколько лет пытается повторить американскую сланцевую революцию. Если ситуация будет благоприятствовать китайским газодобытчикам, то к 2040 году Поднебесная может нарастить добычу газа до 0,5 млрд м³ в сутки. Однако

ряд экспертов считает, что сланцевый бум в Китае – это пузырь, который рано или поздно лопнет. Об этом говорит опыт ряда стран, отказавшихся от добычи сланцевого газа.

Так или иначе, Китай далек от того, чтобы обеспечить национальный спрос на газ за счет собственной добычи. Китайские аналитики прогнозируют, что к 2020 году ежегодный объем потребления природного газа в Китае вырастет до 290 млрд м³, а к 2030 году – до 480 млрд м³. Разницу между внутренним предложением и спросом в любом случае придется покрывать импортом.

Мировая энергетика должна отказаться от угля к 2020 году

По мнению ученых, мировая общественность ежегодно должна инвестировать \$ 2,4 трлн в возобновляемые источники энергии (ВИЭ) до 2035 года и сократить использование угольной энергии почти до нуля к 2020 году, чтобы замедлить темпы изменения климата. Такие выводы опубликованы Межправительственной группой экспертов по изменению климата.

Отчет МГЭИК рекомендовал к 2050 году:

- сократить долю угля в электроэнергетике до 2 % или меньше;
- увеличить долю ВИЭ в генерации до 70–85 %;
- использовать технологию улавливания и хранения углерода для поглощения остаточных выбросов ископаемого топлива;
- снизить долю природного газа в выработке электроэнергии до 8 %.

По мнению экспертов Международного энергетического агентства (МЭА), реализация этих планов приведет к массовым потрясениям в энергетической системе, ведь на долю угля в настоящее время приходится около 37 % генерации, на долю газа – 24 %.

Доклад стал очередным тревожным напоминанием о глобальном потеплении. Принимая во внимание текущие обязательства по сокращению выбросов в рамках Парижского соглашения по климату, эксперты отметили, что с 2030 по 2052 год температура на планете поднимется на 1,5 °С. Это может привести к повышению уровня моря на 77 см к концу века.

Польша намерена перейти на американский СПГ

В октябре польская нефтегазовая компания PGNiG (Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo) подписала долгосрочный контракт на закупку у американской компании Venture Global LNG сжиженного природного газа. По контракту США будут ежегодно поставлять в страну 2 млн т СПГ в течение 20 лет. Поставки будут осуществляться по формуле Free On Board (FOB), то есть расходы по доставке товара на борт судна ложатся на продавца.

Представители польской компании утверждают, что американский СПГ обойдется им почти на 20–30 % дешевле, чем российский газ. При этом Польша планирует импортировать как природный газ (по концессии на добычу газа на Норвежском шельфе), так и СПГ.

О намерении польской стороны подписать контракты на поставку СПГ с американскими компаниями стало известно еще летом. В 2022 году истекает действие контракта PGNiG с «Газпромом». По данным 2017 года потребление природного газа в Польше составило 19,1 млрд м³, а собственная добыча – около 4 млрд м³. Основным поставщиком газа в Польшу является российский «Газпром». Согласно так на-



зываемому ямальскому контракту он поставляет в страну ежегодно до 10,2 млрд м³ газа, что составляет почти 70 % от всего потребляемого в Польше газа.

Объем, который будет поставлять в Польшу Venture Global LNG, ничтожно мал по сравнению с предусмотренным долгосрочным контрактом Польши и «Газпрома». Нынешний договор с Америкой – это, скорее всего, очередной символический политический ход польской стороны, считают эксперты.

Впрочем, если Польша в дальнейшем не сможет договориться с «Газпромом» о снижении цены на газ, то к 2022 году страна может создать инфраструктуру, позволяющую принимать до 6 млн т СПГ в год. Помимо этого, газ может поставлять Норвегия по трубопроводу Baltic Pipe, который может быть построен к 2022 году. Его мощность рассчитана на поставку до 10 млрд м³ в год. Однако в таком случае Польше придется переплачивать за голубое топливо. Так, если трубопроводный газ в 2017 году стране обходился в среднем в \$ 222 за 1 тыс. м³, то американский по ценам того года стоил на \$ 30 дороже, и это не учитывая затрат Польши на строительство инфраструктуры.



В 2017 году было введено рекордное количество объектов возобновляемой энергетики

Повышение ценовой конкурентоспособности ветровой и солнечной энергии привело к тому, что в прошлом году

сектор ВИЭ продемонстрировал рекордное увеличение мощностей. К таким выводам пришли специалисты международной некоммерческой организации REN21. В ее отчете говорится, что в 2017 году возобновляемая энергетика приросла на 178 ГВт. На новые фотоэлектрические установки пришлось рекордные 98 ГВт – на 29 % больше, чем в 2016 году. Ветроэлектростанции добавили сектору 52 ГВт, что на 4 % больше по сравнению с 2016-м.

Суммарная мировая мощность установок ВИЭ в 2017 году достигла 2195 ГВт (в 2016-м этот показатель составлял 2017 ГВт). По приросту в прошлом году сектор обогнал углеводородную энергетику: в 2017-м на возобновляемые источники пришлось 70 % всех нововведенных мощностей. Новые инвестиции в сектор примерно в 2 раза превысили вложения в ископаемое топливо и ядерную энергетику.

В отчете также сообщается, что в 2017 году (впервые за последние 4 года) зафиксирован рост потребления энергии и связанных с ней выбросов углекислого газа. Увеличение составило 2,1 % и 1,4 % соответственно. Причиной исследователи назвали экономический рост развивающихся стран и прирост населения.

В Японии созданы солнечные батареи с новым принципом работы

Новая перспективная разработка японских компаний Panasonic и Sekisui Chemical приближает время революции в солярической энергетике. Компании разработали способ создания пленочных перовскитных панелей, который значительно удешевляет стоимость изделий. Преимущество пленочных батарей в том, что их можно прикреплять к любой поверхности. Разработка призвана составить конкуренцию распространенным ныне изделиям из кремния, а впоследствии, возможно, и заменить их.

Работа над устройствами на основе перовскита началась в 2009 году. Японским специалистам удалось перенести действующее вещество на гибкие материалы и удешевить производство солнечных батарей на 50 % по сравнению с аналогами на основе кремния. Недостатком новых батарей были небольшая площадь, они уступали кремниевым в два раза по сроку службы и КПД. Новые разработки от Panasonic и Sekisui Chemical устраняют эти недостатки. Перовскитные модули размером 20×20 см можно скреплять друг с другом и покрывать ими большие площади. Срок службы новых батарей удалось повысить до 10 лет, а КПД – до 20 %. Тем не менее по этим показателям они все еще уступают традиционным панелям, которые имеют КПД 25 %, срок службы 20–25 лет и используются для создания электростанций на больших площадях.

Совершенствование инновационных панелей расширит возможности их применения. Уже сейчас их можно использовать для обеспечения электроэнергией крупных жилых и офисных зданий. С учетом тенденций развития гелиоэнергетики правительство Японии запланировало повышение удельного веса солнечной электроэнергии в местной сети до 7 % за ближайшие 10–12 лет. При этом стоимость киловатт-часа должна снизиться с 20 до 7 иен.

Япония в который раз подтвердила свое лидерство в разработке перспективных перовскитных солнечных батарей. Ее соперники в этой области – Швейцария, Южная Корея и Великобритания – все еще не могут догнать Страну восходящего солнца.



Мощность солнечной энергетики вырастет втрое

В течение следующих 5 лет мощность солнечной энергетики может увеличиться втрое. В последнем ежегодном докладе Международного энергетического агентства по возобновляемым источникам энергии отмечено, что к 2023 году потенциал глобальной возобновляемой энергетики вырастет на 1 ТВт, чему поспособствовали бум солнечных установок и активная государственная политика в этой области.

Согласно Всемирной базе данных электростанций (S&P Global Market Intelligence, Platts), начиная с 2015 года в мире начали вводить в эксплуатацию больше «чистых» мощностей (солнечные, ветровые, гидро- и ядерные электростанции), чем работающих на ископаемом топливе.

По мнению экспертов МЭА, гелио-, ветро- и гидроэнергетика продолжит опережать производство электроэнергии с использованием природного газа и угля. Поколение станций, работающих на природном газе, будет вытесняться дешевыми угольными и все более конкурентоспособными солнечными и ветровыми технологиями.

Несмотря на то что возобновляемые источники энергии увеличат свою долю в мировом производстве электроэнергии до 30 % к 2023 году, рост производства угля в Азии означает, что самое грязное ископаемое топливо останется преобладающим источником энергии в АТР.

По прогнозам, в течение последующих 5 лет мощность гидроэнергетики вырастет на 12 %, она по-прежнему будет самым востребованным ВИЭ к 2023 году. Ожидается, что ветроэнергетика увеличит свою долю на две трети – до 7 %. Солнечная генерация вырастет втрое, обгоняя биоэнергетику, и станет третьим по значимости источником возобновляемой энергии.

Китай будет отвечать за 41 % глобального роста возобновляемой энергетики, добавив 438 ГВт чистой энергии. Страна превратится в крупнейшего ее потребителя в мире, обогнав ЕС. Почти половина энергии, потребляемой в Бразилии, будет поступать из возобновляемых источников к 2023 году, в значительной степени за счет развития гидро- и биоэнергетики.

МЭА заявила, что биоэнергетика – это «слепое пятно» в мире ВИЭ, хотя на ее долю приходилась половина всей чистой энергии, потребляемой в 2017 году. Большая часть

энергии, получаемой за счет использования анаэробных технологий и древесных гранул, используется для обогрева зданий в промышленности.

Глобальные выбросы углекислого газа от потребления энергии в 2017 году выросли на 1,6 % после 3 лет незначительной динамики. В настоящее время на уголь приходится около 27 % мирового спроса на энергоресурсы. Согласно данным последнего обзора мировой энергетики, эта доля, вероятно, снизится примерно до 22 %, поскольку правительства перейдут к энергетической политике, направленной на выработку более чистой энергии.

В Англии построена крупнейшая в мире ветроэлектростанция

На северо-западном побережье Англии введена в эксплуатацию самая большая в мире ветроэлектростанция. ВЭС Walney Extension мощностью 659 МВт будет перерабатывать энергию морского ветра, снабжая электричеством почти 600 тыс. домов. Она занимает территорию площадью 145 км², оснащена 87 турбинами производства Siemens Gamesa и MHI Vestas. При этом установленные на высоте 195 м турбины MHI Vestas мощностью 40 МВт являются самыми крупными в мире.

Walney Extension принадлежит датской энергетической компании Orsted, которая разработала и реализовала проект, и двум пенсионным фондам Дании – PFA и PKA.

В настоящее время Великобритания является мировым лидером по производству морской ветровой энергии. На территории страны размещается порядка 36 % имеющихся в мире мощностей.



Закрытие АЭС в США замедлит развитие чистой энергетики

В США пока нет лучшего варианта генерации чистой энергии, чем атомная энергетика. Но многие атомные станции страны эксплуатируют уже устаревшее оборудование. При этом США все еще сильно зависят от углеводородов: уголь и газ дают Америке примерно 60 % всего потребляемого электриче-

ства. И хотя возобновляемая энергетика наращивает свой удельный вес в топливно-энергетическом балансе, этого пока недостаточно.

В этой ситуации США все же вывели из эксплуатации три атомные электростанции. Реакторы этих АЭС приближались к крайнему сроку выработки – 60 лет, и обеспечивать их жизнеспособность стало нерентабельно, поскольку затраты на поддержание их в рабочем состоянии превышали прибыль от продажи выработанной энергии.

С одной стороны, Штаты борются с выбросами в атмосферу остатков сжигания углеводородов, с другой – чистая электроэнергия проигрывает в конкурентной борьбе с дешевой «грязной». Эксперты считают, что закрытие атомных электростанций остановит развитие чистой энергетики в США, а в отношении экологической безопасности страна будет отброшена на 10 лет назад.

В Китае заработала первая коммерческая солнечная электростанция

В октябре в китайской провинции Цинхай была введена в эксплуатацию первая в КНР крупная коммерческая солнечная тепловыделяющая электростанция, которая будет вырабатывать 50 МВт электроэнергии. Проект назван «Дэлинха» в честь города, где находится станция. Здесь планируют производить до 200 млн кВт·ч ежегодно. Для выработки такого же количества электроэнергии на угольной электростанции необходимо было бы сжечь до 60 тыс. т угля, что спровоцировало бы выброс в атмосферу до 100 тыс. т парниковых газов.

Новая ТЭС относится к типу станций, которые работают на концентрированной солнечной энергии (CSP). Это необычно для Китая, поскольку здесь чаще всего строят солнечные станции с фотоэлектрическими установками (PV). Если станции типа PV при помощи специальных материалов напрямую преобразуют солнечную энергию в электричество, то на станциях типа CSP используется система линз и зеркал для накопления энергии солнца и разогрева традиционного парового генератора с помощью сконцентрированного луча света.

На станции установлены 250 тыс. зеркал, а суммарная площадь зеркальной поверхности составляет 620 тыс. м². Объект оборудован системой накопления и хранения энергии: для этой цели в тепловом куполе расположен крупнейший в Азии резервуар с расплавленной солью диаметром 42 м. Когда солнечного света недостаточно, накопленная энергия может продолжать вырабатывать электричество, обеспечивая круглосуточную стабильность работы станции.

Тепловыделяющая электростанция в г. Дэлинха стала первым китайским проектом в энергетической сфере, который реализован при помощи кредита от Азиатского банка развития (АБР). Это первая из 20 станций на концентрированной солнечной энергии, которые в ближайшие годы планируется построить на территории Китая. Станции такого типа являются более стабильными и могут выступать в качестве основной энергетической инфраструктуры того или иного района).

Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов и печатных СМИ

ЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ НАЦЕЛЕНА НА ИННОВАЦИИ

Интервью Министра
энергетики Республики
Беларусь В.М. Каранкевича

31 августа Глава государства подписал Указ № 354 о назначении Министром энергетики Республики Беларусь Виктора Михайловича Каранкевича – одного из самых молодых руководителей высшего звена системы государственного управления республики.

Представляя трудовому коллективу нового руководителя, заместитель Премьер-министра Беларуси И.В. Ляшенко отметил высокую квалификацию В.М. Каранкевича, присущие ему системное мышление, способность принимать ответственные решения и аналитический подход к решению поставленных задач.

Как Министр видит настоящее и будущее белорусской энергетики, какие задачи считает приоритетными, какие решения – предпочтительными, Виктор Михайлович рассказал в интервью корреспонденту журнала.



Энергетика в Вашей жизни – это осознанный выбор?

– Можно сказать, что интерес к энергетике у меня был заложен с детства. Мои отец и брат – энергетики, я рос среди людей, которые работали в этой сфере. В 1997 году, когда я получил диплом об экономическом образовании, судьба поставила меня перед выбором: идти в банковскую сферу или в энергетику. Я выбрал энергетику – и никогда об этом не пожалел.

Экономическое образование мне очень пригодилось в работе. Но если человек хочет хорошо знать экономику, то должен знать и то, что за этим стоит, то есть технологии. Поэтому я продолжил свое образование и поступил на энергетический факультет Белорусской государственной политехнической академии, ныне БНТУ, где учился без отрыва от производства.

Мне в жизни повезло: в институте у меня были грамотные преподаватели, а на работе – руководители высокой квалификации, которые помогли освоить азы экономической и энергетической теории и практики. За время работы в Белорусском государственном энергетическом концерне (ныне ГПО «Белэнерго») я на практике уяснил для себя особенности экономики в энергетике, получил представление об основах внешнеэкономической деятельности в энергетической сфере. Когда я перешел в Министерство

энергетики, этот опыт позволил мне быстро освоить работу с финансово-экономическими документами на новом уровне.

В моей жизни было еще два значимых назначения. Я работал заместителем, а затем первым заместителем Министра энергетики. Это мне многое дало для понимания состояния и перспектив развития энергетики и финансово-экономических аспектов в этой сфере, что очень помогло в координации переговоров с Российской Федерацией по вопросам поставки природного газа и электрической энергии в республику, в которых я участвовал как представитель отрасли.

В Минэнерго мне пришлось курировать экономику всех отраслевых подразделений, заниматься финансово-экономическими направлениями развития отрасли, аспектами бизнес-планирования, господдержки, контролировать финансовые результаты деятельности подведомственных организаций, решать широкий круг других актуальных для энергетической сферы вопросов. То есть практически все аспекты деятельности Минэнерго мне знакомы. Это, безусловно, поможет справиться с выполнением поставленных задач. Назначение на должность Министра – это большая ответственность. Я благодарен, что Главой государства мне предоставлена возможность проявить себя в новом качестве.

Как изменился облик белорусской энергетики за последнее десятилетие?

– Мой приход в Министерство энергетики совпал с началом системного и масштабного обновления энергетических производственных фондов. С 2006 года в республике были реализованы две государственные программы, направленные на модернизацию Белорусской энергосистемы. Благодаря этому отрасли удалось достигнуть высоких показателей в области экономии использования топливно-энергетических ресурсов. Сегодня Беларусь занимает передовые позиции среди стран СНГ по снижению удельного расхода топлива. С 2005 года этот показатель удалось сократить на 42,5 г у.т. Существенно – с 66 % до 47 % – снизился износ активной части основных фондов энергосистемы. По итогам 2017 года республика достигла индикатора энергобезопасности по доле ВИЭ в валовом потреблении ТЭР на уровне 6,2 %, что соответствует установленному Концепцией энергетической безопасности показателю на 2020 год.

Модернизация энергосистемы позволила Беларуси отказать от импорта электроэнергии. За счет генерации на собственных электростанциях отрасль не только полностью обеспечивает потребность страны в электроэнергии, но и наращивает свой экспортный потенциал

Модернизация энергосистемы позволила Беларуси отказаться в этом году от импорта электроэнергии, за исключением незначительных объемов, связанных с технологическим балансированием в рамках параллельной работы энергосистемы Беларуси с энергосистемами сопредельных стран. Сегодня отрасль за счет генерации на собственных электростанциях не только полностью обеспечивает потребность страны в электроэнергии, которая в 2018 году состав-

ляет около 37 млрд кВт·ч, но и наращивает экспортный потенциал. С начала года мы экспортировали в другие страны порядка 800 млн кВт·ч. Благодаря внедрению эффективных энергетических технологий этот потенциал будет только увеличиваться.

В эти годы активно развивалась и газовая отрасль. В настоящее время Беларусь – одна из самых газифицированных стран на постсоветском пространстве. Современная газораспределительная система протяженностью более 61 тыс. км обеспечивает подачу природного газа во все города и районные центры страны. Потребителями голубого топлива являются около 2,6 тыс. промышленных и почти 10 тыс. жилищно-коммунальных предприятий. Природным и сжиженным газом в республике газифицировано 3,7 млн квартир, в том числе 1,1 млн квартир – в сельской местности. Только за девять месяцев 2018 года газоснабжающими организациями ГПО Белтопгаз поставлено потребителям свыше 13 млрд м³ природного газа и 48 тыс. т сжиженного.

По итогам 2017 года республика достигла индикатора энергобезопасности по доле ВИЭ в валовом потреблении ТЭР на уровне 6,2 %, что соответствует установленному Концепцией энергетической безопасности показателю на 2020 год

Значительный вклад в диверсификацию топливно-энергетического баланса страны внесла торфяная отрасль. Организации системы Минэнерго добывается около 2,5 млн т торфа и производится около 1,1 млн т топливных брикетов и торфяной сушенки в год. Ежегодно порядка 400 тыс. т этой продукции поставляется на цементные заводы, позволяя замещать импортируемые природный газ и каменный уголь.

Как Вы относитесь к дискуссиям в СМИ о безопасности Белорусской АЭС и реализации электроэнергетики после ввода атомной электростанции?

– Хочу подчеркнуть, что при строительстве Белорусской АЭС в полной мере обеспечиваются наиболее современные меры безопасности, а выбранный республикой проект нового поколения «три плюс» соответствует самым жестким требованиям в этой области. Этот факт признан экспертами МАГАТЭ.

Что касается использования электроэнергии, то строительство АЭС нацелено прежде всего на обеспечение внутреннего рынка, потребность которого сейчас имеет устойчивую тенденцию роста, и в перспективе эта тенденция будет сохраняться. Сегодня республика сосредоточена на своевременной реализации мероприятий, связанных с интеграцией Белорусской атомной электростанции в энергосистему и экономику страны. Разработан комплекс мер по развитию промышленных предприятий, электротранспорта, осуществляется строительство электродкотлов и др. Вместе с тем ввод атомной станции позволит нам увеличить поставки электроэнергии на зарубежные рынки.

Сегодня, когда станция еще не введена в эксплуатацию, белорусская электроэнергия поставляется, к примеру, в Литву

в зону энергобиржи Nordpoolspot в режиме «на сутки вперед», что предусмотрено правилами торговли электроэнергией в странах Балтии. За девять месяцев текущего года Беларусь увеличила экспорт электроэнергии более чем в семь раз по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Если наша электроэнергия будет конкурентоспособной, то и иные направления экспорта будут востребованы, в том числе после ввода в эксплуатацию энергоблоков атомной станции.

Амбициозной целью в энергетике является создание общих энергетических рынков в рамках Евразийского экономического союза. Договор о формировании общего электроэнергетического рынка ЕАЭС должен быть подписан до июля 2019 года. Думаю, что это еще один рынок, где электроэнергия белорусского производства может быть востребована. Его создание – это уникальный опыт для всех государств-участников, и, конечно, мы сталкиваемся в подготовительном процессе с различными сложностями.

” Реализация проекта строительства АЭС позволит ежегодно замещать до 5 млрд м³ природного газа, что, в свою очередь, приведет к снижению выбросов парниковых газов в атмосферу на 7–10 млн т в год. Это соответствует Целям устойчивого развития в энергетике

Из биографии:

В.М. Каранкевич родился 1 августа 1976 года в г. Кировске Могилевской области. В 1997 году окончил Негосударственный институт современных знаний по специальности «Экономическая информатика», в 2005-м – Белорусский национальный технический университет по специальности «Теплоэнергетика», в 2010 году – с отличием Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «Государственное управление национальной экономикой».

После окончания института В.М. Каранкевич поступил на работу в Белорусский государственный энергетический концерн в качестве специалиста приватизации и управления госимуществом. В 2004 году, минуя несколько служебных ступенек, занимает должность начальника финансового отдела – заместителя начальника управления финансов, учета и отчетности концерна. В 2006 году В.М. Каранкевич возглавляет главное экономическое управление Министерства энергетики Беларуси, в 2012-м назначается заместителем Министра, а в 2017 году – первым заместителем Министра энергетики.

Но уверен, что принцип взаимовыгодного сотрудничества, равноправия и учета национальных интересов, заложенный в Договоре о ЕАЭС, позволит успешно справиться с поставленными задачами.

Какова роль ВИЭ в обеспечении экологической безопасности энергетики?

– Пожалуй, правильно говорить об экологической безопасности страны. Одна из составляющих Целей устойчивого развития Беларуси – это решение вопросов экологии. В рамках выполнения Парижского соглашения по климату наша республика взяла на себя обязательства к 2030 году сократить общие выбросы парниковых газов на 28 % по сравнению с уровнем 1990 года. Энергоснабжающие организации отрасли эту задачу уже выполнили. В 2017 году выбросы парниковых газов от энергоисточников организаций ГПО «Белэнерго» в эквиваленте CO₂ составили около 22,5 млн т, то есть снизились к уровню 1990 года на 43,3 %, а с вводом в эксплуатацию экологически значимого объекта – Белорусской АЭС – они сократятся еще значительно – до 15,5 млн т, или более чем на 60 %.

Возобновляемые источники энергии не являются панацеей от загрязнения атмосферы парниковыми газами. Согласно статистическим данным, в 2017 году выбросы загрязняющих веществ (без пересчета в эквивалент CO₂) при сжигании топлива, используемого для производства электрической и тепловой энергии всеми субъектами хозяйствования, составили 87,2 тыс. т, или только 7 % от общего количества выбросов в республике. Основная их часть (787,2 тыс. т, или 63,2 %) приходится на долю автотранспорта. Именно в этот сектор и следует направить основные усилия по решению экологических вопросов, и в первую очередь необходимо развивать электротранспорт. С этой целью принят уже ряд нормативных документов.

Развитие возобновляемой энергетики было и остается актуальным для отрасли, в особенности вопросы интеграции созданных и создаваемых установок в энергосистему и их влияние на тарифы для конечных потребителей.

В 2012 году в системе Минэнерго завершено строительство Гродненской ГЭС установленной мощностью 17 МВт, в 2016-м – Новогрудской ветроэлектростанции мощностью 9 МВт, а в середине 2017 года введены в эксплуатацию две



В ходе рабочего визита на филиал ПУ «Оршагаз» УП «Витебскоблгаз»

самые крупные гидроэлектростанции в Беларуси – Полоцкая ГЭС мощностью 21,7 МВт и Витебская ГЭС мощностью 40 МВт.

Учитывая развитие современных технологий, применяемых при создании установок на основе ВИЭ, и значительное снижение капитальных вложений в создание таких объектов, общество приближается к тому уровню ответственности в вопросах экологии, который позволяет государству сокращать стимулирующие меры для поддержки возобновляемой энергетики, что, в свою очередь, даст возможность снизить стоимость энергии для потребителей. А это одна из наших стратегических задач. Я уверен, что мы сможем найти баланс интересов производителей и потребителей.

Какие стратегические задачи стоят перед энергетикой на современном этапе развития?

– Глобальной задачей отрасли остается обеспечение энергетической безопасности республики. Нам потребуется реализовать до 2020 года ряд программных документов и отраслевых программ в электроэнергетике, газовой и торфяной отраслях. Причем стратегию развития топливно-энергетического комплекса я охарактеризовал бы как нацеленность на инновации, ведь именно они позволят обеспечить производство конкурентоспособной продукции на уровне мировых стандартов при надежном и эффективном энергообеспечении экономики и населения.

Одна из стратегических задач ближайшей перспективы – ввод в эксплуатацию Белорусской атомной станции. Это важно для развития не только энергетической сферы, но и всей экономики. Создание в республике атомной энергетики придаст качественно новый интеллектуальный и технологический импульс развитию страны и обеспечит дополнительные гарантии укрепления государственной независимости и экономической безопасности Беларуси. Реализация проекта строительства АЭС позволит ежегодно замещать до 5 млрд м³ природного газа, что, в свою очередь, приведет к снижению выбросов парниковых газов в атмосферу на 7–10 млн т в год. Это соответствует и Целям устойчивого развития в энергетике – как в плане обеспечения всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии, так и в области экологии. Как я уже говорил, в настоящее время усилия сосредоточены также на своевременной реализации мероприятий по интеграции БелАЭС в энергосистему и экономику страны.

За последние 10 лет в сфере электроэнергетики проведена большая работа по развитию электрогенерирующих производств. Сегодня на первый план выходит строительство и обновление электросетевой инфраструктуры. Эта задача является особенно актуальной в связи с вводом в эксплуатацию БелАЭС. Модернизация электрических сетей позволит повысить надежность электроснабжения потребителей и создать предпосылки для увеличения доли этого энергоресурса в топливно-энергетическом балансе страны.

На международном уровне нам предстоит завершить работу по созданию общих энергетических рынков Евразийского экономического союза.

Реализация этих целей и задач, поставленных Главой государства и Правительством, потребует от сотрудников аппарата Министерства энергетики, руководителей разных уровней и специалистов организаций системы Минэнерго большого напряжения сил и жесткой дисциплины – исполнительской, производственно-технологической и финансовой. Нам необходимо обеспечить энергетическую, газовую и торфяную отрасли квалифицированными кадрами и постоянно поддерживать высокий уровень профессионализма персонала. Это позволит повысить эффективность работы организаций на всех этапах производства. При этом в центре внимания должно оставаться качество оказания услуг по энерго- и газоснабжению населения. Мы должны быть доступными и открытыми для потребителей, создавать максимально комфортные условия для наших людей.

Беседовала Ольга Гончар



Заместитель Премьер-министра Беларуси И.В. Ляшенко представляет коллективу нового Министра энергетики В.М. Каранкевича



На XXIII Белорусском энергетическом и экологическом форуме



Торжественное мероприятие, посвященное Дню знаний, в СШ № 1 г. Кировска на малой родине В.М. Каранкевича



Акция «Наши дети» в Социально-педагогическом центре Центрального района г. Минска



ГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ СОХРАНИТ ДИНАМИКУ РАЗВИТИЯ

К 60-летию газовой отрасли Беларуси

60 лет назад было положено начало развитию газовой отрасли в Беларуси. За эти годы организации, входящие в состав ГПО «Белтопгаз», обеспечили широкую газификацию населенных пунктов республики и масштабное использование природного газа в качестве топлива на электростанциях, промышленных и отопительных котельных. Сегодня Беларусь является самой газифицированной страной на постсоветском пространстве, а протяженность распределительных газопроводов республики превысила длину экватора.



А.В. ЖИЛКО,
первый заместитель генерального
директора ГПО «Белтопгаз»

Начало газовой эры

Газовая эра для Беларуси началась в далекие 50-е годы прошлого столетия. Тогда большинство теплоэлектростанций республики работали на угле и торфе. Массовое сжигание твердого топлива крупными и мелкими потребителями привело к значительному увеличению вредных выбросов в атмосферу. Кроме того, с ростом экономики и увеличением потребления электроэнергии промышленными предприятиями истощались торфяные месторождения, к которым привязывались

крупные электростанции – БелГРЭС, Василевичская ГРЭС, Жодинская ТЭЦ и др. Эти и ряд других факторов привели к переориентации топливно-энергетического комплекса Беларуси на использование природного газа. 6 ноября 1958 года Центральным комитетом КПБ и Советом Министров БССР было принято постановление № 738 «О плане газификации городов и других населенных пунктов Белорусской ССР в 1959–1965 годах», которое положило начало газовой эре в стране.

В первые годы индивидуальные и многоквартирные жилые дома газифицировались сжиженным газом от газобаллонных установок и от групповых емкостных установок и систем газопроводов сжиженного газа. Пропан-бутан доставляли в республику с заводов, расположенных в Башкирии и Татарстане. В то же время эти газопроводы были спроектированы с учетом перевода их в последующем на природный газ.

С 1959 по 1965 год в республике были построены 7 газонаполнительных станций: Минская, Брестская, Витебская, Гомельская, Могилевская, Гродненская, Барановичская, в последующие годы – еще 9 таких станций. Это позволило обеспе-



Укладка газопровода в траншею

чить бесперебойное снабжение населения и других потребителей сжиженным газом, а также сократить затраты на доставку этого топлива.

Одновременно в республике шла подготовка к приему природного газа, разрабатывались генеральные схемы газификации городов и других населенных пунктов. Эта работа осуществлялась с учетом перспективных нагрузок, что позволило в будущем избежать непроизводительных затрат на реконструкцию систем газоснабжения.

Природный газ в Беларусь предстояло подать из ближайшего в то время месторождения в Дашаве (Украина) по магистральным газопроводам Дашава – Минск и Щорс – Гомель. 30 октября 1960 года на Центральной площади г. Минска (ныне Октябрьская площадь) был зажжен факел, символизирующий приход природного газа в республику. С этого момента начался опережающий рост его потребления.

Развитие газификации стало государственной политикой

К середине 1960-х годов природный газ получили Минск, Гомель, Гродно, Брест и Барановичи, а также значимые предприятия, такие как Березовская ГРЭС, Волковысский цементный и Березовский известковый заводы, стеклозавод «Неман» и многие другие.

Уже к концу 1970 года 1200 промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных предприятий, лечебных учреждений республики перешли на использование природного газа. Количество газифицированных квартир в Беларуси составило 808,2 тыс. То есть около 3 млн человек к этому времени уже пользовались природным или сжиженным газом.

Новый этап газификации Беларуси начался в 1974 году, после завершения строительства газопровода Торжок – Минск – Ивацевичи. Газ покрывал пятую часть потребностей республики в первичной энергии и постепенно занимал доминирующие позиции в топливно-энергетическом балансе страны.

В начале 1976 года была введена в эксплуатацию вторая нитка газопровода Кобрин – Брест. А запуск второй нитки газопровода Торжок – Минск – Ивацевичи в 1978 году открыл возможности для обеспечения природным газом таких белорусских городов, как Витебск, Могилев, Мосты, Дубровно, Крупки.

Активное развитие газовой отрасли стало частью государственной политики. За первые 10 лет с начала газификации в республике было построено 1400 км распределительных газопроводов. С целью перевода теплоэлектростанций и крупных котельных на сжигание природного газа была проведена их крупномасштабная модернизация. Начиная с 1994 года газификация в Беларуси приобрела интенсивный характер и стала осуществляться ускоренными темпами.

В настоящее время Республика Беларусь является самой газифицированной страной не только на постсоветском пространстве, но и в мире. Газораспределительная система представляет собой разветвленную сеть газопроводов длиной более 60 тыс. км. Природным газом газифицированы все 113 городов и 118 районных центров, 88 из 89 поселков, 66 % агрогородков. Уровень газификации квартир достигает 78 %.

Мощный импульс развитие распределительных газопроводов получило с принятием подпрограммы «Развитие электроэнергетики и газификации села» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда»



Линия по выпуску бытовых газовых баллонов на ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»

на 2016–2020 годы. В соответствии с подпрограммой продолжается строительство подводящих газопроводов к сельским населенным пунктам, что дает возможность их населению улучшать бытовые условия, способствует исправлению демографической ситуации на селе, развитию социальной и производственной сферы.

В рамках данной госпрограммы обеспечен ввод в эксплуатацию 167 км подводящих газопроводов (106,3 км в 2017 году, 60,6 км – за январь–июль 2018 года). Это позволило подать природный газ в 62 сельских населенных пункта (в 2017 году – в 39, за январь–июль 2018 года – в 23), в том числе в 21 агрогородок (в 2017 году – в 15, за январь–июль 2018 года – в 6).

Стоит отметить, что в 2017 году выполнено строительство газопровода для подачи природного газа в последний из семи рабочих поселков республики – Татарка Осиповичского района Могилевской области.

Инновационное развитие газовой отрасли

Одним из основных направлений модернизации объектов газораспределительной системы является их телемеханизация. Современные средства телемеханики позволяют обеспечить непрерывный контроль за работой удаленного и территориально рассредоточенного технологического оборудования, тем самым значительно повышая надежность его работы.

В частности, при помощи систем телемеханики контролируются параметры всех 2800 газорегуляторных пунктов (ГРП) газоснабжающих организаций объединения. Специалисты немедленно получают сведения о происшедших изменениях, отклонениях от заданного режима давления газа, открытии-закрытии дверей, других ситуациях, оперативное информирование о которых может влиять на безопасное и бесперебойное газоснабжение потребителей. В настоящее время активно проводится работа по оснащению системами телемеханики также шкафных регуляторных пунктов (ШРП) и станций катодной защиты (СКЗ).

В последние несколько лет в газоснабжающих организациях получили широкое распространение так называемые стоп-системы, позволяющие производить ремонтные работы на газопроводах (в частности, замену запорных устройств) без их отключения.

В 2017 году в системе объединения началось применение переносных комплексов технического диагностирования газораспределительных пунктов. Для диагностики и контроля работы ГРП специалист-газовик с помощью гибких шлангов быстро и легко подключает портативный прибор к специально предусмотренным точкам измерения параметров в газорегуляторном пункте. Далее диагностика работы оборудования ГРП происходит полностью автоматически, с помощью специализированного программного обеспечения. В случае какой-либо неисправности оборудования комплекс дает детальную информацию о ее месте и характере.

В ГПО «Белтопгаз» разработано, внедрено во всех газоснабжающих организациях и далее на постоянной основе развивается специализированное программное обеспечение – мультипрограммный комплекс (МПК) «Панорама», целиком охватывающий процесс эксплуатации объектов газораспределительной системы. Комплекс консолидирует информацию об объектах газораспределительной системы из локальных программных модулей различных технических служб (эксплуатации наружных газопроводов и ГРП, электрохимической защиты, аварийно-диспетчерской, абонентской и др.) в единую централизованную базу. МПК «Панорама» также обеспечи-

вает визуализацию информации об объектах газораспределительной системы республики, позволяет повысить оперативность принятия решений техническими руководителями и специалистами на местах, усилить контроль исполнительной дисциплины, повысить уровень безопасности.

Сегодня у специалистов газовой отрасли появились газоаналитические и газоиндикаторные приборы переносного типа. В частности, все предприятия газового хозяйства оснащены высокоточными бесконтактными лазерными течейскаателями для обнаружения утечек газа (метана) на расстоянии с помощью инфракрасного лазерного луча. Подобные приборы позволяют без проблем обследовать труднодоступные места.

Перспективы развития газовой отрасли

Дальнейшее развитие газораспределительной системы Республики Беларусь имеет социальную направленность. Оно позволит повысить комфортность жизни населения (в первую очередь сельского), окажет положительное влияние на качество жизни граждан, а также будет способствовать равномерному размещению и развитию предприятий различных форм собственности и решению проблемы занятости населения, проживающего в малых городах, поселках городского типа и сельских населенных пунктах.

Предприятия объединения продолжают строительство газопроводов в загрязненных радионуклидами районах Гомельской, Могилевской и Брестской областей, а также газификацию природным газом агрогородков и населенных пунктов в сельской местности. Будет также вестись строительство распределительных газопроводов на территории газифицированных сельских населенных пунктов, что повысит эффективность использования существующей системы газоснабжения с увеличением загрузки действующих газораспределительных станций.

Значительный потенциал имеет строительство газопроводов к вновь строящимся жилым домам, а также газификация эксплуатируемого жилищного фонда, порядок которой определен Указом Президента Республики Беларусь от 2 июня 2006 года № 368 «О мерах по регулированию отношений при газификации природным газом эксплуатируемого жилищного фонда граждан».

Среди задач перспективного развития отрасли – перевод жилого фонда населенных пунктов со сжиженного на природный газ, а также выполнение мероприятий по обеспечению бесперебойного и безаварийного газоснабжения потребителей в соответствии с утвержденной постановлением Министерства энергетики от 8 августа 2018 года № 25 Отраслевой программой повышения надежности систем газоснабжения Республики Беларусь на 2018–2020 годы. Программа предусматривает техническое перевооружение системы газоснабжения, строительство закольцовок существующих сетей, увеличение пропускной способности газопроводов, автоматизацию систем диспетчерского управления объектами с использованием энергосберегающего оборудования и новейших технологий.

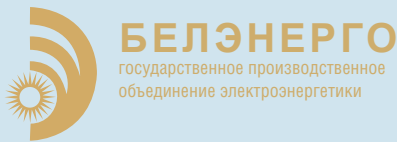
Эти и другие задачи, которые стоят сегодня перед ГПО «Белтопгаз», будут решены благодаря сплоченности и организованности многотысячного коллектива объединения. Это настоящая команда профессионалов-единомышленников, и сегодня она с гордостью отмечает юбилей газовой отрасли Беларуси, отдавая дань памяти ее первопроходцам и уверенно глядя в будущее.



Установка системы перекрытия потока газа в трубопроводе под давлением Ду 300 мм

Итоги работы отраслевых организаций за первое полугодие

Энерго- и газоснабжающими организациями Министерства энергетики в январе–июне в целом обеспечено надежное и устойчивое снабжение потребителей тепловой и электрической энергией, природным и сжиженным газом в востребованных объемах.



БЕЛЭНЕРГО
государственное производственное
объединение электроэнергетики

Белорусская энергосистема достигла самых высоких показателей в области экономии ТЭР

ГПО «Белэнерго»

- выработано электроэнергии (без блок-станций) – **17,3 млрд кВт·ч**;
- общее потребление электроэнергии – **18,7 млрд кВт·ч**;
- отпущено тепловой энергии – **19,7 млн Гкал**;
- удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии – **228,7 г у.т./кВт·ч**;
- удельный расход условного топлива на отпуск теплоэнергии – **165,89 кг у.т./Гкал**;
- технологический расход электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях – **8,2 %**;
- технологический расход теплоэнергии на ее транспорт в тепловых сетях – **8,7 %**;
- построено и реконструировано:
 - **584,2 км** ВЛ 0,4–10 кВ;
 - **13,3 км** ВЛ 110 кВ;
 - **201,6 км** ВЛ 330 кВ;
- введено в эксплуатацию тепловых сетей в однотрубном исчислении – **12,9 км**.

Введены в эксплуатацию:

- пусковые комплексы 8, 9 и 19 проекта «Строительство АЭС в Республике Беларусь. Выдача мощности и связь с энергосистемой»;
- ПС 330 кВ «Минск-Северная» (1, 2, 3 пусковые комплексы 1-й очереди);
- ПС 110/35/10 кВ «Ивацевичи».

Продолжается реализация проектов:

- строительство шести пусковых комплексов (16, 18, 20, 21, 22, 23) схемы выдачи электрической мощности с Белорусской АЭС;
- строительство ПС 330 кВ «Металлургическая»;
- реконструкция:
 - ПС 330/110/10 кВ «Минск-Северная» с заходами ВЛ 110 кВ;
 - ПС 220 кВ «Столбцы», ПС 750 кВ «Белорусская», ПС 330 кВ «Могилев-330»;
 - турбоагрегата ст. № 2 с заменой вспомогательного оборудования и генератора на Гродненской ТЭЦ-2 и др.



Белтопгаз
государственное производственное
объединение по торфу и газификации

Беларусь остается лидером среди стран СНГ в сфере газификации и занимает второе место в Европе по добыче торфа

ГПО «Белтопгаз»

Газоснабжение:

- поставлено газоснабжающими организациями **10,1 млрд м³** природного газа;
- реализовано **30,6 тыс. т** сжиженного углеводородного газа;
- построено **616,9 км** газопроводов всех категорий;
- газифицировано природным газом **9668 квартир**;
- переведены со сжиженного на природный газ **3124 квартиры**.

Справочно:

Сеть газораспределительных трубопроводов превышает **60 тыс. км**.

Потребителями голубого топлива являются около **2,6 тыс.** промышленных и почти **10 тыс.** жилищно-коммунальных предприятий.

Природным и сжиженным газом обеспечено около **78 % квартир**, в том числе **37,9 %** – в сельской местности.

Торфяная промышленность:

- добыто **1731,2 тыс. т** торфа;
- произведено **464 тыс. т** торфяных топливных брикетов и сушенки. Темп роста объемов производства составил **108,8 %** к аналогичному периоду прошлого года;
- экспортировано **55,4 тыс. т** торфяных топливных брикетов.

Справочно:

Доля торфяных ресурсов в местных видах топлива составляет **15 %**, ежегодно замещая порядка **470 млн м³** газа.

Теплом и энергией из торфа обеспечивается **около 1 млн** жителей страны.

Около **400 тыс. т** торфяного топлива ежегодно поставляется на цементные заводы

ПОДГОТОВКА К ОСЕННЕ-ЗИМНЕМУ ПЕРИОДУ – НА ОСОБОМ КОНТРОЛЕ

В целях обеспечения бесперебойного снабжения топливно-энергетическими ресурсами и подготовки к устойчивой работе в осенне-зимний период (ОЗП) 2018/2019 года 6 июня текущего года принято постановление Совета Министров Республики Беларусь № 430 «О подготовке к работе в осенне-зимний период 2018/2019 года». В развитие норм постановления приняты соответствующие приказы Министерства энергетики и организаций, входящих в систему Минэнерго, разработаны организационно-технические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивого и надежного топливно- и энергоснабжения потребителей республики, в том числе графики проведения ремонтов основного энергетического и газового оборудования, тепловых, электрических и газовых сетей.



П.А. ШКУРКО,
начальник отдела
энергетики и газоснабжения
производственно-технического
управления Министерства
энергетики Республики Беларусь

Ход подготовки подведомственных Министерству энергетики организаций к работе в ОЗП 2018/2019 года находится на особом контроле у руководства отрасли. В Минэнерго созданы рабочие группы для проверки готовности объектов потребителей и Белорусской энергосистемы к началу отопительного периода, а также оперативные группы по координации подготовительных и ремонтных работ, работ по созданию необходимых запасов топлива. Начиная с июня ежемесячно проводятся заседания отраслевого штаба, координирующего работы по подготовке к ОЗП 2018/2019 года.

Данные мероприятия позволили успешно и в намеченные сроки завершить подготовку электростанций, тепло- и электрогенерирующих установок, газовых, тепловых и электрических сетей к работе в период максимальных нагрузок, разработать варианты топливоснабжения и режимов энергоснабжения потребителей в ОЗП 2018/2019 года в условиях возможного снижения поставок энергоносителей, а также в случаях возникновения аварийных ситуаций и значительного снижения температуры наружного воздуха.

К началу отопительного сезона организациями, входящими в состав ГПО «Белэнерго», в соответствии с утвержденными графиками ремонтов теплотехнического оборудования выполнены:

- капитальные ремонты 11 энергетических котлов (58 % от годового плана), 8 турбин (57 %), 2 водогрейных (40 %) и 2 паровых котлов (50 %);
- средние ремонты 10 энергетических котлов (91 % от годового плана), 5 турбин (100 %), 10 водогрейных (63 %) и 6 паровых котлов (67 %).

Согласно графикам ремонтов электротехнического оборудования произведены капитальные ремонты 14 генераторов (88 % от годового плана), 3 силовых трансформаторов (75 %), 10 высоко-

Таблица 1. Информация о ходе выполнения плана по замене и строительству тепловых сетей РУП-облэнерго

РУП-облэнерго	План на 01.01.2019, км	План на 20.09.2018, км	Фактически выполнено, км	% плана на 01.01.2019	% плана на 20.09.2018
РУП «Брестэнерго»	18,078	9,061	19,942	110,3	220,1
РУП «Витебскэнерго»	17,716	16	23,208	131	145,1
РУП «Гомельэнерго»	12,21	7,41	14,671	120,2	198
РУП «Гродноэнерго»	17,9	12,5	21,491	120,1	171,9
РУП «Минскэнерго»	64,864	46,408	62,100	95,7	133,8
РУП «Могилевэнерго»	16,563	8,163	18,891	114,1	231,4
ГПО «Белэнерго»	147,331	99,542	160,303	108,8	161

вольтных выключателей напряжением 220–330 кВ (75 %), а также комплексный ремонт оборудования на подстанциях напряжением 35–330 кВ.

Одной из ключевых задач энерго-снабжающих организаций Минэнерго по подготовке к ОЗП 2018/2019 года являются замена и строительство тепловых сетей. Согласно заданию, установленному Правительством Республики Беларусь, в текущем году необходимо заменить и построить 147,331 км тепловых сетей, в том числе не менее 99,542 км к 20 сентября. По состоянию на 1 октября объем выполнения данных работ составил 160,303 км, или 108,8 % от годового плана и 161 % от плана на 20 сентября (см. таблицу 1).

Протяженность прошедших капитальный ремонт линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 0,4–750 кВ составила 19 871,2 км, или 73,9 % от планового задания на год (см. таблицу 2).

В рамках подготовки к ОЗП 2018/2019 года разработан и выполняется ряд мероприятий, направленных на повышение надежности работы ЛЭП напряжением 10(6)–750 кВ.

Согласно оперативным данным к началу отопительного сезона энергоснабжающими организациями системы Минэнерго выполнена расчистка просек воздушных ЛЭП на площади 9960,81 га, что составляет 78,6 % от годового задания. Кроме того, в целях повышения устойчивости функционирования ЛЭП с применением защищенных (покрытых) проводов реконструировано 519,3 км (85,8 % от годового плана) воздушных ЛЭП напряжением 10(6) кВ, проходящих по лесным массивам.

Организациями, входящими в состав ГПО «Белтопгаз», к началу отопительного сезона реконструировано и отремонтировано 48 котлов (100 % от годового плана), 33 артскважины (103 %), 35 теплообменников (106 %), 42 силовых трансформатора (100 %), 6,6 км ЛЭП (101 %), 62 тепловые камеры (107 %), 4,45 км тепловых сетей (100 %).

Специалистами газоснабжающих организаций проведено комплексное приборное обследование 7147,75 км подземных газопроводов (101,4 % от запланированного объема), а также оценка технического состояния 731,21 км подземных газопроводов со сроком службы 40 и более лет (102,3 %). Произведена замена 865 единиц оборудования ГРП (ШРП), находящегося в эксплуатации свыше 20 лет (100,2 %), 124 407 единиц

Таблица 2. Информация о ходе выполнения плана капитальных ремонтов ВЛ 0,4–750 кВ

РУП-облэнерго	План на 2018 год, км	Фактическое выполнение, км	% выполнения
РУП «Брестэнерго»	3654,63654,6	2508,06	68,6
РУП «Витебскэнерго»	5190,86	4056,7	78,2
РУП «Гомельэнерго»	4238,86	3307,07	78
РУП «Гродноэнерго»	3885,55	2943,51	75,8
РУП «Минскэнерго»	5506,78	3476,7	63,1
РУП «Могилевэнерго»	4423,43	3579,16	80,9
ГПО «Белэнерго»	26 900,08	19 871,2	73,9

Таблица 3. Информация о ходе регистрации паспортов готовности потребителей тепловой энергии и ведомственных теплоисточников в разрезе областей и по г. Минск

Область, город	Паспорта готовности			
	потребители тепловой энергии		ведомственные теплоисточники	
	оформлено	% от общего количества потребителей	оформлено	% от общего количества теплоисточников
Брестская	4944	100	2696	100
Витебская	3198	99,81	1649	99,94
Гомельская	4945	100	2040	100
Гродненская	4205	100	2262	100
Минская	4649	99,98	2570	100
Могилевская	3772	100	1810	100
г. Минск	2970	99,97	539	100
Итого	28 683	99,97	13 566	99,99

морально устаревшего бытового газового оборудования (82,7 % от запланированного объема).

Создан необходимый запас топочного мазута. В настоящее время он составляет 351,83 тыс. т, или 100,5 % от установленного на 1 октября задания.

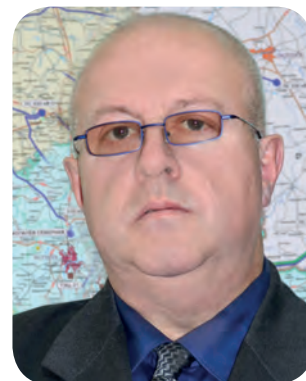
Организациями торфяной промышленности по состоянию на 1 октября добыто 2497,4 тыс. т торфа, или 110,3 % к годовому заданию, произведено 759,5 тыс. т топливных брикетов и сушенки торфяной, в том числе топливных брикетов – 717,8 тыс. т, что составило 104,4 % объема производства к соответствующему периоду прошлого года.

В целом по республике подлежали оформлению (регистрации) в органах Госэнергонадзора 28 691 паспорт готовности к работе в ОЗП 2018/2019 года потребителей тепловой энергии и 13 567 паспортов готовности ведомственных теплоисточников. По состоянию на 1 октября оформлено (зарегистрировано) 28 683 паспорта готовности потребителей тепловой энергии (99,97 %) и 13 566 паспортов готовности ведомственных теплоисточников (99,99 %) (см. таблицу 3).

В заключение отметим, что подготовка организаций, входящих в систему Министерства энергетики, к предстоящему ОЗП 2018/2019 года завершается. Большая часть поставленных задач выполнена, а задания по некоторым позициям перевыполнены. Оставшиеся мероприятия будут реализованы в запланированные сроки. Таким образом, все технологическое оборудование, обеспечивающее энергоснабжение потребителей республики в ОЗП 2018/2019 года, к отопительному сезону подготовлено, а созданного запаса топлива достаточно для обеспечения бесперебойного энерго- и газоснабжения потребителей при прохождении зимнего максимума потребления энергии.

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОВОЛЬТНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Уровни напряжения, не соответствующие установленным требованиям, их частые изменения и колебания, несимметрия трехфазной системы напряжений негативно влияют на электрооборудование, обуславливая неблагоприятные и тяжелые режимы работы, сокращая сроки службы и повышая вероятность отказов и поломок. Во избежание указанных проблем должны применяться стабилизаторы напряжения.



В.Р. КОЛИК,
начальник отдела учета
и качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»

Цепь электропитания низковольтных электроприемников потребителя, как правило, включает линию электропередачи 10(6) кВ, понижающий трансформатор 10(6)/0,38 кВ и линию (участок линии) 0,38 кВ. В каждый момент времени уровень напряжения в точках подключения электроприемников изменяется в зависимости от следующих факторов: уровня напряжения в центре питания 10(6) кВ, топологии схемы цепи электропитания, параметров ее элементов и текущих уровней электрической нагрузки каждого из подключенных к данной цепи потребителей. С учетом того, что в цепи электропитания, как правило, отсутствуют устройства, обеспечивающие регулирование напряжения в темпе процесса, уровни напряжения в точках подключения потребителей являются случайными величинами. Поэтому для потребителей характерны проблемы в части качества электроэнергии.

При отказах и поломках в цепи электропитания совокупный ущерб часто не ограничивается стоимостью ремонта или замены поврежденного электрооборудования и включает в себя убытки от недоотпуска товарной продукции и затраты на восстановление технологического процесса, а это уже величины гораздо более высокого порядка.

Общие сведения о стабилизаторах напряжения

Стабилизатор напряжения (СТН) – это устройство, предназначенное для под-

держания выходного напряжения в установленных пределах при изменениях входного напряжения и выходного тока нагрузки. СТН подключается последовательно в цепь электропитания электроприемника или группы электроприемников. Номинальная мощность (номинальный ток) СТН выбирается исходя из оценки (прогноза) максимальной величины электрической нагрузки. При выборе СТН следует также учитывать его параметры, конкретные условия применения (в первую очередь, требования электроприемников к напряжению электропитания) и, конечно, стоимостные показатели.

Использование СТН способствует увеличению сроков службы, повышению надежности и качества электроснабжения электрического и электронного оборудования. Последнее, в свою очередь, положительно влияет на качество технологических процессов и снижает риски аварий, повреждений технологического оборудования и объем связанных с этим ущербов и дополнительных затрат. Применение энергосберегающих СТН также позволяет получать прямой эффект от снижения электропотребления.

Классификация стабилизаторов напряжения

С учетом особенностей электроприемников, предполагаемого места установки СТН и ряда других факторов определяются наиболее целесообразный для применения в конкретном случае вид стабилизатора напряжения, его предпочтительное кон-

структивное исполнение и номинальные параметры. Ниже предложена классификация СТН по разным критериям:

по исполнению:

- однофазные;
 - трехфазные;
- по способу задания требований к выходному напряжению:*

- задаются (конфигурируются) требуемая величина и предельно допустимое отклонение от нее. Такие СТН, как правило, востребованы в случаях, когда необходима высокая точность поддержания напряжения;
- задается диапазон допустимых значений напряжения. По умолчанию диапазон допустимых фазных напряжений находится в пределах 198–242 В, что соответствует требованиям, установленным в электрических сетях Белорусской энергосистемы;

по способу регулирования:

- со ступенчатым (дискретным, пошаговым) регулированием. Такие СТН иногда называют редукторами напряжения;
- с плавным регулированием. Эти СТН имеют более сложное конструктивное исполнение и, соответственно, стоят дороже. Однако для определенных видов

Таблица. Анализ видов СТН

Показатели	Вид СТН по принципу регулирования			
	Электромеханический	Релейный	Электронный	Инверторный
Конструктивные отличия	В основе конструкции – автотрансформатор (чаще лабораторный автотрансформатор – ЛАТР) без отводов обмотки. На роторе серводвигателя закреплен ползунок с графитовой щеткой. Имеются схема сравнения напряжения (компаратор) и плата управления	Трансформаторный тип СТН. Медная обмотка трансформатора (катушка) сегментирована, каждый сегмент имеет свой вывод. Имеется плата управления	Схема устройства включает полупроводниковые элементы при отсутствии механических и электромеханических	Как правило, состоит из следующих узлов: входные фильтры, выпрямитель и корректор коэффициента мощности, блок конденсаторов, преобразователь постоянного напряжения в переменное, микроконтроллер. Выпрямитель и преобразователь напряжения также относятся к инверторному типу
Принцип действия	Компаратор фиксирует отклонение напряжения от заданных значений, плата управления дает сигнал серводвигателю на смещение его ротора на определенный угол, и контакт ползунка изменяет напряжение на выходе	Если входное напряжение не соответствует заданному диапазону, электронная плата управления подключает реле, изменяющее коэффициент трансформации, подключая определенное количество сегментов катушки	Полностью аналогичен принципу действия релейного СТН, но функцию переключающих реле здесь выполняют ключи на тиристорах и симисторах	Реализуются два основных процесса: – преобразование входного переменного тока и напряжения в постоянные; – преобразование постоянного тока и напряжения в переменные требуемых режимных параметров
Достоинства	Высокая точность регулирования; способность к перегрузкам; отсутствие искажений формы выходного напряжения	Работа в широком диапазоне нагрузок; устойчивость к перегрузкам	Высокое быстродействие; низкий уровень шума; является необслуживаемым; обеспечивает нормальную работу при широком диапазоне входных напряжений; устойчивость к понижению температуры (но не ниже +5 °С)	Высокая точность и скорость регулирования; на выходе, как правило, синусоидальная форма выходных сигналов тока и напряжения, частота 50 Гц, коэффициент мощности →1; выходное напряжение не зависит от входного; бесшумная работа; компактность; очень высокий КПД
Недостатки	Медленная скорость коррекции; быстрый износ графитовых щеток; необходимость технического обслуживания; пожароопасность (из-за графитовой пыли)	Невысокая надежность реле; большая погрешность; режим мерцания	Дискретный способ регулировки; низкая перегрузочная способность (выгорают ключи); несинусоидальность выходного напряжения	Слишком высокая цена; сужение возможного диапазона входных напряжений с нарастанием нагрузки; ограниченная емкость конденсаторов, не позволяющая сдерживать сильные скачки напряжения; отсутствие на рынке устройств большой мощности (как правило, до 20 кВА)
Относительный уровень цен	Низкий	Низкий	Высокий	Очень высокий
Рекомендуемая сфера применения	Без ограничений, за исключением случаев, когда требуется высокая надежность или (и) быстродействие	Без ограничений, за исключением случаев, когда требуется высокая точность и плавность регулирования	Без ограничений, за исключением случаев, когда требуется высокая точность и плавность регулирования. Также не рекомендуется, если имеются электроприемники, чувствительные к форме кривой питающего напряжения	Бытовая, компьютерная техника в коммунально-бытовом секторе, высокотехнологичное промышленное, медицинское и телекоммуникационное оборудование

Примечание: классификация СТН по принципу регулирования является условной, поскольку на рынке имеются гибридные СТН, сочетающие в себе признаки разных видов. Так, например, отечественная разработка ВРУСТ ВЛ 0,38 кВ имеет характеристики релейного и электронного СТН.

электроприемников и технологических процессов плавность регулирования является обязательным условием.

По способу регулирования СТН также различаются по признаку наличия или отсутствия независимого пофазного регулирования;

по принципу регулирования:

- электромеханические, или сервоприводные;
- релейные;
- электронные;
- инверторные, или двойного преобразования.

В таблице приведен сравнительный анализ видов СТН с разным принципом регулирования, подготовленный на основе публикаций, находящихся в открытом доступе.

Энергосберегающие стабилизаторы напряжения

Энергосберегающий СТН – это модификация СТН, в котором дополнительно к базовым функциям предусмотрена функция энергосбережения.

Физический принцип энергосбережения с применением СТН базируется на том, что у подавляющего большинства электроприемников величина электропотребления напрямую зависит от величины напряжения электропитания: чем выше уровень напряжения – тем выше величина электропотребления, и наоборот. Функционально для конкретных электроприемников и их групп эти зависимости могут быть описаны статическими характеристиками электрической нагрузки по напряжению.

Помимо того, что энергосберегающий СТН обеспечивает принудительное введение выходного напряжения в заданный диапазон, он также не допускает необоснованного завышения выходного напряжения в рамках данного диапазона. То есть при наличии технической возможности СТН понижает напряжение в рамках данного диапазона до меньшей величины, что позволяет снизить и величину электропотребления. Некоторые энергосберегающие СТН отечественного производства имеют функцию индикации текущего значения снижения электропотребления.

Энергосберегающие СТН не следует применять в цепях электропитания асинхронных электродвигателей без частотных приводов с постоянной нагрузкой на валу, близкой к номинальной, особенно

при возможности перегрузок. Во всех остальных случаях их можно применять там же, где и другие виды стабилизаторов. При этом следует учитывать, что ощутимый энергосберегающий эффект достигается, когда фазное напряжение 230 В и выше сохраняется достаточно длительное время, например, ночью.

Энергосберегающие СТН могут эффективно применяться на объектах большой энергетики (собственные нужды подстанций и другие объекты различного назначения), в промышленности и сельском хозяйстве. Наибольшего показателя энергосбережения они позволяют достигнуть при использовании в установках электронагрева, на объектах не промышленного назначения: в торговых и офисных центрах, на складах и т.д. В тепличных хозяйствах применение энергосберегающих СТН позволяет значительно продлить срок службы ламп в системах электрического досвечивания теплиц.

К сказанному выше следует добавить, что наличие энергосберегающей функции не приводит к увеличению стоимости СТН, поскольку не требует конструктивных дополнений или усложнений, а реализуется дополнением в управляющий программный код.

Вольторегулирующие устройства – стабилизаторы напряжения для применения на ВЛ 0,38 кВ

В мировой практике для нормализации и стабилизации уровней напряжения на ВЛ 0,38 кВ традиционно используются СТН, получившие название «бустеры». В Белорусской энергосистеме распространено применение бустеров отечественной разработки – вольторегулирующих устройств (ВРУСТ), имеющих явные преимущества перед зарубежными аналогами. Прежде всего для них характерны низкие массогабаритные показатели, что позволяет устанавливать эти устройства на существующие анкерные опоры ВЛ 0,38 кВ без привлечения нештатной техники. Кроме того, ВРУСТ обеспечивает независимое пофазное регулирование, предусматривающее возможность как повышения, так и понижения фазного напряжения. Это очень важно ввиду того, что большинство потребителей, подключенных к ВЛ 0,38 кВ, являются однофазными и, как следствие, для линий этого напряжения характерна несимметрия трехфазных систем токов и напряжений.

Главной сферой применения ВРУСТ являются так называемые слабые линии, спроектированные и построенные несколько десятилетий назад и не рассчитанные на уровень современных нагрузок. Для таких линий и точек подключения к ним потребителей характерны недопустимо низкие уровни напряжения. ВРУСТ устанавливается в рассечку ВЛ 0,38 кВ в так называемой критической точке, где в наиболее тяжелом электрическом режиме уровень фазного напряжения опускается ниже предельно допустимого значения – 198 В.

Применение ВРУСТ позволяет в кратчайшие сроки решить проблему ненадлежащих уровней напряжения на ВЛ 0,38 кВ. Важным побочным результатом установки данных устройств является симметрирование трехфазной системы напряжений.

После демонтажа или реконструкции линии ВРУСТ может быть повторно применено в аналогичном проблемном месте. В ряде случаев устройство также обеспечивает экономический эффект за счет увеличения полезного отпуска электроэнергии. Но в первую очередь оно реализует свою главную функцию – нормализует показатели качества электроэнергии.

Заключение

1. В статье рассмотрены различные виды и особенности исполнения низковольтных стабилизаторов напряжения. Предложена классификация СТН по наиболее значимым критериям. Описаны сферы применения различных типов СТН.

2. С целью обеспечения качественного и надежного электроснабжения электрического и электронного оборудования, а также для получения экономического эффекта от энергосбережения рекомендуется установка энергосберегающих СТН:

- на вводах 0,38 кВ собственных нужд подстанций, а также на других электросетевых объектах;
- в цепях электропитания номинального напряжения 0,38 кВ промышленных и непромышленных объектов различного назначения.

3. Для нормализации и стабилизации уровней напряжения на ВЛ 0,38 кВ в Белорусской энергосистеме рекомендуется применять вольторегулирующие устройства (ВРУСТ) – специализированные стабилизаторы напряжения отечественной разработки и производства.

РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПГУ. ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЙ И КОНДЕНСАЦИОННЫЙ ЦИКЛЫ

Продолжаем публикацию статьи, в которой рассматривается возможность использования традиционной методики расчета технико-экономических показателей оборудования ТЭС для анализа эффективности работы ПГУ с отпуском тепла и расчета составляющих, влияющих на изменение удельного расхода топлива на ТЭС и в энергосистеме. Первая часть размещена в номере журнала за июль–август 2018 года (№ 4). Этот материал посвящен расчету удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии по теплофикационному и конденсационному циклам.

Часть 2.

Удельный расход условного топлива нетто $b_{\text{э.нет}}^{\text{ПГУ}}$ на отпуск электроэнергии от паросиловой части рассчитывается с использованием определяемых по известным зависимостям [2] значений удельного расхода теплоты нетто $q_{\text{э.нет}}^{\text{ПГУ}}$ на выработку электроэнергии паротурбинной установкой (ПТУ) и коэффициента теплового потока $\eta_{\text{тп}}^{\text{КВ}}$, а также КПД условного котла нетто $\eta_{\text{нет}}^{\text{КВ}}$:

$$b_{\text{э.нет}}^{\text{ПГУ}} = \frac{q_{\text{э.нет}}^{\text{ПГУ}}}{Q_{\text{н.у}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{нет}}^{\text{КВ}} \cdot \eta_{\text{тп}}^{\text{КВ}}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{э.нет}}^{\text{ПГУ}} = \frac{Q_{\text{э}}^{\text{ПТУ}} - Q_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}}}{\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ПТУ}} - \text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}}}$ – удельный расход теплоты нетто на отпуск электроэнергии от ПТУ;

$\eta_{\text{нет}}^{\text{КВ}} = \frac{\eta_{\text{бр}}^{\text{КВ}}}{K_{\text{цикл}}^{\text{КВ}}} \cdot \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{КВ}} - Q_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + Q_{\text{пэн}}}{Q_{\text{бр}}^{\text{КВ}} - Q_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + Q_{\text{пэн}} - \Delta Q_{\text{пот}}^{\text{ПТУ}}}$ – КПД

условного котла нетто; $\eta_{\text{тп}}^{\text{КВ}} = \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{КВ}} - Q_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + Q_{\text{пэн}} - \Delta Q_{\text{пот}}^{\text{ПТУ}}}{Q_{\text{бр}}^{\text{КВ}} - Q_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + Q_{\text{пэн}}}$ – коэффициент те-

плового потока котла; $Q_{\text{э}}^{\text{ПТУ}}$ – расход теплоты на выработку электроэнергии паротурбинной установкой $\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ПТУ}}$, определяемый в соответствии с [2] (при расчете номинальных ТЭП определяется из данных нормативных характеристик); $\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}}$, $Q_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}}$ – расходы электроэнергии и теплоты соответственно на собственные нужды ПТУ (при расчете номинальных ТЭП определяются из нормативных характеристик).

Составляющими формулы определения КПД также являются:

$$K_{\text{цикл}}^{\text{КВ}} = \frac{Q_{\text{н.у}}^{\text{р}} \cdot (B_{\text{ГТУ}} + B_{\text{КУ}})}{Q_{\text{н.у}}^{\text{р}} \cdot (B_{\text{ГТУ}} + B_{\text{КУ}}) + Q_{\text{вн}}^{\text{цикл}}} \text{ – коэффициент учета теплоты, дополни-}$$

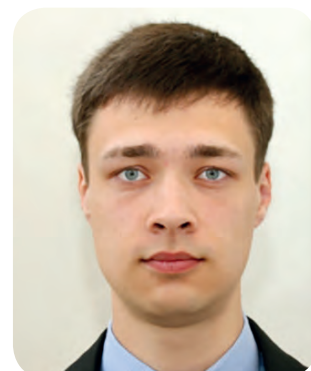
тельно внесенной в цикл, определяемый по [2]; $\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{КВ}}$, $Q_{\text{сн}}^{\text{КВ}}$ – расходы электроэнергии и теплоты соответственно на собственные нужды котла, включая затраты, связанные с восполнением потерь пара и конденсата собственного технологического цикла, затраты на отопление и вентиляцию помещений, относимых к котельной установке, и пр. (при расчете номинальных ТЭП опреде-



А.Н. ДУБРОВЕНСКИЙ,
ведущий инженер-программист
группы топливоиспользования
ТНЦ филиала «Инженерный центр»
ОАО «Белэнергоремналадка»



С.В. КВАНДЕЛЬ,
инженер по наладке
тепломеханического оборудования
группы топливоиспользования
ТНЦ филиала «Инженерный центр»
ОАО «Белэнергоремналадка»



С.А. НЕНАХОВ,
инженер по наладке
тепломеханического оборудования
группы топливоиспользования
ТНЦ филиала «Инженерный центр»
ОАО «Белэнергоремналадка»

ляются из нормативных характеристик); $K_3^{ПГУ}$ – коэффициент отнесения затрат электрических собственных нужд на выработку электроэнергии паросиловой частью:

$$K_3^{ПГУ} = \frac{Q_{\text{э}}^{ПГУ} + Q_{\text{сн}}^{ПГУ}}{Q_{\text{р}}^{КВ} - Q_{\text{сн}}^{КВ} - \Delta Q_{\text{пот}}^{ПГУ} + Q_{\text{пэн}}}, \quad (2)$$

где $\Delta Q_{\text{пот}}^{ПГУ}$ – потери теплоты на ее транспорт от котла к ПГУ, при расчете номинальных ТЭП определяемые из нормативных характеристик.

Удельный расход условного топлива нетто $b_{\text{э,ТФ}}^{ПГУ}$ на отпуск электроэнергии от паросиловой части по теплофикационному циклу рассчитывается с использованием определяемых по известным зависимостям [2] значений удельного расхода теплоты нетто $q_{\text{э,нет,ТФ}}^{ПГУ}$ на выработку электроэнергии ПГУ и коэффициента теплового потока $\eta_{\text{тп}}^{КВ}$, а также КПД условного котла нетто $\eta_{\text{нет}}^{КВ}$:

$$b_{\text{э,ТФ}}^{ПГУ} = \frac{q_{\text{э,нет,ТФ}}^{ПГУ}}{Q_{\text{н,у}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{нет,ТФ}}^{КВ} \cdot \eta_{\text{тп}}^{КВ}}, \quad (3)$$

где $q_{\text{э,нет,ТФ}}^{ПГУ} = \frac{Q_{\text{э,ТФ}}^{ПГУ} - Q_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ}}$ – удельный расход теплоты нетто

на отпуск электроэнергии от ПГУ по теплофикационному циклу, здесь $Q_{\text{э,ТФ}}^{ПГУ}$ – расход теплоты на выработку электроэнергии ПГУ по теплофикационному циклу, определяемый по формуле

$$Q_{\text{э,ТФ}}^{ПГУ} = 0,86 \cdot \mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} + (0,86 \cdot \Delta \mathcal{E}_{\text{эм}} + \Delta Q_{\text{пот}}^{ПГУ}) \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}, \quad (4)$$

здесь $K_{\text{ТФ}}^{ПГУ} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ}}$ коэффициент отнесения затрат на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу ПГУ; $Q_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ} = Q_{\text{сн}}^{ПГУ} \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}$ – расход теплоты на собственные нужды ПГУ, относимый на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу; $\mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ}$ – расход электроэнергии на собственные нужды ПГУ, относимый на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу, $\mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ} = (\mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{цн}}^{ПГУ}) \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}$, здесь $\mathcal{E}_{\text{цн}}^{ПГУ}$ – расход электроэнергии на циркуляционные насосы ПГУ и вспомогательные механизмы, обеспечивающие отвод потери тепла в конденсаторе во внешнюю среду;

$$\eta_{\text{нет,ТФ}}^{КВ} = \frac{\eta_{\text{бр}}^{КВ}}{K_{\text{цикл}}^{\text{КВ}}} \cdot \frac{Q_{\text{бр}}^{КВ} - Q_{\text{сн}}^{КВ} + Q_{\text{пэн}}}{Q_{\text{бр}}^{КВ}} \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} \cdot K_3^{ПГУ} \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ}}$$

КПД условного котла нетто при выработке электроэнергии ПГУ по теплофикационному циклу.

Удельный расход условного топлива $b_{\text{э}}^{ПГУ}$ на отпуск электроэнергии от газотурбинной части ПГУ определяется с использованием КПД условного котла $\eta_{\text{бр}}^{КВ}$ и удельного расхода теплоты нетто $q_{\text{э,нет}}^{ПГУ}$ на отпуск электроэнергии от ГТУ:

$$b_{\text{э,нет}}^{ПГУ} = \frac{q_{\text{э,нет}}^{ПГУ}}{Q_{\text{н,у}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{бр}}^{КВ}} \cdot K_{\text{цикл}}^{\text{КВ}} + \Delta b_{\text{сн}}^{ПГУ}, \quad (5)$$

где $q_{\text{э,нет}}^{ПГУ} = \frac{Q_{\text{э}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ}}$ – удельный расход теплоты на отпуск электроэнергии от ГТУ, определяемый с учетом затрат элек-

троэнергии $\mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ}$ на собственные нужды ГТУ (дожимные компрессоры, насосы технической воды и пр.); $\Delta b_{\text{сн}}^{ПГУ}$ – поправка к удельному расходу топлива, учитывающая расход теплоты на собственные нужды ГТУ от паросиловой части ПГУ (что характерно для подавляющего большинства ПГУ):

$$\Delta b_{\text{сн}}^{ПГУ} = \frac{Q_{\text{сн}}^{ПГУ}}{Q_{\text{н,у}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{нет}}^{КВ} \cdot \eta_{\text{тп}}^{КВ}} \cdot \frac{1}{\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ}},$$

где $Q_{\text{сн}}^{ПГУ}$ – расход теплоты на собственные нужды ГТУ, при расчете номинальных ТЭП определяется из нормативных характеристик; $\Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ}$ – часть расхода электроэнергии на собственные нужды котла, связанная с отпуском тепловой энергии, относимая на ГТУ:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ} = \frac{(\mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} (1 - K_3^{ПГУ}) + \mathcal{E}_{\text{ТФ}}) (\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн,э}}^{ПГУ})}{(\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ}) + (\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} \cdot K_3^{ПГУ})}$$

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ находится как средневзвешенный по отпуску этого вида энергии от газотурбинной ($\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ}$) и паросиловой ($\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ}$) частей:

$$b_{\text{э,отп}}^{ПГУ} = \frac{b_{\text{э,нет}}^{ПГУ} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} + b_{\text{э,нет}}^{ПГУ} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ}}, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ}$; $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} - \mathcal{E}_{\text{ТФ}} + \Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ}$ ($\mathcal{E}_{\text{ТФ}}$ – расход электроэнергии на теплофикационную установку).

Отпуск электроэнергии от ПГУ определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{отп}}^{ПГУ} = (\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ}) - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} - \mathcal{E}_{\text{ТФ}}. \quad (7)$$

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ по теплофикационному циклу находится как средневзвешенный по отпуску этого вида энергии от газотурбинной ($\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ}$) и паросиловой ($\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ}$) частей:

$$b_{\text{э,отп,ТФ}}^{ПГУ} = \frac{b_{\text{э,нет}}^{ПГУ} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} + b_{\text{э,нет}}^{ПГУ} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ}}, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ}} - \Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ} \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}$; $\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} - \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ} - (\mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} + \mathcal{E}_{\text{ТФ}} - \Delta \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{КВ}) \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}$.

Отпуск электроэнергии от ПГУ по теплофикационному циклу определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} = \mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{отп,ТФ}}^{ПГУ} = (\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ} + \mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ}) - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{ПГУ} \cdot \frac{\mathcal{E}_{\text{ТФ}}^{ПГУ}}{\mathcal{E}_{\text{выр}}^{ПГУ}} - \mathcal{E}_{\text{сн,ТФ}}^{ПГУ} - (\mathcal{E}_{\text{сн}}^{КВ} + \mathcal{E}_{\text{ТФ}}) \cdot K_{\text{ТФ}}^{ПГУ}. \quad (9)$$

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ по конденсационному циклу находится с использованием остаточного принципа:

$$b_{\text{э.отп.КЦ}}^{\text{ПГУ}} = \frac{b_{\text{э.нет}}^{\text{ПТУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПТУ}} - b_{\text{э.ТФ}}^{\text{ПТУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп.ТФ}}^{\text{ПТУ}}}{\text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПТУ}} - \text{Э}_{\text{отп.ТФ}}^{\text{ПТУ}}} \quad (10)$$

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии от ГТУ, относимый на конденсационный цикл, принимается $b_{\text{э.отп.КЦ}}^{\text{ГТУ}} = b_{\text{э.нет}}^{\text{ГТУ}}$

Расход условного топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ по конденсационному циклу находится с использованием остаточного принципа:

$$b_{\text{э.отп.КЦ}}^{\text{ПГУ}} = \frac{b_{\text{э.отп}}^{\text{ПГУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПГУ}} - b_{\text{э.отп.ТФ}}^{\text{ПГУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп.ТФ}}^{\text{ПГУ}}}{\text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПГУ}} - \text{Э}_{\text{отп.ТФ}}^{\text{ПГУ}}} \quad (11)$$

Этот показатель также может быть найден как средневзвешенный по отпуску этого вида энергии от газотурбинной ($\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ГТУ}}$) и паросиловой ($\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ПТУ}}$) частей:

$$b_{\text{э.отп.КЦ}}^{\text{ПГУ}} = \frac{b_{\text{э.нет}}^{\text{ГТУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ГТУ}} + b_{\text{э.КЦ}}^{\text{ПТУ}} \cdot \text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ПТУ}}}{\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ГТУ}} + \text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ПТУ}}} \quad (12)$$

где $\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ГТУ}} = (\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ГТУ}} - \text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ГТУ}}) - \text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ГТУ}} \cdot \left(1 - \frac{\text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ГТУ}}}{\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ГТУ}}}\right) - \Delta \text{Э}_{\text{сн.ТФ}}^{\text{КВ}} \cdot (1 - K_{\text{ТФ}}^{\text{ПТУ}})$;

$\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ПТУ}} = (\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ПТУ}} - \text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ПТУ}}) - (\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}} - \text{Э}_{\text{сн.ТФ}}^{\text{ПТУ}}) - (\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + \text{Э}_{\text{ТФ}} - \Delta \text{Э}_{\text{сн.ТФ}}^{\text{КВ}}) \cdot (1 - K_{\text{ТФ}}^{\text{ПТУ}})$.

Отпуск электроэнергии от ПГУ по конденсационному циклу определяется по формуле

$$\text{Э}_{\text{отп.КЦ}}^{\text{ПГУ}} = \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПГУ}} - \text{Э}_{\text{отп.ТФ}}^{\text{ПГУ}} = \left[(\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ГТУ}} + \text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ПТУ}}) - (\text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ГТУ}} + \text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ПТУ}}) \right] - \text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ГТУ}} \cdot \left(1 - \frac{\text{Э}_{\text{ТФ}}^{\text{ГТУ}}}{\text{Э}_{\text{выр}}^{\text{ГТУ}}}\right) - (\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{ПТУ}} - \text{Э}_{\text{сн.ТФ}}^{\text{ПТУ}}) - (\text{Э}_{\text{сн}}^{\text{КВ}} + \text{Э}_{\text{ТФ}}) \cdot K_{\text{ТФ}}^{\text{ПТУ}} \quad (13)$$

Ниже для примера приведены графики зависимости удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ от ее мощности (см. рисунок). Графики рассчитаны и построены для конденсационного блока ПГУ-400 (отпуск тепла из холодного промперегрева ПТУ на уровне 15 Гкал/ч) и для теплофикационного блока ПГУ-230 (суммарный отпуск тепла из отборов ПГУ на уровне 100 Гкал/ч).

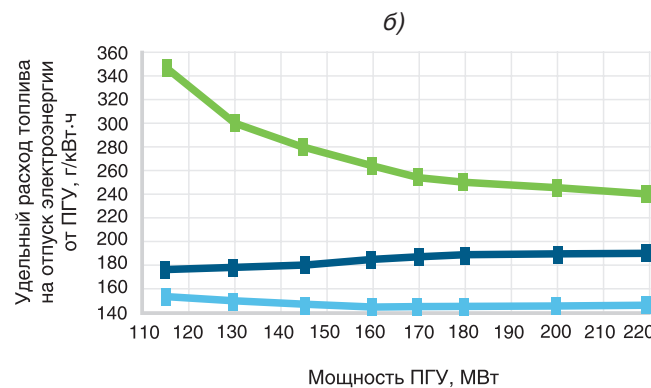
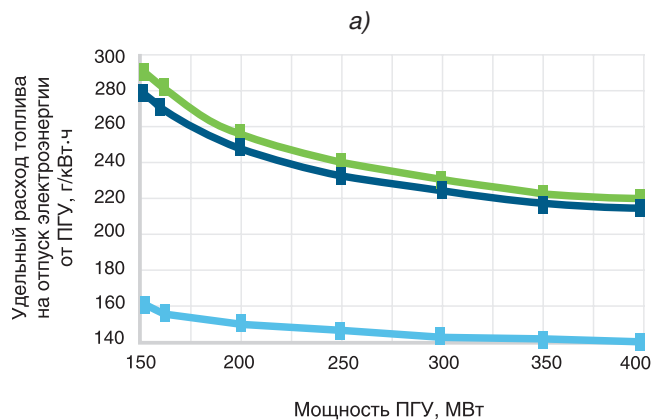
Выводы

1. Действующие в энергетической отрасли подходы к расчетам эффективности теплофикации паротурбинных ТЭС можно применять и к ПГУ, работающим с отпуском тепла внешним потребителям и/или на собственные нужды.

2. Показаны принципиальные возможности разработанной методики расчета технико-экономических показателей ПГУ, позволяющие определять основные показатели работы энергоблока и применять их для анализа эффективности функционирования ПГУ с отпуском тепла в составе энергосистемы, а также для оптимизационных расчетов распределения электрических нагрузок между ТЭС энергосистемы.

Список литературы

1. Качан, С.А. К вопросу определения показателей топливоиспользования парогазовых установок / С.А. Качан, В.И. Филазафович // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2010. – № 1. – С. 88–92.
2. Качан, С.А. Определение показателей топливоиспользования теплофикационных парогазовых установок утилизационного типа / С.А. Качан, В.И. Филазафович, А.Н. Дубровенский // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2010. – № 6. – С. 84–90.
3. Филазафович, В.И. Расчет и анализ технико-экономических показателей парогазовой части ТЭС с поперечными связями / В.И. Филазафович, А.Н. Дубровенский // Энергетическая стратегия. – 2016. – № 3. – С. 58–60.
4. Методические указания по подготовке и передаче информации о тепловой экономичности работы электростанций и энергосистем. – М.: 1984.
5. О совершенствовании анализа топливоиспользования в энергообъединениях. Эксплуатационный циркуляр № 3/80.



- Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ, г/кВт·ч;
- Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ по теплофикационному циклу, г/кВт·ч;
- Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ по конденсационному циклу, г/кВт·ч;

Удельные расходы топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ в зависимости от мощности ПГУ:

- а) ПГУ-400 (отпуск тепла из холодного промперегрева ПТУ на уровне 15 Гкал/ч);
- б) ПГУ-230 (суммарный отпуск тепла из отборов ПГУ на уровне 100 Гкал/ч)

В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

В этом номере специалисты энергонадзора напоминают работникам энергослужб предприятий требования в части выбора запорной арматуры, устанавливаемой на вводе в систему теплоснабжения, и разъясняют отличия в управлении потоком теплоносителя при использовании шаровых кранов и клиновых задвижек. В материале, адресованном электротехническому персоналу, рассматриваются аспекты обеспечения безопасности при работе с электросварочным аппаратом, в том числе обосновывается целесообразность применения ограничителей параметров холостого хода и приводится наиболее типичная схема их работы.

Мы открыты для ваших предложений по актуализации тематики рубрики и готовы ответить на страницах журнала на любые вопросы в области эксплуатации электро- и теплооборудования или прокомментировать требования ТНПА в сфере энергетики.

Тел.: 293-46-82
e-mail: 2934682@mail.ru
www.energystrategy.by

Требования в части выбора запорной арматуры, устанавливаемой на вводе в систему теплоснабжения

В последнее время при разработке проектов тепловых пунктов широко применяют решение, предусматривающее использование шаровых кранов в качестве запорной арматуры на вводах в системы теплоснабжения потребителей. При этом проектировщики ссылаются на п.п. 10.19, 11.21 ТКП 458-2012 (02230) «Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей» (далее – ТКП). Между тем эти пункты кодекса содержат общие требования к материалу корпуса запорной арматуры, не регламентируя вид этих устройств и способы управления потоками жидкости. В свою очередь, потребители обосновывают установку шаровых кранов тем, что в паспортах заводов-изготовителей эти изделия классифицируются как запорная арматура.

В соответствии с п. 16.4 ТКП государственные инспекторы энергонадзора при осмотре теплоустановок для допуска в эксплуатацию требуют, чтобы на вводе в тепловой пункт в качестве запорного органа стояли клиновые (шпindelные) задвижки, обеспечивающие плавное контролируемое заполнение системы теплоснабжения при пусках, остановках и в процессе нормальной эксплуатации.

Рассмотрим отличия в управлении потоками жидкости с использованием запорной арматуры различного вида. Прежде всего следует подчеркнуть, что на трубопроводы тепловых сетей и части трубопроводов систем теплоснабжения (до узла смешения) с давлением от 0,07 МПа до 1,6 МПа, температурой от 115 °С до 250 °С и диаметром более 70 мм распространяются требования Правил по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением, утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28 января 2016 года № 7 (далее – Правила). В частности, п. 185 Правил обращает внимание на необходимость плавного открытия запорного органа с целью исключения гидравлического удара. Более того, при проведении гидравлических испытаний тепловых сетей и систем теплоснабжения должно быть соблюдено основное условие – регламентированное увеличение давления жидкости.

Согласно п. 14.8 ТКП температура теплоносителя на момент заполнения тепловых сетей независимо от температуры металла трубопровода не должна превышать 70 °С. Следовательно, при неконтролируемой подаче теплоносителя в системы теплоснабжения при отрицательных температурах металла трубопровода (пуск при новом строительстве в зимний период, подключение отключенных объектов и др.) возможно возникновение гидравлических ударов, которые могут привести к нарушению плотности фланцевых

соединений, сальниковых узлов, резкому локальному линейному расширению металла трубопроводов, выходу из строя контрольно-измерительных приборов (манометров) и т.д.

Согласно типовым инструкциям по эксплуатации тепловых сетей и систем теплоснабжения обслуживающий персонал обязан осуществлять постоянный контроль давления теплоносителя до запорного органа в период пусковых операций. Если в качестве запорного органа используется шаровой кран, то его резкое открытие, в том числе при определенных условиях (подключение потребителя с нагрузкой, соизмеримой с мощностью теплоисточника или пропускной способностью тепловой сети), может привести к резкому снижению давления в обратном

трубопроводе. Такая ситуация может быть равносильна эффекту от аварийного повреждения трубопровода тепловой сети и вызвать резкое увеличение подпитки, вплоть до остановки работы теплоисточника. Поэтому давление на обратном трубопроводе системы теплоснабжения со стороны сети также следует контролировать. При однократном действии запорного органа оно не должно понижаться более чем на 0,03–0,05 МПа по отношению к рекомендуемому значению. Для обеспечения такого контроля перед задвижкой должен быть установлен манометр класса точности, соизмеримого с классом точности прибора, установленного после задвижки (для систем теплоснабжения класс точности манометров – 1,5). В соответствии с п. 11.48 ТКП в тепловых пунктах с расходом тепла до 2,3 МВт предусматривается только врезка штуцера под манометр.

Пропускная способность запорной, регулирующей и другой арматуры характеризуется коэффициентом пропускной способности (K_v). Данный коэффициент для регулирующей и другой арматуры обязательно указывается заводом-изготовителем в паспорте на изделие в технических характеристиках и рассчитывается с учетом расхода воды ($\text{м}^3/\text{ч}$) при плотности теплоносителя $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$ и перепаде давления $0,1 \text{ МПа}$, или 1 бар , по формуле

$$K_v = Q \cdot \sqrt{p/1000 \cdot \Delta P}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где Q – расход жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; p – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\Delta P = P_1 - P_2$ – перепад давления на запорном органе, бар, где P_1 – давление перед запорным органом, бар абс.; P_2 – давление после запорного органа, бар абс.

Справочно: Реальный коэффициент пропускной способности учитывает много факторов, в той или иной степени влияющих на работу арматуры и сложность расчета. Для более простого расчета (при выборе арматуры по каталогу) введено понятие K_{vs} . Данная величина характеризует расход жидкости через арматуру в полностью открытом положении при перепаде давления в 1 бар .

Величина K_v характеризует расход жидкости при промежуточном положении запорного органа, поэтому при выборе арматуры сначала определяется коэффициент расхода K_v , а затем с учетом коэффициента $1,3$ (рекомендуемый) производится подбор запорной арматуры по каталогу, исходя из соотношения $K_{vs} = 1,3 K_v$.

Величина абсолютного давления отличается от величины относительного на 1 бар (величина одной атмосферы): $P_{\text{абс.}} = P_{\text{изб.}} + 1$.

Изменение параметров теплоносителя, проходящего через изменяющуюся площадь (диаметр) запорной арматуры, описывается законом Бернулли, согласно которому при дросселировании жидкости через уменьшенное сечение скорость потока в месте сужения возрастает, а статическое давление падает. После прохождения жидкости через местное сужение давление соответственно увеличивается, а скорость снижается. Данный процесс порождает возникновение различного вида местных гидравлических сопротивлений, что приводит к потере давления после проходного сечения трубопровода.

При использовании запорной арматуры также следует учитывать кавитационные процессы, связанные как раз с изменением коэффициента местных гидравлических сопротивлений, возникающих в пределах перепада давления

от $0,6$ значения давления перед запорным органом и ниже: $\Delta P \leq 0,6 P$.

Рассмотрим зависимость потока теплоносителя от изменения проходного сечения при использовании запорной арматуры с различными органами управления.

Справочно: Условное изменение диаметра проходного сечения трубопровода от номинального положения (открытие) до нуля (закрытие) можно рассчитать по формуле

$$D = d_1/d \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где D – коэффициент проходного сечения трубопровода, %; d_1 – изменяющийся диаметр проходного сечения трубопровода, мм; d – диаметр проходного сечения трубопровода, мм.

В данном случае пропускная способность запорной арматуры будет находиться в прямопропорциональной зависимости от степени ее открытия.

При использовании клиновой задвижки или шарового крана изменяется не диаметр трубопровода, а площадь проходного сечения и, следовательно, зависимость пропускной способности запорного органа не будет прямопропорциональной. Так, пропускная способность шарового крана представляет собой параболу (рис. 1). Открытие шарового крана на 45° обеспечивает проходимость на уровне 20% . Дальнейший поворот рукоятки приводит к резкому ее увеличению. Следует отметить, что 100% -процентная пропускная способность обеспечивается поворотом рукоятки крана на 90° .

Оперативно-техническому персоналу довольно трудно «на глаз» определить угол поворота органа управления, чтобы регулировать скорость заполнения системы теплоснабжения. Другими словами, на ее безопасное заполнение будет влиять человеческий фактор, что делает проблематичным выполнение требования о плавном и контролируемом заполнении системы теплоснабжения в соответствии с п. 16.4 ТКП и п. 185 Правил.

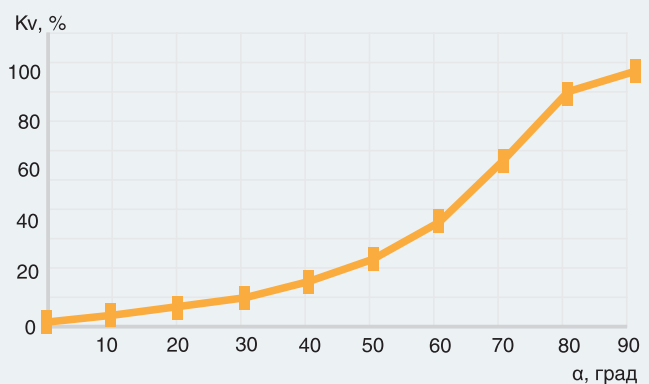


Рис. 1. Зависимость пропускной способности шарового крана

Поток теплоносителя при использовании в качестве запорной арматуры клиновой (шпиндельной) задвижки делится на два рукава и представляет собой протечку теплоносителя под клином задвижки (основной поток) и над ним (рис. 2). Причем движение теплоносителя под клином имеет линейную зависимость от площади сечения задвижки, а с учетом движения теплоносителя над клином эта зависимость представляет собой подобие параболы с точкой из-

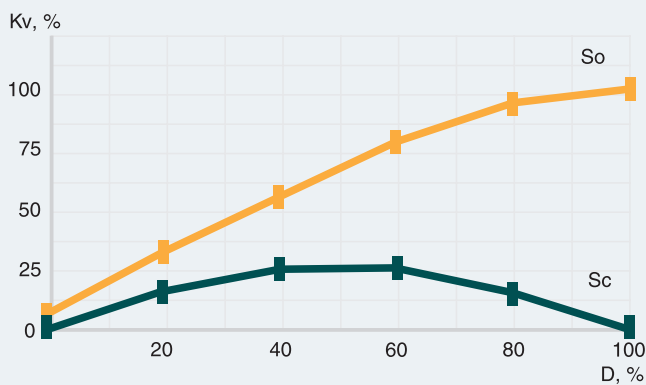


Рис. 2. Зависимость пропускной способности клиновой задвижки: Sc – поток теплоносителя над клином; So – суммарный поток теплоносителя

лома на уровне 30–35°, что обеспечивает около 40 % общей пропускной площади. Но для открытия-закрытия клиновой задвижки (вращение маховика) необходимо несоизмеримо

больше времени, чем для открытия-закрытия шарового крана (поворот рукоятки). Поэтому механизм задвижки легко обеспечивает безопасное повышение давления в заполняемой системе и контроль за его динамикой.

Таким образом, использование в качестве запорного органа на вводе в систему теплоснабжения клиновых задвижек позволяет оперативно-техническому персоналу четко контролировать ход заполнения системы теплоснабжения с выполнением требований безопасности и надежности.

Применение шарового крана можно допустить при диаметре трубопровода системы теплоснабжения до 70 мм включительно, после проведения инструктажа оперативно-ремонтного персонала с соответствующим разъяснением порядка заполнения систем теплотребления в руководстве по эксплуатации оборудования тепловых пунктов.

**Н.Н. Киселев, начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго»,
Р.В. Коребо, начальник РЭИ по надзору за ТУ Гомельского МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго»**

Обеспечение безопасности при работе с электросварочным аппаратом

Предприятия и организации различных форм собственности не всегда используют электрооборудование, соответствующее требованиям Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей. Это касается и сварочного оборудования, которое зачастую не оснащается устройствами автоматического отключения напряжения холостого хода или ограничения его до безопасной величины. Такое положение недопустимо и создает реальную угрозу жизни людей.

Электросварочные аппараты относятся к оборудованию повышенной опасности, так как при их эксплуатации не исключается прикосновение сварщика к рабочему электроду аппарата. В помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током, а также в особо опасных помещениях, в том числе в наружных установках с электродами под напряжением 40–80 В, работа с электросварочным аппаратом даже при холостом ходе сварочного трансформатора может привести к несчастному случаю.

Постоянный ток по своему поражающему действию примерно в 3–5 раз безопаснее, чем переменный ток частотой от 15 до 400 Гц. Поэтому при ручной дуговой сварке покрытыми электродами на постоянном токе применение ограничителей напряжения холостого хода не обязательно. Если сварку на постоянном токе выполняют в условиях повышенной опасности поражения электрическим током, электросварщиков кроме спецодежды должны обеспечивать диэлектрическими перчатками, галошами или ковриками, а при вероятности соприкосновения с металлом свариваемой конструкции – наколенниками и наплечниками (п.п. 6.1.42–6.1.44 ТКП-181).

Повышенная опасность поражения электрическим током характерна для следующих ситуаций:

- помещение или рабочее место ограничивает свободу движений, из-за чего работник должен выполнять сварку в неудобном положении (на коленях, сидя, лежа и т.д.);
- сварка ведется во влажном (относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %, п. 3.59 ТКП-339), сыром (относительная влажность воздуха выше 75 %, п. 3.68 ТКП-339) или жарком (температура воздуха выше 35 °С, п. 3.60 ТКП-339) помещении, где влажность, конденсат или пот существенно снижают сопротивление кожи и тела человека, изолирующие свойства вспомогательных средств и средств индивидуальной защиты;
- стесненные условия работы, то есть условия, которые ведут к снижению производительности труда, существенному затруднению эксплуатации машин и механизмов и требуют повышенных мер безопасности (п. 3.86 ТКП-339).

В соответствии с требованиями п. 6.1.18 ТКП-181 все электросварочные установки, предназначенные для работы в помещениях с повышенной опасностью и имеющие напряжение холостого хода выше 36 В, должны быть оснащены устройствами автоматического отключения напряжения холостого хода или его ограничения до безопасной в данных условиях величины.

Устройство снижения напряжения холостого хода должно обеспечить на выходных клеммах источника питания напряжение не выше 12 В в течение не более чем 1 с после прекращения сварки или в случае, если сопротивление внешней сварочной цепи превысило 200 Ом.

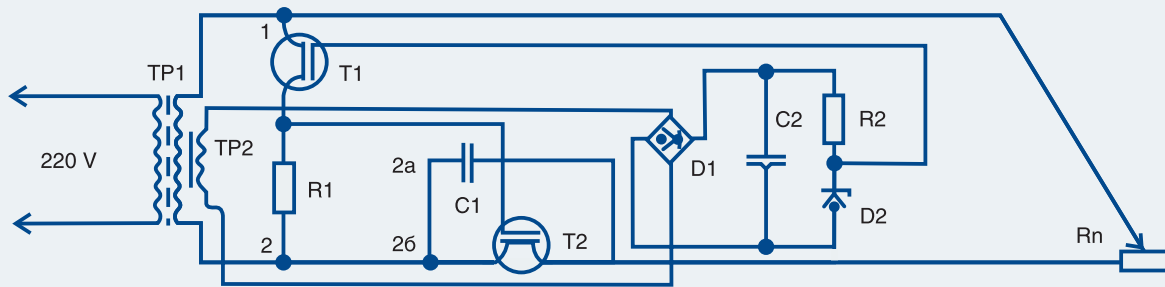


Схема ограничителя тока:

TP1 – первичная обмотка трансформатора; TP2 – вторичная обмотка трансформатора; D1 – диодный мост КЦ405А; D2 – стабилитрон 2С139А; C1 = 280 нФ (60 В); C2 = 200 мкФ (20 В); R1 = 100 кОм, падение напряжения на нем подается на затвор T2; R2 = 400 Ом; T1 – транзистор КТ504А; T2 – мощный IGBT-транзистор IPT30GT60AR (максимальный постоянный ток до 80 А; ток, текущий в схеме, зависит от мощности трансформатора и обычно не превышает 70 А); Rn – эффективное сопротивление плазменного канала дуги (составляет единицы Ом)

Ограничители напряжения холостого хода для сварочных трансформаторов

В настоящее время существует широкий спектр ограничителей напряжения холостого хода для сварочных трансформаторов различных модификаций.

Трансформаторный ограничитель напряжения холостого хода (ТОН) обеспечивает автоматическое снижение напряжения на электродах электросварочного аппарата с 60–80 В до 6–12 В после угасания дуги. При соприкосновении рабочего электрода со сварочной поверхностью ограничитель автоматически восстанавливает рабочее (повышенное) напряжение на электродах для выполнения сварки.

Он также обеспечивает:

- проверку исправности самого защитного устройства;
- прекращение работы сварочного трансформатора при потере работоспособности ТОН;
- ограничение напряжения на вторичной обмотке сварочного трансформатора во время холостого хода до безопасного уровня с фиксированной (не более 1 с) выдержкой времени после размыкания сварной цепи;
- стойкое зажигание сварочной дуги в начале сварки;
- аварийную сигнализацию в случае, если напряжение холостого хода сварочного трансформатора превысит 12 В при разведенных электродах или нарушении целостности сварочной цепи обратного проводника «изделие – сварочный трансформатор»;
- снижение расхода электроэнергии при холостом ходе сварочного трансформатора.

Ограничитель напряжения холостого хода дополнительно может быть оснащен стабилизатором сварочной дуги, который значительно расширяет функциональные возможности сварочного трансформатора. В частности, стабилизатор обеспечивает:

- аргонно-дуговую сварку алюминия и его сплавов плавящимися электродами на переменном токе;
- сварку плавящимися электродами, предназначенными как для переменного, так и для постоянного тока;
- стойкое зажигание и стабильное горение сварочной дуги, в том числе в неблагоприятных условиях (при наличии на поверхности изделия шлака, ржавчины, окалины);

- повышенное качество сварного шва;
- уменьшение разбрызгивания электродного металла при сварке.

Схема ограничителя тока

Как известно опасность для жизни человека представляет не напряжение, а ток. Поэтому для обеспечения безопасности при работе со сварочным трансформатором можно предложить схему ограничения тока, который может пройти через тело человека при прикосновении на холостом ходу к обоим электродам.

Принцип работы схемы (см. рисунок) следующий: при замыкании цепи вторичной обмотки по ветке 2а пойдет ток. Его значение ограничивается конденсатором С1. На вторичной обмотке трансформатора TP2 по закону Фарадея появляется ЭДС индукции 5 В. Напряжение со вторичной обмотки выпрямляется диодным мостом D1, максимально допустимый ток которого намного превышает текущий по нему в схеме. Конденсатором С2 сглаживаются пульсации. Резистор R2 нужен для задания нужного режима работы стабилитрона (в данном случае режим задается током в 10 мА). В итоге на стабилитроне D2 получаем стабильное напряжение 4 В, которое поступает на затвор транзистора T1. Транзистор T1 открывается, и на резисторе R1 появляется напряжение, достаточное, чтобы открыть мощный IGBT-транзистор T2. После этого ток идет по ветке 2б. При размыкании цепи транзистор T2 закрывается.

Заключение

Мы рассмотрели подходы к обеспечению безопасности при работе со сварочными аппаратами, некоторые особенности работы ограничителей параметров холостого хода и наиболее типичную схему ограничителя тока. В настоящее время в розничной продаже имеются устройства с различными схемами исполнения ограничителей напряжения холостого хода или его ограничения до безопасной величины, позволяющие успешно защищать людей от поражения электрическим током.

Н.А. Красовский, государственный инспектор по энергетическому надзору Гродненского МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго»

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В РАБОТЕ ГАЗОВЫХ ХОЗЯЙСТВ БЕЛАРУСИ

Информационные технологии стремительно внедряются во все сферы мировой экономики, и топливно-энергетический комплекс не является исключением. В Беларуси информатизация признана одним из национальных приоритетов устойчивого развития государства. Стратегией развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 годы, утвержденной протоколом заседания Президиума Совета Министров от 3 ноября 2015 года № 26, предусмотрено развитие в стране цифровой инфраструктуры бизнеса, включая использование информационно-коммуникационных технологий и сети Интернет для производственной деятельности. Документ отвечает новому мировому тренду – цифровизации экономики и ее реального сектора.

Согласно Стратегии развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 годы одной из основных задач в этой сфере является повышение эффективности управления производством путем широкомасштабного внедрения автоматизированных систем планирования и управления полным циклом производства продукции (п. 3.4 «Внедрение информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики»).

Цифровая трансформация предполагает комплекс масштабных технологических и организационных преобразований, направленных на кардинальное повышение эффективности производства. Эта концепция достаточно полно отражает текущие процессы автоматизации газовой отрасли Республики Беларусь.

Цифровизация газовой отрасли набирает обороты

Учитывая сложность, многообразие и специфичность (в частности, в связи с повышенными требованиями к безопасности) производственного процесса в газовой отрасли, единая система автоматизации ГПО «Белтопгаз» является трехуровневой, объединяя в себе:

- верхний уровень – уровень ERP-системы (автоматизация основных бизнес-процессов головного предприятия);
- средний уровень – уровень АСУ П (контроль за потоками газа, распределение газа и бесперебойное снабжение им потребителей);
- базовый уровень – уровень АСУ ТП (весь комплекс работ по техническому обслуживанию и поддержанию в надлежащем техническом состоянии объектов газораспределительной системы, включая удаленный мониторинг основных параметров их работы).

Последний уровень можно назвать «центром тяжести» применения IT-технологий в газовом хозяйстве: программное обеспечение данного уровня составляет базис всей системы автоматизации отрасли.



Н.В. СТРУЦКИЙ,
заместитель начальника
управления систем газоснабжения
ГПО «Белтопгаз»



А.А. АНАНЕНКО,
инженер отдела централизованной
разработки программного обеспечения
ПУ «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз»



И.М. ПЕРЕЛЫГИН,
инженер отдела централизованной
разработки программного обеспечения
ПУ «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз»



О.В. ГОЛУБЕВА,
к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой
технологии программирования
Полоцкого государственного университета

Для решения задач среднего уровня ГПО «Белтопгаз» разработало и внедрило **мультипрограммный комплекс (МПК) «Панорама»**, который охватывает и консолидирует всю информацию об объектах газораспределительной системы. Данные поступают из ранее разработанных программ, используемых различными службами (эксплуатации, защиты, аварийно-диспетчерской, абонентской и др.). На карте Республики Беларусь, доступной в МПК, нанесены газовые сети и объекты, благодаря чему можно получить информацию об эксплуатируемых газопроводах (журнал учета принятых в эксплуатацию газовых сетей 7-ЭГ), строящихся газовых сетях, воспользоваться приложенной исполнительной съемкой, профилем, сварочной схемой. В «Панораме» также имеется режим моделирования аварийных ситуаций: указав место аварии, можно оперативно выявить запорную арматуру, подлежащую отключению, участки газопровода, остающиеся без газа, и участки газовых сетей, которые необходимо отключить для сохранения в них остаточного давления.

В рамках цифровизации газоснабжения в 2014–2018 годах газовые хозяйства в основном внесли в МПК «Панорама» все распределительные газопроводы, сооружения и элементы на них, а также смежные коммуникации (в объеме, необходимом для оперативного выполнения аварийно-восстановительных работ). В результате в объединении создана распределенная в геопространстве цифровая модель газовых сетей, отвечающая потребностям всех заинтересованных технических служб. При этом каждая служба имеет в МПК «Панорама» свой специализированный по виду работ модуль, позволяющий хранить и актуализировать разнообразные базы данных об обслуживаемых объектах и их технических параметрах, осуществлять автоматическое планирование регламентных работ, регистрацию и контроль их выполнения, формировать необходимую эксплуатационную документацию в электронном виде.

Актуальность создания единой мобильной платформы

В числе последних тенденций развития АСУ ТП – использование мобильных устройств в совокупности со специализированным программным обеспечением. Данный подход позволяет значи-

тельно повысить мобильность операторов устройств, сохранив возможность быстрого и удобного доступа к важной служебной информации. Причем оператор имеет возможность не только получать эти данные, но и практически мгновенно отправлять их на дальнейшую обработку. Еще одно преимущество мобильных устройств – наличие ряда аппаратных возможностей: например, камеру можно использовать как сканер, а с помощью GPS определить местоположение оператора. Кроме того, благодаря применению мобильных устройств с ПО значительно автоматизируется и сокращается оборот первичной технической документации, традиционно оформляемой персоналом в бумажном виде по возвращении с обслуживаемых объектов.

Проведя оценку ситуации на рынке программного обеспечения для мобильных устройств в энергетической отрасли Республики Беларусь, можно сделать следующий вывод: сторонние разработчики делают приложения, позволяющие решать одну задачу, которая с минимальными изменениями подходит для разных организаций без полного учета производственного процесса. Использование таких приложений в рамках одного большого предприятия не имеет смысла. Множество разрозненных типов ПО плохо скажется на производительности труда, так как придется переносить данные из одной программы в другую, дублировать их в различных программных комплексах. Подход «отдельное приложение для отдельной задачи» усложняет развертывание и администрирование этих приложений на мобильных устройствах. В связи с этим актуален вопрос создания единой мобильной платформы, объединяющей различные бизнес-процессы в одну полноценную систему.

Созданием такой системы в рамках реализации задач по автоматизации производственной деятельности газоснабжающих предприятий Беларуси занимается производственный филиал «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз». Как часть этой системы разрабатывается мобильное приложение, входящее в состав **мультипрограммного комплекса «Мириада»**. С помощью данного МПК различные службы (аварийно-диспетчерская, служба защиты подземных газопроводов от коррозии, служба наружных газопроводов и сооружений на них, служба внутренних газопроводов и внутридомового газового оборудования и др.) выполняют поставленные перед ними задачи.

В рамках автоматизации технологических процессов в ГПО «Белтопгаз» идет активное внедрение архитектуры построения программных комплексов на основе микросервисов, что позволяет создавать новое ПО с опорой на уже работающее. При этом сохраняется разумное распределение сил: старое ПО не вытесняется радикально, а постепенно заменяется новыми разработками. Продолжается построение облачной инфраструктуры для консолидации всех данных и обеспечения быстрой масштабируемости программных комплексов как по вертикали, так и по горизонтали.

Так как мобильное приложение использует технологию микросервисов, оно изначально интегрировано с такими системами, как МПК «Панорама», «Наружные сети», CRM-системой, биллинговой системой и другими программными комплексами в рамках МПК «Мириада», и предоставляет возможность выгрузки данных в учетные системы (например, 1-С) для учета работ в рамках сдельной оплаты труда. Благодаря этому формируется универсальная платформа, на базе которой создается специализированный функционал для уже упомянутых газовых служб. Подобная интеграция позволяет значительно повысить производительность работы всего набора программ.

Мобильная платформа «Мириада» и ее преимущества

Рассмотрим один из сценариев автоматизации бизнес-процесса с использованием мобильной платформы «Мириада» – «Обследование газопроводов путем периодического обхода». Данная работа является регламентной, порядок и технология ее выполнения определены соответствующими локальными нормативными актами ГПО «Белтопгаз».

Порядок действий при реализации названного сценария с использованием мобильной платформы «Мириада» следующий.

Прежде чем отправить слесаря на обход, в программный модуль «Наружные сети» должны быть внесены все необходимые данные о газопроводах, которые планируется обследовать, и их элементах. Причем газопроводы должны быть объединены в маршрут (в данном контексте маршрут – это совокупность газовых объектов, обслуживаемых одной бригадой в течение рабочего дня) и нанесены на карту в МПК «Панорама».

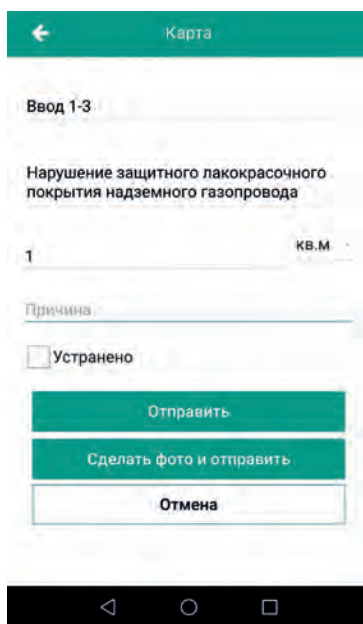


Рис. 1. Описание повреждения в мобильном приложении «Мириада»



Рис. 2. Описание и фото повреждения в МПК «Панорама»

Кроме того, должна быть обеспечена связь программного модуля с вышеуказанным программным комплексом. Необходимо также иметь заранее разработанный график обходов этих маршрутов. Только при соблюдении этих условий мастер может назначить обходчику задание.

Соответственно, данные о самом мастере и его подчиненных должны быть внесены в единую систему работников предприятия (это может быть кадровая или учетная система с возможностью синхронизации и выгрузки данных в систему управления учетных данных, например LDAP) с назначенными ролями и паролями. Для этого в МПК «Мириада» используется протокол OAuth2, позволяющий осуществлять аутентификацию на основе токенов.

Разумеется, внедрить мобильные устройства без подготовленного базового уровня системы управления технологическими процессами не получится. Одним из маркеров готовности крупных программных комплексов к внедрению функции «мобильный сотрудник» является возможность выдавать задания из базового программного комплекса на бумажных носителях и обрабатывать результаты выполнения этих заданий, внося их вручную обратно в программный комплекс.

Естественно, использование работником при выполнении регламентных работ мобильного устройства (планшета или телефона) дает большие возможности по управлению персоналом и ресурсами. При получении задания на обход слесарь загружает в мобильное устройство слой газопроводов и элементов для конкретного маршрута. Это действие сразу фиксируется в программах верхнего уровня,

и с помощью GPS-датчиков на устройстве отслеживаются местонахождение работника и все его действия на маршруте, что существенно облегчает контроль со стороны мастерского состава. Также вышестоящий технический руководитель на своей панели верхнего уровня автоматизации (ERP-системы) может увидеть уровень загруженности низового звена, место расположения персонала, выполняющего задание, суть этого задания и степень его реализации в режиме реального времени.

Во время обхода слесарь с помощью мобильного устройства вводит в программу информацию о найденных на маршруте нарушениях и неисправностях, при необходимости фотографирует их, а также ставит пометку об исправлении повреждения, сделанном непосредственно в рамках обхода (рис. 1). Все эти данные привязываются с помощью GPS-координат к конкретному местоположению и сразу отображаются на карте МПК «Панорама», где можно просмотреть описание неисправности и ее фотографии (рис. 2). Все внесенные данные автоматически попадают в программу «Журнал регистрации и учета выявленных повреждений», с помощью которой осуществляется дальнейший контроль за своевременным устранением повреждений. Поскольку вся информация хранится в электронном виде, появляется дополнительная возможность оперативно составить список неустраненных проблем, выявленных на маршруте, и передать его слесарю перед началом следующего обхода. При этом нет необходимости заполнять на бумаге рапорт в соответствии с формой 6-ЭГ – он формируется автоматически. Возвращаясь на свое рабочее

место, слесарь просто распечатывает рапорт, подписывается и сдает его мастеру. В случае сдельной оплаты труда обходчика данные о выполненных им работах и их объемах поступают в специализированные учетные программы для дальнейшего начисления зарплаты.

Важной особенностью мобильного приложения «Мириада» является то, что сотрудник получает все задания и информацию для их выполнения прямо в приложении, по мере их создания в базовых программах. То есть в случае производственной необходимости в ходе выполнения одного задания мастер может дать новое, и слесарь тут же его получит на своем устройстве. При этом есть возможность просмотреть задания, выданные не только на текущий, но и на любой предыдущий день.

Заключение

Мобильная платформа «Мириада» позволяет оперативно решать различные задачи, стоящие перед газовыми службами и подразделениями. Эта информационная система разрабатывается силами ПУ «АйТиГаз» с использованием открытых технологий и свободных платформ, таких как QT, MySQL, Postgres, Keycloak, Open Source ERP и CRM – Odo, LDAP и др. Это позволяет не заботиться о проблемах масштабируемости платформы в разрезе лицензионных отчислений, что, в свою очередь, резко снижает совокупную стоимость владения данным программным обеспечением и дает возможность осуществлять цифровую трансформацию отрасли наименее затратным путем.

VI БЕЛОРУССКО-ГЕРМАНСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ ПРОДОЛЖИЛ ТРАДИЦИЮ ДВУСТОРОННЕГО СОТРУДНИЧЕСТВА



В ходе VI Белорусско-Германского энергетического форума

8 октября в Минске в шестой раз прошел Белорусско-Германский энергетический форум. Его организаторами выступили Немецкое энергетическое агентство (dena) и Министерство энергетики Республики Беларусь. В мероприятии приняли участие Представительство немецкой экономики в Республике Беларусь и Восточный комитет – Восточно-европейская ассоциация немецкого бизнеса (ОАОЕВ) при поддержке Федерального министерства экономики и энергетики ФРГ.



**Заместитель Министра энергетики
О.Ф. Прудникова отвечает
на вопросы журналистов**

Главными темами форума стали вопросы цифровой трансформации энергетики, сетевой инфраструктуры, устойчивого городского энергообеспечения и экологии, создания «умных» городов, повышения энергоэффективности и развития возобновляемой энергетики.

Выступая на открытии форума, заместитель Министра энергетики О.Ф. Прудникова отметила, что Беларуси интересен опыт Германии в использовании возобновляемых источников энергии. Особый интерес представляют специфика работы этих источников, проекты, реализуемые с мощным вовлечением ВИЭ в баланс. Опыт европейских стран в решении вопросов цифровизации энергетики, развития «умных» городов, гармонизации национальных стандартов в сфере энергосбережения и энергоэффективности важен для достижения Целей устойчивого развития в Беларуси.

Среди перспективных направлений сотрудничества заместитель Министра назвала развитие строительной сферы и жилищно-коммунального хозяйства. В связи с существенными объемами углеводородного топлива, затрачиваемого на теплоснабжение, актуален вопрос использования для этих целей электрической энергии. «Мы должны обеспечить энергоэффективность, энергосбережение по всему тракту – от производства до потребления ресурсов в домах», – отметила О.Ф. Прудникова. Заместитель Министра также подчеркнула, что дальнейшее развитие белорусской энергетической сферы направлено на гармоничное сочетание различных видов энергоресурсов.

В свою очередь Посол Германии в Беларуси Петер Деттмар отметил важность плодотворного диалога двух стран касательно достижения целей Парижского соглашения по климату и необходимость принятия дополнительных мер по сокращению выбросов парниковых газов.

Форум собрал белорусских и немецких руководителей и экспертов в области ВИЭ, сетевой инфраструктуры и энергоэффективности. Энергетическую сферу республики на форуме представляли специалисты Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз» и ряда других организаций. Белорусские энергетики приняли участие в панельных дискуссиях по темам: «Новая энергетическая политика в городах», «Технологии накопления энергии и слияние секторов», «Дигитализация и управление сетями», «Возможности финансирования проектов в сфере возобновляемых источников энергии и энергоэффективности».

Белорусско-Германский энергетический форум за годы своего существования стал эффективной площадкой для масштабных дискуссий и обмена опытом по наиболее перспективным направлениям развития энергетики. Он нацелен на укрепление взаимовыгодного сотрудничества белорусских и немецких компаний, освоение производства инновационной продукции и внедрение передовых технологий, а также привлечение в энергетический сектор Беларуси иностранных инвестиций.

ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

По итогам EnergyExpo-2018

С 9 по 12 октября в г. Минске прошел XXIII Белорусский энергетический и экологический форум, одним из организаторов которого является Министерство энергетики Республики Беларусь. В рамках форума состоялись международные специализированные выставки «EnergyExpo», «Oil & Gas Technologies», «Атомэкспо-Беларусь», «Водные и воздушные технологии», «ЭкспоСВЕТ», «ЭкспоГОРОД», а также XXIII Белорусский энергетический и экологический конгресс. Генеральным информационным партнером мероприятия выступил научно-практический журнал Министерства энергетики «Энергетическая стратегия».



Торжественное открытие выставки EnergyExpo-2018



Министр энергетики
Республики Беларусь В.М. Каранкевич
на пленарной сессии форума

Белорусский энергетический и экологический форум ежегодно становится уникальным местом встреч энергетиков и экологов Беларуси и зарубежья, способствуя расширению сотрудничества, обмену передовыми разработками и реализации совместных проектов разных стран.

Открывая мероприятие, Министр энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевич отметил, что развитие топливно-энергетического комплекса Беларуси нацелено на инновации, производство конкурентоспособной продукции при обеспечении надежного и эффективного энергопотребления реального сектора экономики и населения. Министр подчеркнул, что Беларусь выступает надежным партнером в транзите энергоресурсов по территории республики, активно участвует в снижении выбросов парниковых газов в окружающую среду. Страна достигла высоких показателей в использовании топливно-энергетических ресурсов и открыто осуществляет информационное взаимодействие по различным актуальным вопросам энергетической сферы.

Сразу после церемонии открытия был подписан меморандум о сотрудничестве между Министерством энергетики Республики Беларусь и Немецким энергетическим агентством (dena).

Насыщенная деловая программа **XXIII Белорусского энергетического и экологического конгресса**, включавшая порядка 20 мероприятий, была посвящена реализации целей устойчивого развития, цифровой трансформации энергетического и нефтехимического комплексов, созданию «умных» городов, развитию атомной отрасли и другим приоритетным направлениям развития энергетики.

Центральным событием форума стала **пленарная сессия «Цели устойчивого развития Республики Беларусь. Энергетика. Экология. Энергоэффективность»**, в ходе которой состоялось обсуждение стартовых позиций и приоритетных направлений по достижению Целей устойчивого развития в энергетике.

Открыла мероприятие заместитель Министра энергетики О.Ф. Прудникова. Она отметила, что Республика Беларусь уже многое сделала для реализации Целей устойчивого развития в области энергетики. В республике создана развитая инфраструктурная сеть, все население страны имеет доступ к электроэнергии. Строительство и реконструкция сетей и основного энергетического оборудования позволят сделать энергоресурсы доступнее как для реального сектора экономики, так и для населения. В энергетике также многое сделано в области охраны окружающей среды. Из 1 млн 340 тыс. т ежегодных выбросов в атмосферу только 84 тыс. т приходится на сферу производства электрической и тепловой энергии.

В ходе пленарной сессии участники форума заслушали доклады Министра энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевича «Стратегия развития белорусской энергетики», директора Департамента по энергетике Евразийской экономической комиссии Л.В. Шенца «Перспективы топливно-энергетического комплекса ЕАЭС в рамках формирования общих рынков», исполнительного директора Немецкого энергетического агентства (dena) Кристины Хаверкампа «Формирование интегрированной и устойчивой энергетической системы в Германии к 2050 году» и др.

Развитию атомной энергетики было посвящено заседание **круглого стола «Перспективы развития ядерной энергетики: аспекты безопасности, экологии, экономики и устойчивого развития»**. Мероприятие было нацелено на создание позитивного отношения к формированию в Беларуси атомного кластера, демонстрацию открытости государства, готовности к диалогу в процессе реализации проекта сооружения БелАЭС, информирование общественности Беларуси и других стран о статусе развития атомной энергетики в республике, международных стандартах, применяемых при строительстве БелАЭС для минимизации техногенного воздействия на экологическую обстановку в регионе.



Объединенный стенд Министерства энергетики Республики Беларусь

Особый интерес у специалистов топливно-энергетического сектора вызвал **SMART ENERGY FORUM**, в ходе которого состоялось обсуждение глобальных трендов в энергетике, инновационных технологий, интеллектуальных энергосистем. В рамках мероприятия состоялось пленарное заседание «Стратегия цифровой трансформации энергетического и нефтехимического комплекса Республики Беларусь», а также секционные заседания: «Технологии интернета вещей в энергетике», «Умная энергетика для промышленных производств, жилых зданий и городов», «Технологические решения для энергетики».

На завершающем этапе форума прошли два значимых мероприятия. Участники **научно-практической конференции «Цели устойчивого развития: наука и инновации»** обсудили вопросы развития электротранспорта, снижения энергоёмкости ВВП, повышения энергоэффективности, в том числе за счет внедрения энергоэффективных технологий и материалов, повышения потенциала использования ВИЭ,

реализацию обязательств Республики Беларусь, принятых в рамках исполнения Парижского соглашения, и др. В центре внимания участников **международного семинара «Тенденции развития энергоснабжения аграрно-промышленного комплекса Республики Беларусь: новые вызовы и возможности»** были вопросы повышения эффективности использования энергоресурсов в организациях сельского хозяйства, в том числе с использованием местных топливно-энергетических ресурсов.

Традиционно большой интерес у участников и гостей форума вызвала **выставка «EnergyExpo-2018»**, которая является одной из крупнейших в своем секторе в странах СНГ и Балтии.

Министерство энергетики Беларуси было представлена на выставке объе-



Организаторы форума осматривают экспозиции EnergyExpo-2018

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

диненным стендом. Разработчиком и организатором стенда выступил Информационно-издательский центр ОАО «Экоэнерго». Свои достижения в коллективной экспозиции продемонстрировали государственные производственные объединения «Белэнерго» и «Белтопгаз», а также РУП «Белорусская атомная электростанция». Особый акцент в оформлении стенда был сделан на Целях устойчивого развития Беларуси, а также на социально значимой информации.

Одними из первых с экспозицией объединенного стенда ознакомились Министр энергетики В.М. Каранкевич и и.о. генерального директора ГПО «Белэнерго» П.В. Дрозд. За время работы выставки стенд посетили также специалисты Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз», ГП «БелАЭС», представители энергетических, научно-исследовательских, промышленных, транспортных, консалтинговых и других организаций, СМИ, преподаватели и учащиеся технических вузов и ссузов.

Свои экспозиции на выставке представили и другие организации отрасли, в том числе ОАО «Белэнергоремналадка», ОАО «Белэлектромонтажналадка», филиал «Завод Энергооборудование» ОАО «Белсельэлектросетстрой», ОАО «Центроэнергомонтаж», филиалы «Инженерный центр» и «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго», РУП «Могилевэнерго», ОАО «Белоозерский энергомеханический завод», филиал «Белоозерскэнергоремонт» РУП «Брестэнерго», филиал «Предприятие средств диспетчерского и технологического управления» РУП «Гродноэнерго».

В нынешнем году участниками выставки стали около 300 организаций из 15 стран (Австрия, Беларусь, Германия, Дания,



Италия, Китай, Литва, Польша, Россия, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Чехия, Швейцария). Свои достижения представили ведущие предприятия этих стран, производящие оборудование, технологии и материалы для энергетики, экологии, энергосбережения и электротехники и заинтересованные в продвижении продукции на белорусский рынок. Среди зарубежных участников выставки – известные мировые бренды Siemens, Schneider Electric, ABB, «Таврида Электрик», Eaton, Bertsch и др.

Форум в очередной раз подтвердил свой имидж популярной международной площадки для обсуждения вопросов в сфере повышения эффективности в энергетической сфере, обмена профессиональными знаниями и опытом, укрепления и развития делового сотрудничества. Мероприятие стало важным событием для производителей современного оборудования и технологий для генерации и распределения электрической и тепловой энергии, энерго- и ресурсосбережения, автоматизированных систем и открыло новые возможности для конструктивного диалога, содержательных дискуссий, заключения деловых контрактов и дальнейшего инновационного развития топливно-энергетического комплекса республики.



ОХРАНА ТРУДА КАК ФАКТОР ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Энергетика – одна из основных отраслей национальной экономики Республики Беларусь. Ее развитие определяется стратегией социально-экономического развития государства и рядом программ, обеспечивающих последовательное достижение установленных приоритетов при поддержке и гарантиях на государственном уровне. От устойчивого функционирования объектов энергетики зависит экономическая безопасность и стабильность государства, а обеспечение охраны труда является неотъемлемой частью энергетической безопасности.



С.С. ДАВЫДОВСКИЙ,
заместитель начальника отдела
охраны труда, пожарной
и промышленной безопасности
ГПО «Белэнерго»

Белорусская энергосистема представляет собой динамично развивающийся высокоавтоматизированный комплекс электростанций, электрических и тепловых сетей. Надежность и экономичность функционирования этой крупной и хорошо организованной системы во многом зависит от профессионализма персонала, а также от состояния охраны труда энергетиков.

Несмотря на то что в последние годы проведена целенаправленная работа по профилактике травматизма и наметилась тенденция к его снижению в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго», несчастные случаи, в том числе со смертельным исходом, продолжают происходить.

За 8 месяцев 2018 года в организациях, входящих в состав объединения, произошло 9 несчастных случаев, в которых пострадало 9 работников. В результате 3 работника получили травмы со смертельным исходом и 3 – с тяжелыми последствиями.

По видам происшествий несчастные случаи классифицированы как поражение электрическим током (2 случая), воздействие движущихся, разлетающихся предметов (5 случаев), воздействие экстремальных температур (1 случай), падение с высоты (1 случай).

Динамика производственного травматизма в организациях ГПО «Белэнерго» за 2010 – 8 месяцев 2018 года представлена на рисунке.

В целях улучшения организации работы по охране труда ГПО «Белэнерго» разработан **Комплекс мер по профи-**

лактике производственного травматизма в организациях на 2018 год, утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 9 января 2018 года № 7 «О состоянии охраны труда и пожарной безопасности в 2017 году». В рамках Комплекса запланированы и реализуются 29 мероприятий по профилактике и предупреждению производственного травматизма.

Основные мероприятия Комплекса направлены на:

- совершенствование системы управления охраной труда, снижение и управление рисками;
- оснащение и укомплектованность персонала современными средствами индивидуальной и коллективной защиты, спецодеждой (в том числе для работы в условиях наведенного напряжения);
- разработку и актуализацию локальных нормативных правовых актов, программ обучения;
- повышение уровня знаний и осведомленности по вопросам охраны труда (проведение внеочередной проверки знаний).

За 2017 год и 6 месяцев 2018 года комиссией Министерства энергетики Республики Беларусь с участием представителей ГПО «Белэнерго» проведен мониторинг состояния охраны труда, пожарной и промышленной безопасности в четырех РУП-облэнерго. Выявленные несоответствия устранены в полном объеме согласно утвержденным планам по устранению выявленных недостатков в организациях.

Во исполнение пунктов 2.2, 2.3 постановления Министерства энергетики

Республики Беларусь от 30 октября 2017 года № 40 «О выполнении требований Директивы Президента Республики Беларусь от 11 марта 2004 года «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины»» в первом квартале 2018 года проведен анализ функционирования действующих систем управления охраной труда (СУОТ) в организациях объединения за 2017 год с оценкой результативности профилактической направленности данных систем и путей их совершенствования.

Следует отметить, что в организациях, входящих в состав объединения, внедрена и действует СУОТ, разработанная с соблюдением требований СТБ 18001-2009 (OHSAS 18001:2007) и положений действующего законодательства в области охраны труда.

По результатам анализа функционирования системы и материалов совещаний по вопросам охраны труда, проведенных в филиалах РУП-облэнерго, можно сделать вывод, что разработанные и действующие в организациях формализованные СУОТ содержат все необходимые регламенты и записи, условно необходимые для подтверждения этих регламентов. Несоответствия, выявленные в функционировании СУОТ

большинства организаций, не являясь критичными: они не ставят под сомнение наличие самих систем и могут быть скорректированы в достаточно короткие сроки. Вместе с тем основное предназначение СУОТ – профилактика (предупреждение) несчастных случаев на производстве, инцидентов, аварий и профессиональной заболеваемости – выполняется не в полной мере.

В филиалах и аппаратах управления РУП-облэнерго во исполнение пункта 2.3 постановления Минэнерго от 30 сентября 2015 года № 33 организован и ведется персонифицированный электронный накопительный учет и анализ выявляемых нарушений в сфере охраны труда в целях разработки мероприятий по предотвращению аналогичных нарушений. Для этого разработана классификация нарушений. Данные накопительного учета принимаются во внимание при осуществлении кадровой политики, установлении надбавок к заработной плате и премиальных выплат работникам. На основании анализа ежемесячно формируется отчет «О нарушениях правил охраны труда и принятых мерах», с учетом которого принимается решение о мерах в отношении должностных лиц, допустивших нарушения.

В двух организациях, а именно в РУП «Гомельэнерго» и РУП «Могилевэнерго», учет в аппарате управления и филиалах ведется централизованно и замкнут на службы охраны труда.

Приказом ГПО «Белэнерго» от 11 декабря 2017 года № 296 утверждено **Положение о проведении Дня охраны труда в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго»**. Согласно указанному положению как в организациях, так и в аппарате управления объединения утверждаются соответствующие

графики участия структурных подразделений в днях охраны труда.

С 2016 года по согласованию с Министерством энергетики Республики Беларусь и профессиональными союзами работников энергетики, газовой и топливной промышленности утверждено и 12 апреля 2016 года введено в действие **Положение о порядке применения талонов охраны труда в ГПО «Белэнерго»**. Положением определены принципы построения и организации применения талонной системы контроля, подходы к оценке нарушений норм и правил по охране труда, пожарной и промышленной безопасности, а также порядок применения мер воздействия к нарушителям и степень ответственности за допущенные нарушения.

В целях выявления и предупреждения нарушений, создания единых условий для проведения контроля за соблюдением законодательных требований, норм и правил по охране труда, пожарной и промышленной безопасности на рабочих местах в организациях, учета и оценки результатов контроля разработано и приказом ГПО «Белэнерго» от 31 января 2018 года № 40 введено в действие **Положение о порядке проведения контроля за соблюдением работниками законодательства об охране труда и промышленной безопасности в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго»**. Положение определяет периодичность и порядок контроля рабочих мест руководителями и должностными лицами всех уровней: от высшего руководства до руководителей структурных подразделений филиала.

Подведены итоги ежегодного смотроконкурса на лучшую организацию работы по охране труда среди организаций. По его результатам лучшими признаны РУП «ОДУ» и Ошмянские электриче-

ские сети РУП «Гродноэнерго», второе место присуждено Могилевским электрическим сетям РУП «Могилевэнерго», третье – филиалу СМУ «Белэнерго-монтаж» РУП «Белэнергострой».

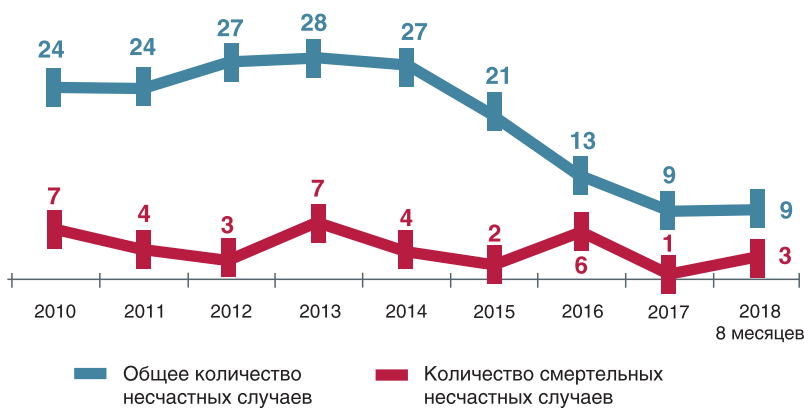
Приказами, протоколами и другими документами в первом полугодии 2018 года организовано 80 дополнительных мероприятий по профилактике производственного травматизма и совершенствованию работы по управлению охраной труда.

В первом полугодии 2018 года ГПО «Белэнерго» организовано и проведено 3 секторных совещания и 2 семинара-совещания по темам «Системы пожарной автоматики, охранной сигнализации, видеонаблюдения, контроля и управления доступом. Перспективы развития, проблемные вопросы и пути их решения» и «Анализ произошедших несчастных случаев на производстве в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго», за пять месяцев 2018 года и принимаемые меры по профилактике травматизма».

На мероприятия по охране труда, в том числе по улучшению условий труда на рабочих местах с вредными и опасными условиями труда, за первые шесть месяцев 2018 года организациями объединения затрачено 6119,6 тыс. руб. За счет этих средств приведено в соответствие с требованиями гигиенических нормативов 267 рабочих мест, на которых занято 326 работников, а также улучшены условия труда на 28 рабочих местах, на которых занято 58 работников.

В ГПО «Белэнерго» и РУП-облэнерго уделяется пристальное внимание компетентности специалистов по охране труда: постоянно проводится повышение квалификации этой категории персонала, в текущем году запланировано проведение внеочередной проверки знаний всех специалистов по охране труда РУП-облэнерго. Кроме того, в областных энергосистемах проводится работа по улучшению имиджа и кадровому укреплению служб по охране труда. По инициативе ГПО «Белэнерго» в текущем году в РУП «Могилевэнерго» и РУП «Брестэнерго» введены должности заместителей начальников службы надежности, охраны труда, пожарной, промышленной и радиационной безопасности.

Следует также подчеркнуть, что кадровая политика ГПО «Белэнерго» предусматривает обязательное согласование с отделом охраны труда, пожарной и промышленной безопасности аппарата управления всех кандидатур на руководящую должность или продление контракта.



Динамика производственного травматизма в организациях ГПО «Белэнерго»

УТВЕРЖДЕНЫ ОТРАСЛЕВЫЕ ПРАВИЛА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.03.356-18

10 сентября приказом ГПО «Белэнерго» № 205 утвержден и введен в действие отраслевой стандарт СТП 33240.03.356-18 «Правила взрывобезопасности топливоподач и установок для приготовления и сжигания пылеобразного топлива». Стандарт введен взамен одноименного СТП 09110.03.356-07.

С.С. ДАВЫДОВСКИЙ,
заместитель начальника отдела
охраны труда, пожарной
и промышленной безопасности
ГПО «Белэнерго»

Актуализация стандарта СТП 33240.03.356-18 обусловлена увеличением доли местных видов топлива (МВТ) в топливно-энергетическом балансе республики. В рамках государственных программ с 2006 года в системе ГПО «Белэнерго» введены в эксплуатацию 11 энергоисточников, на которых предусмотрено использование МВТ, в том числе Осиповичская мини-ТЭЦ, Вилейская мини-ТЭЦ, Белорусская ГРЭС, Пинская ТЭЦ, Пружанская ТЭЦ, Речицкая мини-ТЭЦ, мини-ТЭЦ «Барань», котлоагрегаты на Жодинской ТЭЦ, Бобруйской ТЭЦ-1 и Лунинецкой ТЭЦ.

Стандарт ГПО «Белэнерго» СТП 33240.03.356-18 «Правила взрывобезопасности топливоподач и установок для приготовления и сжигания пылеобразного топлива» устанавливает требования, обеспечивающие взрывобезопасные условия эксплуатации на природном твердом топливе оборудования топливоподачи, пылеприготовительных и котельных установок электростанций, промышленных и отопительных котельных, а также производственных зданий и помещений, в которых размещается технологическое оборудование.

Правилами регламентируются оснащенность топливоподач, пылеприготовительных и сушильных установок, а также котлов системами измерений, защит и блокировок, обеспечивающими их взрывобезопасную эксплуатацию, порядок технического освидетельствования оборудования, приемки его в эксплуатацию, составления производственных инструкций, действий персонала при возникновении и ликвидации аварийных ситуаций.

При разработке Правил был изучен и учтен опыт проектирования, изготовления и эксплуатации топливоподающих, пылеприготовительных и котельных установок электрических станций, промышленных и отопительных котельных, работающих на природном твердом топливе, а также производственных зданий и помещений, в которых размещается указанное технологическое оборудование.

Стандартом определены меры безопасности при использовании видов топлива, склонных к самовозгоранию при хранении и транспортировке (угли, сланцы, фрезерный торф, лигнин). Разработчиками также учитывалось, что опасность самовозгорания возрастает с увеличением доступа воздуха в слой топлива и при нагревании топлива, а склонность пыли



Топливоподача Лунинецкой ТЭЦ

к самовозгоранию повышается с ее утонением, уменьшением влажности, увеличением содержания кислорода и температуры среды, а также при контакте отложившейся пыли с горячими поверхностями.

СТП 33240.03.356-18 четко определяет, что взрывоопасными следует считать все природные твердые топлива, взвешенная в воздухе пыль которых способна взрываться при наличии источника зажигания. Эти свойства пыли твердых топлив обусловлены их природой и зависят от химической активности горючих летучих его компонентов, содержания кокса и золы. Взрывоопасные свойства топлив могут изменяться в пределах вида, марочного состава и месторождения топлива.

Стандарт включает 9 разделов:

1. Область применения.
2. Нормативные ссылки.
3. Термины и определения.
4. Сокращения.
5. Общие положения.
6. Взрывоопасность пыли твердых топлив.
7. Взрывопредупреждение.
8. Взрывозащита. Защита оборудования и персонала.
9. Эксплуатация.

Раздел «Взрывопредупреждение» имеет следующие под-разделы:

- конструкция зданий и размещение оборудования;
- бункера сырого топлива и пыли;
- пылепроводы и газозовоздухпроводы;
- сушильно-размольные и топочные устройства;
- система измерений, сигнализации, защит и блокировок.

В разделе «Эксплуатация» в соответствующих подразделах изложены общие требования в части взрывобезопасности эксплуатируемых установок, а также требования при пуске, нормальной работе, останове, осмотре и ремонте, нарушении нормального режима работы установок.

Кроме того, документ имеет четыре приложения: одно рекомендуемое (приложение Г) и три справочных (приложения А, Б, В). Приложение А содержит примеры расчета критерия взрываемости, приложение Б – информацию о распределении некоторых энергетических твердых топлив по группам взры-

воопасности, приложение В – примеры определения необходимого расхода воды на пожаротушение воздухоподогревателей. В рекомендуемом приложении Г приводится форма акта технического освидетельствования.

Для оценки взрывоопасных свойств природных твердых топлив в стандарте используется критерий взрываемости K_T , определяемый расчетным путем по фактическим значениям элементного и технического составов топлив (примеры вычисления K_T приведены в приложении А). В соответствии с данным критерием топлива подразделяются на четыре группы взрывоопасности, для которых устанавливаются необходимые средства взрывопредупреждения и взрывозащиты:

- I группа – $K_T \leq 1,0$;
- II группа – $1,0 < K_T \leq 1,5$;
- III группа – $1,5 < K_T \leq 3,5$;
- IV группа – $K_T > 3,5$.

Правила обязательны для исполнения при изготовлении, монтаже, модернизации, реконструкции и эксплуатации зданий, сооружений и оборудования топливоподачи, пылеприготовительных и котельных установок электростанций, промышленных и отопительных котельных, работающих на твердом топливе и распространяются на весь тракт топливоподачи (включая разгрузочные устройства и бункера сырого топлива), пылеприготовительные установки (включая бункера пыли), котельные установки и производственные помещения, в которых размещено технологическое оборудование топливоподачи, пылеприготовительных и котельных установок.

Готовятся к выпуску

Стандарты ГПО «Белэнерго»:

- ✓ СТП 33240.09.154-18
«Положение о разработке, согласовании и утверждении нормативно-технической документации по топливоиспользованию тепловых электростанций и котельных энергоснабжающих организаций, входящих в состав государственного производственного объединения «Белэнерго»»
- ✓ СТП 33240.09.155-18
«Методические указания по составлению и содержанию энергетических характеристик оборудования тепловых электростанций и котельных энергоснабжающих организаций, входящих в состав государственного производственного объединения «Белэнерго»»

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
 в ЭИС «Энергодокумент»
www.energodoc.by

ЗАКАЗАТЬ

- в редакции по телефонам:
 +375 17 286-08-28 (многоканальный)
 +375 29 399-11-04, +375 33 319-11-04
- на сайтах: www.energystrategy.by, www.energodoc.by

В БЕЛАРУСИ ПОЯВИЛСЯ СТАНДАРТ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.117-18

С 1 августа 2018 года приказом ГПО «Белэнерго» от 16 июля 2018 года № 171 введен в действие отраслевой стандарт СТП 33240.20.117-18 «Цифровые подстанции. Требования к проектированию». Нормы стандарта обязательны к применению проектными, строительными-монтажными и эксплуатационными организациями, входящими в состав ГПО «Белэнерго», в первую очередь при проектировании и вводе в эксплуатацию цифровых подстанций.

В Республике Беларусь до настоящего времени отсутствовали действующие нормативно-правовые акты, касающиеся цифровых подстанций (ЦПС), а основные мировые стандарты по данному направлению не были переведены. Технологии ЦПС фактически выпадали из правового поля, и поэтому проектирование объектов с применением этих технологий, согласование проектов и прохождение ими государственной экспертизы были достаточно проблематичны. В целях решения этой проблемы ГПО «Белэнерго» поставило перед специалистами РУП «Белэнергосетьпроект» задачу по разработке стандарта организации (СТП), устанавливающего требования к проектированию цифровых подстанций.

В основу СТП положены стандарты Международной электротехнической комиссии МЭК-61850 (IEC 61850, вторая редакция), а также отраслевой стандарт ГПО «Белэнерго» СТП 33243.01.216-16 «Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования». При этом новый стандарт ГПО «Белэнерго» устанавливает специфические для ЦПС дополнительные требования, нацеленные на повышение надежности, безопасности цифровых подстанций и снижение совокупных расходов на их проектирование, строительство и эксплуатацию.

Помимо указанных документов при разработке СТП 33240.20.117-18 учитыва-

лись положения нормативных документов Республики Беларусь, содержащие требования к системам АСУ ТП: ГОСТ 19.xxx «Единая система программной документации (ЕСПД)», ГОСТ 34.xxx «Информационная технология (ИТ)», РД 50-34.698-90 (регламентирует состав и оформление проектной документации на АСУ ТП).

В качестве справочных документов применялись национальные стандарты Российской Федерации серии «Сети и системы связи на подстанции» и стандарты организации ОАО «ФСК ЕЭС», относящиеся к проектированию и испытаниям АСУ ТП подстанций.

Цифровая подстанция и ее преимущества

Цифровая подстанция – это подстанция, на которой практически все процессы информационного обмена, необходимые для выполнения основных функций управления технологическим процессом (защита, управление, учет, связь и т.д.), осуществляются в цифровом виде на основе серии стандартов МЭК-61850 «Сети и системы связи на подстанциях» («Communication Networks and Systems in Substations»).

К ЦПС относятся:

- подстанции, на которых организуются шина (ы) процесса с использованием объединительных модулей (merging



М.А. ШЕВАЛДИН,
начальник отдела эксплуатации релейной защиты и автоматики электрооборудования и электрических сетей ГПО «Белэнерго»



С.Г. ПЕРЦЕВ,
главный специалист ОРЗА РУП «Белэнергосетьпроект»

- units) и/или цифровых трансформаторов тока (ТТ) и напряжения (ТН) и шина станции с использованием интеллектуальных электронных устройств (IED), установленных на открытом распределительном устройстве (ОРУ) и в комплектном распределительном устройстве (КРУ), в том числе элегазовом (КРУЭ);
- подстанции, на которых применяются электромагнитные ТТ и электромаг-

нитные/емкостные ТН без организации шины процесса и организуется только шина станции.

На современном этапе развития цифровых технологий оборудование для ЦПС стоит дороже, чем оборудование для классической подстанции. Это касается первичного электротехнического оборудования, РЗА, ПА, АСУ ТП (частично) и АСКУЭ. Однако в последнее время наметилась тенденция снижения стоимости данного оборудования.

Необходимо отметить, что ЦПС имеет значимые преимущества перед классической подстанцией и позволяет пересмотреть подходы к выполнению на ПС основных систем РЗА, ПА, АСУ ТП (частично) и АСКУЭ.

В частности, внедрение данной технологии позволяет сократить:

- время простоя оборудования за счет повышения наблюдаемости и управляемости подстанции (предоставление диспетчерскому и обслуживающему персоналу полной информации о работе всего оборудования, дистанционное управление силовыми коммутационными аппаратами, а также основными системами подстанции);
- затраты на строительство и обслуживание здания оперативного пункта управления (ОПУ), включая отопление и кондиционирование;
- затраты на монтаж и наладку оборудования за счет высокой степени заводской готовности поставляемого оборудования;
- объем регламентных работ по обслуживанию оборудования (обеспечивается как выбором малообслуживаемого оборудования, так и максимальным внедрением автоматизированного контроля его параметров);
- затраты на кабельное хозяйство и т.д.

Кроме того, использование технологии «цифровая подстанция» повышает безопасность при обслуживании ПС (за счет внедрения оптических датчиков тока и напряжения и других «нетрадиционных» ТТ и ТН) и делает возможным переход от обслуживания «по графику» на обслуживание «по состоянию» с соответствующим сокращением затрат, а также переход от подстанций с постоянным обслуживающим персоналом к подстанциям, обслуживаемым выездными бригадами (это относится к узловым ПС 110 кВ и выше).

По мере накопления опыта в этой области и внедрения систем автоматизированного проектирования будут также

снижаться сроки и стоимость проектирования и строительства объектов с использованием технологий ЦПС.

Основные разделы СТП

В разделах «*Схемы электрические распределительных устройств*» и «*Выбор основного электротехнического оборудования*» даны рекомендации по выбору схем электрических распределительных устройств малообслуживаемых ЦПС и электротехнического оборудования. Небольшие подстанции рекомендуется проектировать как цифровые, без шины процесса. По мере снижения цен на цифровое силовое электротехническое оборудование целесообразно будет проектировать шину процесса и на таких подстанциях.

В разделе «Выбор основного электротехнического оборудования», в частности, даны рекомендации:

- по применению коммутационных элегазовых ячеек, совмещающих в одном объеме выключатель, разъединители, ТТ и ТН. Для КРУЭ обязательно применение цифровых ТТ и ТН для всех классов напряжения. При этом могут использоваться не оптические ТТ, а пояс Роговского и емкостной делитель напряжения, что позволяет сократить габариты КРУЭ и его цену;
- по использованию цифровых ТТ и ТН для разных подстанций с ОПУ, а также оптических ТТ и емкостных ТН, совмещенных в одном корпусе, или оптических ТТ, встроенных в выключатель. На всех подстанциях должно применяться оборудование с максимальной заводской готовностью (трансформаторы, выключатели и разъединители со встроенными блоками сопряжения и интеллектуальными электронными устройствами – IED).

В распределительных устройствах 6–10 кВ применение цифровых технологий рекомендуется только для вводных ячеек и ТН. Защиты отходящих фидеров предлагается выполнять на базе классических ТТ и ТН. По мере снижения цен на цифровые трансформаторы возможен переход на использование этого оборудования.

В этом же разделе приведены требования в части автоматизированной диагностики (контроля) состояния силового оборудования и ее интеграции в АСУ ТП с учетом необходимости перехода от обслуживания оборудования

«по графику» к обслуживанию «по состоянию». В перспективе оборудование должно поставляться со встроенными объединительными модулями (merging units) и интеллектуальными электронными устройствами (IED) и быть полностью готовым к включению в шину процесса и шину станции без установки дополнительного оборудования.

Разделы «*Компоновка и конструктивная часть*» и «*Территория подстанции*» содержат требования к проектированию мест установки шкафов с микропроцессорным оборудованием на ОПУ и к самим шкафам, в том числе поставляемым комплектно с силовым оборудованием.

Размещение электронного оборудования на ОПУ требует изменения подхода к защите обслуживающего персонала от воздействия электромагнитных полей, генерируемых работающим оборудованием, и к проведению ремонта и обслуживания в любую погоду.

Вопрос безопасного обслуживания решается проектированием специальных площадок со стационарными элементами биологической защиты и с возможностью установки над шкафами навесов или палаток. В качестве второго варианта решения может рассматриваться использование модульных (контейнерных) зданий, в которых размещаются микропроцессорные устройства, включая устройства РЗА и ПА, АСКУЭ, АСУ ТП и др.

Стандартом рекомендованы конструктивные решения и организационные мероприятия (диагностика до отказавшего элемента, предварительная настройка устанавливаемого устройства на основе сохраненной копии файлов конфигурации и т.д.), позволяющие выполнять быструю замену отказавших блоков микропроцессорных устройств на аналогичные из комплекта ЗИП.

Пересмотрены требования к проектированию и строительству помещений для размещения микропроцессорного оборудования. В первую очередь, за счет размещения большого количества устройств в одном шкафу значительно сократятся количество шкафов и требуемая площадь помещений. Вместе с тем возрастут риски повреждения дорогостоящего оборудования от пожаров и протечек воды. В связи с этим пересмотрены подходы к защите оборудования от повреждения при пожарах, в частности, предложено использовать газовое пожаротушение.

В разделе «**Собственные нужды и оперативный постоянный ток**» рассмотрены требования к проектированию собственных нужд (СН) и системы оперативного постоянного тока (СОПТ), сокращено количество СОПТ и определены варианты их построения для подстанций разных типов и классов напряжения, прописаны более простые и логичные требования к построению СОПТ.

Пересмотр подходов к проектированию СН и СОПТ стал необходим в связи с изменением количества и, соответственно, потребления электронного оборудования и его частичным размещением на ОРУ вблизи силового оборудования. Так, предусмотрена возможность применения на крупных подстанциях третьего источника питания в виде дизель-генератора, рассчитанного на питание СОПТ, средств связи и другого критичного оборудования.

В разделе приведены требования в части автоматизированной диагностики (контроля) состояния оборудования СН и СОПТ, оснащения подстанций интеллектуальными электронными устройствами (IED) и включения в шину станции.

Для сокращения количества шкафов распределения оперативного постоянного тока и кабельных связей допускается использование «кольцевых» схем питания устройств, расположенных на ОРУ.

Раздел «**Технологическая сеть подстанции**» разработан на базе положений международного стандарта IEC 61850-90-4 «Сети и системы связи для автоматизации электроснабжения. Часть 90-4: Рекомендации по разработке сетей» и содержит требования и рекомендации по организации сети (шины станции и шины процесса), позволяющие применять на цифровой подстанции оборудование разных вендоров (фирм-производителей оборудования). Выбор этого оборудования должен осуществляться с учетом его надежности и стоимости.

Раздел «**Релейная защита, автоматика и противоаварийная автоматика**» содержит пересмотренные подходы к возможности совмещения функций защит и автоматики присоединений всех классов напряжения.

Для каждого присоединения 110 кВ и выше предусматриваются два однотипных комплекса (А и В) защит, противоаварийной автоматики и автоматики выключателя(ей) (РЗА и ПА). Каждый комплекс должен иметь полный набор функций РЗА и ПА присоединения и обладать полной независимостью от дру-



Подстанция 330 кВ «Могилев-Северная» филиала «Могилевские электрические сети»

го при работе по цепям (потокам) измерений.

Для присоединений 330 кВ допускается в составе одного терминала комплекса выполнение функций защиты и противоаварийной автоматики присоединения, автоматики и УРОВ двух выключателей для схемы с двумя выключателями на присоединение (схема 1/2) или применение для «полупотной схемы» (схема 3/2) отдельных терминалов защиты и противоаварийной автоматики присоединений и отдельного терминала автоматики и УРОВ трех выключателей поля.

Для комплекса релейной защиты автотрансформатора допускается использовать один терминал, выполняющий функции дифференциальной защиты нескольких зон и резервных защит автотрансформатора.

Применение шины процесса позволяет более гибко подойти к источникам аналоговой информации для микропроцессорных устройств. Например, предусматривается установка только одного ТН для ВЛ 330 кВ и выше, а для защит применяются потоки от ТН системы шин и потоки от двух преобразователей на одном ТН линии. Для большинства линий 330 кВ ТТ в линии не устанавливаются, а для защиты и измерений (учета электроэнергии) используется

математическое суммирование токов выключателей.

Для повышения надежности работы РЗА и ПА подстанции возможно применение подменного комплекта защит (отдельного терминала защит, который использует необходимые SV-потоки, GOOSE-сообщения и функции защит). Введение в работу подменного комплекта при неисправностях основного может выполняться как в ручном (дистанционном), так и в автоматическом режиме (в перспективе). При этом подменный комплект может повышать надежность работы РЗА и ПА при отказах как терминалов защит, так и первичного оборудования (устройств сопряжения, модулей цифровых ТТ и ТН и т.д.) за счет использования SV-потоков и GOOSE-сообщений от другого оборудования (другого комплекса) данного присоединения или за счет использования суммарных значений измерений тока по другим присоединениям (с частичной деградацией функционала).

В части РЗА, ПА и АСУ ТП в связи с уменьшением количества кабелей, приходящих от силового оборудования к шкафам в ОРУ, а также количества вспомогательного оборудования в шкафах (испытательные блоки, реле, клеммы, резисторы и др.) появляется воз-

возможность размещать в одном шкафу микропроцессорные устройства (терминалы РЗА, ПА, АСУ ТП и т.д.) нескольких присоединений (например, первого или второго комплекса РЗА и ПА нескольких присоединений).

Применение большого количества микропроцессорных устройств в шкафу потребует изменений в подходах к его охлаждению. Для этого допускается применение принудительной вентиляции с использованием как фильтрующих вентиляторов, так и системы воздухо-воздушных теплообменников.

В разделе «АСУ ТП» пересмотрены подходы к проектированию АСУ ТП и ее увязке с остальным комплексом ЦПС.

АСУ ТП на цифровой подстанции является центром управления и принятия решений. Требования к ней возрастают, так как оперативное управление всем оборудованием будет выполняться с использованием этой системы. При этом необходимо учитывать, что в АСУ ТП практически не остается собственных независимых устройств сбора информации она получает всю информацию с шины станции.

В разделе также проработаны подходы к максимальному использованию информации с микропроцессорных терминалов, интеллектуальных электронных устройств (IED), счетчиков электроэнергии и других устройств и систем подстанции.

В разделах «Учет электроэнергии» и «Организация измерительных каналов» приведены требования к организации измерительных каналов, измерений и учета электроэнергии, а также проработаны решения по оптимизации количества применяемых устройств и использованию полученной информации в системе АСУ ТП.

На подстанциях с электромагнитными ТТ и ТН, где невозможно использовать данные со счетчиков, измерительные преобразователи рекомендуется устанавливать в шкафах на ОРУ. На подстанциях с цифровыми ТТ и ТН в качестве основного источника измерений для АСУ ТП предусмотрено использование счетчиков, а в качестве резервного – терминалов РЗА и ПА.

В разделах рассмотрены подходы к защите информации при подключении счетчиков к шине процесса и использовании их в качестве источника измерений для АСУ ТП, а также уделено внимание метрологической аттестации каналов измерения и учета электроэнергии.

В связи с появлением на ОРУ большого количества микропроцессорных устройств и оптических связей (кабелей) с одновременным сокращением количества контрольных кабелей в разделе «Кабельное хозяйство» пересмотрены подходы к проектированию резервированных кабельных трасс, схем питания основного оборудования и микропроцессорных устройств, а также к прокладке контрольных и оптических кабелей.

Разделы «Информационная безопасность» и «Комплексная система обеспечения безопасности» предусматривают, что проектирование систем комплексной безопасности ЦПС выполняется на основе действующих ТНПА с учетом оценки применяемых решений по критерию «стоимость-ущерб».

Комплексная система обеспечения безопасности предполагает интеграцию в единое целое систем охранной и пожарной сигнализации; охранного и технологического видеонаблюдения; контроля и управления доступом; пожаротушения; информационной безопасности.

Для безопасности подстанции в первую очередь обеспечиваются:

- усиление защиты периметра подстанции (защита от хищения и несанкционированного доступа к оборудованию, установленному на ОРУ);
- защита и контроль доступа в помещения с оборудованием (РЗА, ПА, АСУ ТП, АСКУЭ, связи);
- видеонаблюдение и защита информационного периметра (шлюзы, устройства безопасности, фаерволы, «демилитаризованная зона») и каналов связи (доступ к аппаратуре, шифрование).

Новым стандартом предусмотрено создание на ЦПС комплексной системы охранного и технологического видеонаблюдения, интегрирование системы видеонаблюдения с системой охраны периметра и датчиками открытия шкафов. Система видеонаблюдения будет обеспечивать в автоматическом режиме позиционирование видеокамер на зону, в которой произошло срабатывание сигнализации (с включением при недостаточном естественном освещении инфракрасного или обычного) и вывод соответствующего изображения на автоматизированное рабочее место диспетчера. При выполнении операций с коммутационной аппаратурой или срабатывании устройств РЗА будет обеспечиваться позиционирование видеокамер соответственно на коммутационный аппарат или оборудование, на котором про-

изошло короткое замыкание, сработали датчики технологических защит.

Дополнительно видеонаблюдением должны оснащаться все помещения с оборудованием РЗА, ПА, АСУ ТП, АСКУЭ, ЦПТ, ЩСН (включая зоны управления).

В разделе «Требования к шкафам НКУ» изложены требования к шкафам низковольтных комплектных устройств для цифровых подстанций, базирующиеся на положениях действующего отраслевого стандарта ГПО «Белэнерго» СТП 33243.35.128-16 «Требования к шкафам управления, релейной защиты и автоматики». Новый стандарт содержит изменения и дополнения, необходимые в связи с размещением на ОРУ электронного оборудования, а также новые подходы к проектированию шкафов в части защиты от атмосферных воздействий – осадков, понижения и повышения температуры.

Заключение

Технология «цифровая подстанция» является прогрессивным инновационным направлением развития электроэнергетики [1]. В Беларуси активно строятся уникальные электросетевые объекты с применением указанных технологий. В феврале 2015 года в филиале «Гомельские электрические сети» РУП «Гомельэнерго» была введена в строй первая в Белорусской энергосистеме подстанция с использованием данного подхода – ПС 110 кВ «Приречная». В настоящее время по новой технологии строятся ПС 330 кВ «Металлургическая», ПС 110 кВ «Островец-Восточная», реконструируются ПС 330 кВ «Могилев 330» и ПС 110 кВ «КШТ».

Белорусские специалисты рассчитывают, что внедрение на объектах ГПО «Белэнерго» технологии «цифровая подстанция» позволит значительно сократить объем работ по техническому обслуживанию устройств РЗА, а также снизить стоимость проектирования, строительства и реконструкции электросетевых объектов Белорусской энергосистемы [2].

Список литературы

1. Шевалдин, М.А. Переход релейной защиты и автоматики на технологию «цифровая подстанция» назрел / М.А. Шевалдин // Энергетическая стратегия. – 2017. – № 1 (55). – С. 20–22.
2. Шевалдин, М.А. Совершенствование систем РЗА на объектах Белорусской энергосистемы / М.А. Шевалдин // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 2 (62). – С. 10–13.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ФОНД ТНПА – ЭНЕРГЕТИКЕ

НОВЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

С 1 октября 2018 года в республике введен в действие ряд государственных стандартов в сфере энергетики.

ГОСТ 24278-2016 «Установки турбинные паровые стационарные для привода электрических генераторов ТЭС. Общие технические требования» устанавливает основные параметры турбинных установок, изготавливаемых для нужд народного хозяйства и экспорта, и требования к ним. Стандарт распространяется на турбинные паровые стационарные установки с паровыми турбинами мощностью от 50 до 1600 МВт с номинальной частотой вращения ротора 50 с^{-1} , предназначенные для привода турбогенераторов тепловых электростанций, работающих на органическом топливе.

ГОСТ 33979-2016 «Системы газораспределительные. Системы управления сетями газораспределения» распространяется на системы управления сетями газораспределения, создаваемые или действующие в организациях, в ведении которых данные сети находятся на правах собственности или на иных законных основаниях, а также в организациях, оказывающих услуги по технической эксплуатации сетей газораспределения. Документ может применяться при управлении деятельностью по проектированию, строительству (реконструкции) и технической эксплуатации сетей газораспределения юридическими лицами и предпринимателями без образования юридического лица, а также за-

казчиками проектов строительства (реконструкции) объектов капитального строительства, подключаемых к сетям газораспределения. Данный стандарт также может использоваться при оценке качества и эффективности деятельности газораспределительных организаций.

ГОСТ 21563-2016 «Котлы водогрейные. Общие технические требования» содержит требования к водогрейным котлам теплопроизводительностью от 0,63 (0,54) до 209,0 МВт (180 Гкал/ч) с температурой воды на выходе из котла от 95 °С до 200 °С, предназначенным для работы в основном или пиковом режиме. Действие стандарта не распространяется на пароводогрейные котлы, передвижные водогрейные котлы, энерготехнологические котлы и котлы-утилизаторы, котлы с электрическим обогревом и другие водогрейные котлы специального назначения.

ГОСТ 33960-2016 «Котлы стационарные паровые. Стальные конструкции. Нормы нагрузок на каркасы» устанавливает классификацию, величину нагрузок и их сочетаний, действующих на стальные конструкции стационарных котлов, имеющих собственный или совмещенный со зданием каркас, при открытой, закрытой или полукрытой их установке. Стандарт может быть использован при проектировании водогрейных, энерготехнологических котлов и котлов-утилизаторов при дополнительном учете их конструктивных и эксплуатационных особенностей.

НОВЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

Стандарты Международной организации по стандартизации (ISO):

ISO 19443:2018 «Системы менеджмента качества. Особые требования к применению ISO 9001:2015 организациями в цепи поставок сектора ядерной энергии, поставляющими продукцию или услуги, важные для ядерной безопасности (ITNS)» (принят 28.05.2018).

Стандарты Международной электротехнической комиссии (IEC):

IEC 60744:2018 «Электростанции атомные. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Логические устройства безопасности, используемые в системах, выполняющих функции категории А. Характеристики и методы испытаний» (принят 14.05.2018);

IEC 60772:2018 «Электростанции атомные. Системы контроля, важные для безопасности. Узлы герметичной проходки для электротехнического оборудования в защитных оболочках ядерных реакторов» (принят 14.05.2018);

IEC 62887:2018 «Электростанции атомные. Системы контроля, важные для безопасности. Датчики давления. Характеристики и методы испытаний» (принят 16.05.2018);

IEC ACEE 01:2018 «Консультативный комитет МЭК по энергоэффективности (ACEE). Введение в работу ACEE» (принят 05.07.2018);

IEC ACEE 02:2018 «Консультативный комитет МЭК по энергоэффективности (ACEE). Исследование примеров. Электродвигатели» (принят 05.07.2018).

Дополнительную информацию вы можете найти на сайтах:

Национального фонда технических нормативных правовых актов (ТНПА) – www.tnpa.by

Госстандарта – www.gosstandart.gov.by

БелГИСС – www.belgiss.by

Телефон «горячей линии» Национального фонда ТНПА – (017) 269-68-74

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И СЕТЕВЫЕ КОДЕКСЫ ЕВРОПЫ

27–28 июня в Беларуси состоялся семинар «Работа энергосистем и системно-сетевые кодексы в Европе», организованный представительством Всемирного банка в Республике Беларусь в рамках консультационной работы «Планирование развития сектора электроэнергетики и содействие формированию рынка электроэнергии в Республике Беларусь». В ходе семинара эксперты Евросоюза информировали участников об основных этапах и принципах работы европейской энергосистемы.



Е.Н. КРИШЕНИК,
начальник службы правового
обеспечения РУП «ОДУ»

Европейские объединения

С целью либерализации рынка электроэнергии Евросоюза в июне 2009 года была создана Европейская сеть системных операторов передачи электроэнергии (**ENTSO-E** – European Network of Transmission System Operators for Electricity, вариант перевода – Европейское сообщество операторов магистральных сетей в области электроэнергетики). Данная сеть включила электрические сети объединений ATSOI, BALTSO, ETSO, NORDEL, UCTE и UKTSOA.

В настоящее время участниками ENTSO-E являются 43 системных оператора из 36 стран. Европейские операторы передающих систем (ОПС) являются субъектами, работающими независимо

от других участников рынка электроэнергии, и отвечают за передачу электроэнергии по основным высоковольтным электрическим сетям.

Целями ENTSO-E являются:

- обеспечение взаимодействия системных операторов общеевропейского и регионального уровня;
 - содействие интересам системных операторов;
 - нормотворчество в соответствии с законодательством Европейского союза.
- ENTSO-E призвано обеспечивать надежную эксплуатацию, оптимальное управление и развитие европейской системы передачи электроэнергии в целях обеспечения энергетической безопасности и удовлетворения потребностей внутреннего рынка энергии.

В основу работы энергосистем стран Евросоюза положены следующие принципы:

- оперативное планирование отключений, оценка безопасности и прогноз перегрузок, прогнозирование, трансграничное распределение пропускной способности, составление графиков;
- оперативное управление, оперативный контроль (диспетчеризация);
- управление объединениями (заключение соглашений о присоединении, поддержание энергообмена);
- обеспечение работы энергосистемы в аварийном режиме (защита энергосистемы от аварийных ситуаций и восстановление ее работоспособности);
- комплексная автоматизированная система диспетчерского управления;
- учет и измерения (ОПС часто являются операторами коммерческого учета и владельцами инфраструктуры системы учета; иногда функции оператора учета передаются третьей стороне);
- обмен данными и телекоммуникации.

Эволюция организации сектора электроэнергетики в Европе

Трансформация национальных электроэнергетических рынков стран Евросоюза

Справочно:

1925 год – Франция, Италия и Бельгия создали UNIPEDE (Союз производителей и распределителей электрической энергии).

1951 год – Австрия, Бельгия, Франция, ФРГ, Италия, Люксембург и Нидерланды основали Международный союз производителей и распределителей электрической энергии (UCPTE), позднее к ним присоединилась Дания.

1974 год – к UCPTE присоединились Португалия, Испания, Югославия и Греция, в «островном» режиме подключилась Албания.

1995–1997 годы – к UCPTE присоединились страны Восточной Европы: Польша, Чешская Республика, Словацкая Республика, Венгрия, Румыния, Болгария.

1999 год – объединение UCPTE преобразовано в UCTE (часть названия «P» – «производство» – была опущена в связи с процессами приватизации). В том же году для содействия развитию рынка создана Ассоциация европейских операторов систем электропередачи (ETSO).

2009 год – UCTE и ETSO объединились в Европейскую сеть системных операторов передачи электроэнергии (ENTSO-E), включившую все объединения в ЕС.

происходила поэтапно. Каждый из этапов четко обозначен принятием нового пакета нормативных документов (директив), к которым, начиная со второго этапа, присоединялись и регламенты. При этом директивы и регламенты каждого последующего этапа заменяли собой документы, принятые в рамках предыдущего.

Справочно: Директивы содержат целевые установки, не обладают прямым действием и призваны гармонизировать национальное законодательство. Регламенты – акты унифицирующего характера, содержащие нормы прямого действия.

Первый этап развития сектора электроэнергетики в Европе характеризовался тем, что **управление энергосистемой происходило в вертикально-интегрированной среде при отсутствии рынка**. При этом в каждой стране функционировал центральный национальный диспетчерский центр, контролирующей сеть передачи электроэнергии, межсистемные связи, спрос (через распределительные компании) и генерирующие мощности. На этом этапе активы энергосистемы находились в государственной собственности, а в вертикальном управлении существовала жесткая субординация и иерархия. Все дополнительные услуги являлись обязательными, однако ответственность за качество обслуживания не была установлена. Не существовало коммерческих показателей для деятельности отдельных секторов.

Широко использовались ручное управление и телефонная связь для диспетчерских распоряжений и сбора данных.

Для **второго этапа** характерно наличие **оптового электроэнергетического рынка и разукрупненных ОПС. Основная часть генерирующих и распределяющих мощностей по-прежнему находилась в госсобственности при частичной приватизации генерирующих мощностей**. В этот период некоторые объекты генерации начинают работать по модели самодиспетчеризации, внедряются дистанционное управление и автоматизированный сбор данных.

На **третьем этапе** функционирует **оптовый/балансирующий рынок, ОПС разукрупнены. Электроэнергетике присуща высокая степень приватизации генерирующих мощностей. Положено начало интеграции ВИЭ**. Электроэнергетический сектор регулируется полнофункциональным, независимым органом регулирования. Действуют рынок на сутки вперед, балансирующий рынок; механизм сведения балансов (балансирующие группы и ответственные за поддержание баланса). Диспетчерский центр ОПС управляет сетью передачи и межсистемными связями. По модели самодиспетчеризации работает уже большая часть генерирующих мощностей. Внедряются мощные телекоммуникационные магистрали, интенсивно используются GSM и Интернет.

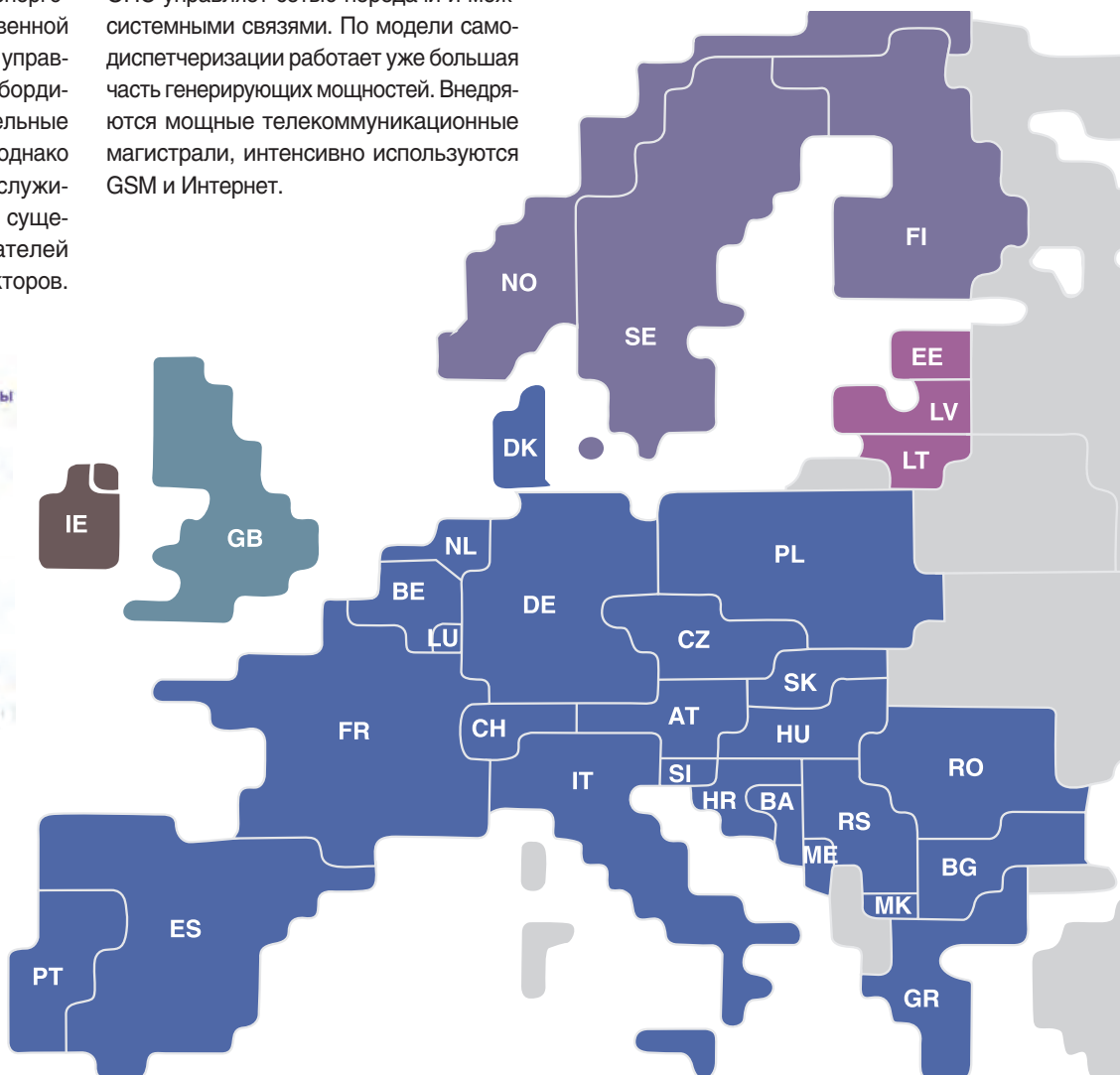
Четвертый этап отличается **наличием оптового/розничного/балансирующего рынков, разукрупненными ОПС, высокой степенью приватизации генерирующих мощностей, огромным влиянием ВИЭ**. Сектор электроэнергетики на этом этапе регулируется независимым органом. На всех уровнях действует эффективное законодательство. Функционируют рынки «на сутки вперед», внутрисуточных, балансовый, дополнительных услуг. Сетью передачи и межсистемными связями управляет диспетчерский центр ОПС. Благодаря интеграции ВИЭ в энергобаланс в системах управления появляются новые функции и операторы для ВИЭ.

На четвертом этапе возникает исключительный спрос на деятельность по мониторингу и прогнозированию/планированию. Все услуги предоставляются на рыночной основе при высокой ответственности за качество обслуживания. На уровне межсистемных связей существует высокая степень согласованности. Функционируют высокотехнологичные системы мониторинга и дистанцион-



- РГ Континентальная Европа
- РГ Северная Европа
- РГ Балтийский регион
- РГ Великобритания
- РГ Ирландия

Европейская сеть системных операторов передачи электроэнергии ENTSO-E по состоянию на 2012 год



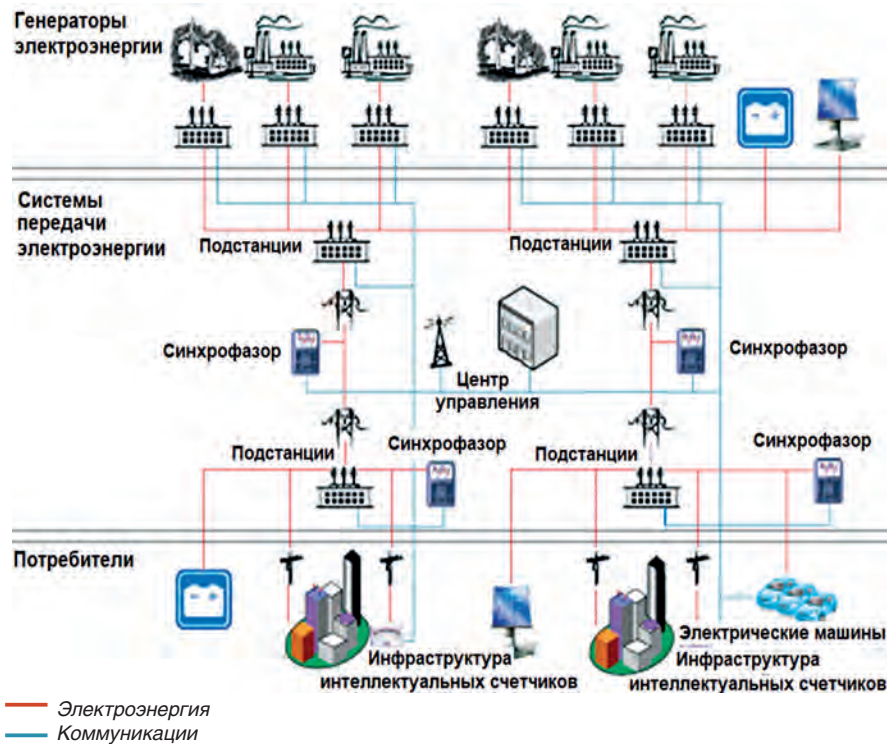


Схема взаимодействия производителей электроэнергии и потребителей

ного управления. В то же время возникает абсолютная зависимость от телекоммуникаций.

Основным направлением реструктуризации энергетической отрасли европейских стран стало выделение генерации в частную собственность. Передающая сеть осталась преимущественно государственным бизнесом. Контроль и диспетчерское управление передающей сетью осуществляются по принципу вертикально построенной структуры:

- непосредственное взаимодействие с потребителями и владельцами генерации обеспечивают компании – операторы передающей сети (практически в 100 % случаев они же являются владельцами данной сети);
- региональные координаторы объединены в блоки по территориальному признаку в пределах одной страны либо нескольких близлежащих стран. Например, четыре компании-ОПС координируются региональным оператором Германии, в то же время Франция, Португалия и Испания, каждая из которых представлена одной компанией-ОПС, объединены в отдельный региональный блок;
- функционируют два координирующих центра верхнего уровня. Условно они обозначаются как Координатор Севера (расположен в Германии) и Координатор Юга (расположен в Швейцарии).

Сетевые кодексы ENTSO-E

На протяжении последних 25 лет в Европе осуществляются попытки наднационального регулирования интегрируемых национальных рынков электроэнергии посредством унификации технологического регулирования. Вопросы доступа третьих лиц – производителей и потребителей – к сетевой инфраструктуре, являющиеся одним из краеугольных камней либерализации, во многом урегулированы на наднациональном уровне на основе нормативно-правовых актов Европейского союза.

Переключение акцентов на технологическое регулирование нашло отражение в сетевых кодексах (network codes), а также в деятельности ENTSO-E – организатора и участника разработки этих кодексов.

Справочно: Сетевые кодексы (network codes) можно определить как сборники правовых и технологических предписаний, необходимых для управления энергосистемами.

Сетевые кодексы ENTSO-E вводятся в качестве регламента ЕС и применяются ко всем электроэнергетическим сетям ЕС. Они обладают силой европейского законодательства, то есть обязательны к соблюдению. Кодексы

содержат предписания, выполнение которых обязательно при управлении интегрированными (совместно работающими) энергосистемами. Необходимость разработки и принятия сетевых кодексов как отдельного, достаточно специфического вида нормативно-правовых (и одновременно нормативно-технических) актов обусловлена рядом обстоятельств:

- технологической сложностью управления энергосистемами;
- необходимостью четкого взаимодействия между операторами систем электропередачи и потребителями сетевых услуг – генерирующими и распределительными компаниями, потребителями электроэнергии – с учетом одновременности процессов выработки и потребления электроэнергии;
- необходимостью обеспечения межсистемного взаимодействия при трансграничных перетоках электроэнергии в рамках интеграционных объединений.

Первоначально была предусмотрена разработка 12 сетевых кодексов. Впоследствии это число уменьшилось до 10. В настоящее время вступили в силу следующие кодексы:

- Распределение пропускной способности и управление перегрузками (CACM);
- Требования к присоединению к электрической сети генерирующего оборудования (RfG);
- Присоединение потребителей к электрической сети (DC);
- Кодекс для высоковольтных систем постоянного тока и генерирующих объектов, присоединяемых к источникам постоянного тока (HVDC);
- Перспективное распределение пропускной способности (FCA).

Данные документы устанавливают ряд технологических требований к вновь подключаемым (в ряде случаев – к уже существующим) пользователям сети: генераторам в целом, потребителям, вставкам постоянного тока, ветропаркам и иным установкам, осуществляющим выработку электроэнергии из возобновляемых источников. Для каждого из видов подключения в соответствующем сетевом кодексе приводится ряд технических параметров, а также устанавливаются определенные процедуры и нормативы на случай аварийных ситуаций либо существенных отклонений частоты или напряжения

в энергосистеме. Ключевым критерием, на основе которого устанавливаются указанные требования и процедуры, является показатель надежности работы энергосистемы как единого целого.

Процесс разработки и согласования сетевых кодексов осуществляется на трех организационных уровнях. ENTSO-E выступает как экспертный орган, обладающий технической компетенцией. Агентство кооперации энергетических регуляторов (ACER) служит своеобразным буфером, отражающим общественный интерес и задающим направление разработке сетевых кодексов путем принятия рамочных руководящих указаний. При этом как на уровне ENTSO-E, так и на уровне ACER в обязательном порядке проводятся публичные консультации со всеми заинтересованными лицами. Предложения, сделанные в рамках таких консультаций, не носят обязательного характера, хотя и учитываются в соответствующем протоколе. Окончательное решение об утверждении сетевого кодекса принимается Европейской комиссией и оформляется в виде Регламента Комиссии. В настоящее время на рассмотрении в Европейской комиссии находятся два кодекса:

- Аварийная ситуация и восстановление (E&R);
- Управление и функционирование энергосистемы (SO).

В сетевых кодексах сформирован перечень параметров и технических требований, обеспечивающих надежное функционирование европейской электрической сети. Данные параметры и технические требования разделены на три группы:



- **обязательные** – однозначно определенные требования и технические показатели, которые должны быть идентичны во всех национальных сетевых кодексах;

- **допустимые** – определяют предельный диапазон значений показателей и характеристик, точное значение которых регламентируется требованиями национального сетевого кодекса;

- **рекомендательные** – определяют необязательные требования, которые могут не отражаться в национальном сетевом кодексе.

Как общеевропейский, так и национальные сетевые кодексы имеют единую структуру, включающую следующие разделы:

- правила присоединения (технические условия, требования, порядок, обязательства сторон);

- оперативное планирование (описание процедуры прогнозирования, формирования прогнозных графиков, оценка надежности и прогноз перегрузок, трансграничное распределение пропускной способности);

- оперативное управление (мониторинг работы энергосистемы, выполнение требований к качеству оказываемых услуг, оказание услуг по поддержанию частоты и мощности, регулирование напряжения, устранение перегрузок ВЛ, ликвидация аварийных ситуаций);

- телекоммуникация и связь (в том числе требования и обязательства по учету перетоков электрической энергии).

Опыт создания национальных сетевых кодексов применяется и в государствах – членах Европейского союза. Разработка сводов нормативно-технической документации, аналогичных по структуре и содержанию сетевым кодексам ЕС, осуществляется системными операторами в рамках национальных электроэнергетических систем с участием субъектов отрасли. Государственные органы, прежде всего национальные энергетические регуляторы, осуществляют в данном процессе контролирующую и координирующую функции.

Параллельно с общеевропейскими и национальными сетевыми кодексами разрабатываются инструкции по внедрению данных кодексов, в которых приведено описание причин и условий принятия тех или иных требований и положений, нашедших свое отражение в сетевом кодексе.



ЭНЕРГЕТИКА СТРАН СКАНДИНАВИИ

Географически в состав региона Скандинавии входят Дания, Исландия, Норвегия, Швеция и Финляндия. Они объединены не только территориальной близостью, но и общностью энергетических систем. Все эти страны, за исключением Исландии, являются участниками объединенного рынка электрической энергии скандинавского региона.



А.Б. АВЧИННИКОВ,
старший преподаватель
Международного государственного
экологического института
им. А.Д. Сахарова БГУ

Считается, что основа объединенного энергорынка Скандинавии была заложена норвежским законом о реформе электроэнергетики, вступившим в силу 1 января 1991 года. Закон разграничил функции производителей, распределителей и поставщиков электроэнергии, а также ввел свободу выбора потребителями электроснабжающей организации.

В мае 1992 года парламент Швеции одобрил аналогичный закон, синхронизированный в своей основе с норвежским. После его принятия было решено создать совместную норвежско-шведскую электроэнергетическую биржу Nord Pool, которая начала свою работу 1 января 1996 года.

Третьей скандинавской страной, подключившейся к этому процессу, стала Финляндия. Здесь закон о реформе электроэнергетики вступил в силу 1 июня 1995 года. В том же году в стране были созданы две электроэнергетические биржи, а в следующем году произошло их слияние в одну. С 1 июня 1998 года эта структура стала представительством норвежско-шведской биржи Nord Pool в Финляндии.

В 2000 году к Nord Pool присоединилась и Дания, которая либерализовала свое законодательство в сфере электроэнергетики годом ранее. Таким образом, единый энергорынок скандинавских стран функционирует уже 17 лет. При этом национальные энергосистемы всех его участников взаимовыгодно дополняют друг друга.

Биржа Nord Pool стала первой в мире биржей электроэнергии, объединившей энергетические рынки нескольких стран. Акции Nord Pool в пропорции 50:50 принадлежат норвежской компании Statnett SF и шведской Svenska Kraftnat, которые выполняют функции системных операторов. Работа биржи осуществляется по трем направлениям: организация рынка и торговли электроэнергией, расчеты (клиринг) между клиентами и предоставление информации участникам торгов.

Рынок электроэнергии скандинавских стран унифицирован и характеризуется рядом особенностей. Здесь действуют согласованные правила торговли, отсутствует трансграничная пошлина на продажу и покупку электроэнергии, а оплата за электрическую энергию может осуществляться в валюте любой из стран – членов общего энергетического рынка.

Энергетика Швеции

Несмотря на то что Швеция не имеет практически значимых месторождений каменного угля, природного газа и нефти,

в сфере энергетики она является несомненным лидером среди скандинавских стран. Основы энергетической политики государства сформулированы в двух законах, принятых шведским парламентом в 2009 году и получивших название «Единая климатическая и энергетическая политика».

Главную роль в обеспечении энергетической независимости Швеция отводит возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). В соответствии с этим определены основные цели энергетической политики страны, достижение которых необходимо обеспечить к 2020 году:

- доля ВИЭ в общем объеме потребления энергии – до 50 %;
- доля ВИЭ в транспортном секторе – 10 % (и полный отказ от ископаемого топлива в сфере транспорта к 2030 году);
- повышение эффективности использования электроэнергии на 20 %.

Основными видами энергоисточников, формирующими энергобаланс страны, являются гидроресурсы, атомная энергия, различные виды биотоплива и энергия ветра. Так, на долю гидроэнергетики в разные годы приходится от 40 % до 50 % всего производства электроэнергии в стране, а доля ветрогенерации в общем энергобалансе приближается к 10 %.

В Швеции примерно 2000 гидроэлектростанций суммарной установленной мощностью около 16 ГВт. При этом к крупным (мощностью более 10 МВт) относится только около 200 из них. Более 52 % всех мощностей шведской гидроэнергетики принадлежит государственной компании «Ваттенфаль» (Vattenfall): суммарная мощность ее ГЭС составляет почти 8,5 ГВт.

Особенностью гидроэнергетики страны является и то, что производство электроэнергии сосредоточено в Северной Швеции, а потребители – в Средней и Южной Швеции. В связи с этим придается важное значение возведению экономических ЛЭП, рассчитанных на передачу электроэнергии на большие расстояния.

Второй ведущий источник получения электроэнергии – атомная энергетика. Развитию этой отрасли в Швеции спо-

собствовали значительные собственные запасы урановых руд. Первоначально в стране функционировали 4 атомные электростанции (таблица 1). В 2005 году одна из них – АЭС «Барсебек» – была закрыта. Владельцами трех действующих АЭС являются компания Vattenfall и дочерние компании немецкого энергетического гиганта E.ON SE и финской Fortum Corporation.

По итогам референдума, проведенного шведами в 1980 году, было принято решение об отказе от ядерной энергетики и постепенном закрытии атомных электростанций. Но спустя 30 лет правительство вернулось к обсуждению этого вопроса, и в результате дискуссий в июне 2010 года парламент страны одобрил новое ядерное законодательство, которое вступило в силу 1 января 2011 года. Было принято решение отказаться от строительства АЭС, сохранив в обозримой перспективе атомную энергетику страны. Работающие атомные реакторы имеют значительные сроки эксплуатации – от 27 до 40 лет, но через 10–15 лет некоторым из них потребуется замена. Шведское энергетическое управление придерживается позиции, что нецелесообразно строить и вводить в эксплуатацию новые реакторы в условиях активно развивающейся возобновляемой энергетики, которая поможет сгладить диспропорции в энергетическом балансе страны. Основной упор будет делаться на модернизации существующих атомных энергоблоков, совершенствовании системы утилизации и хранения ядерных отходов.

Вопросом использования энергии ветра Швеция озаботилась в начале 1990-х годов. Развитие этого направления шло довольно медленными темпами. В 2010 году мощность всех ветротурбин составляла 0,5 ГВт, а выработка – 1,4 % от произведенной в стране электроэнергии. В 2016-м годовой объем ветроэнергии составил 18,7 ТВт·ч – на 13 % выше уровня 2015 года. На начало 2017 года функционировало 3852 ветротурбины суммарной мощностью 6,5 ГВт, по состоянию на конец года шведская ветроэнергетика производила уже около 10 % общего объема электроэнергии в стране.

В настоящее время государственная политика Швеции направлена на стимулирование производства электроэнергии из возобновляемых источников. Это стимулирование осуществляется по трем направлениям:

1) введение налога на выбросы углекислого газа. Этот подход Швеция опробовала одной из первых в 1991 году. Ставки налога неоднократно повышались и в настоящее время являются одними из самых высоких в мире;

2) предоставление налоговых льгот производителям ветро- и геолоэнергии. В частности, они освобождены почти от всех налогов, а с января 2017 года платежи в бюджет для них снижены на 98 %;

3) внедрение системы «зеленых» сертификатов. Система начала действовать в Швеции с мая 2003-го, а с 1 января

Таблица 1. АЭС Швеции

Название АЭС	Количество реакторов	Суммарная мощность, МВт	Сроки вывода из эксплуатации
«Форсмарк»	3	3291	2040–2045
«Оскарсхамн»	3	2511	2022–2035
«Рингхальс»	4	3685	2025–2043
«Барсебек»	2	1200	1999–2005

2012 года была распространена и на Норвегию. Производители электроэнергии из ВИЭ за каждый 1 МВт·ч электроэнергии получают от государства по одному «зеленому» сертификату с правом его реализации на свободном рынке.

Энергетика Норвегии

Королевство Норвегия – один из мировых лидеров по добыче нефти и газа. Доказанные запасы нефти на начало 2017 года составляли 7,6 млрд баррелей, что соответствует примерно 2 % мирового нефтяного рынка. Согласно данным ОПЕК, по итогам прошлого года добыча природного газа в стране составила 120,2 млрд м³ (7-е место в мире), а ежедневная добыча нефти – 1,62 млн баррелей (13-е место). В настоящее время Норвегия обеспечивает 25 % потребности Евросоюза в природном газе.

Следует отметить, что в качестве источника для получения электроэнергии нефть и газ в стране практически не используются. Доходы от их продажи поступают в Норвежский нефтяной фонд, созданный в 1990 году и в 2006-м преобразованный в пенсионный. По состоянию на сентябрь 2017 года в нем был аккумулирован \$ 1 трлн.

Энергетическая стратегия Норвегии предусматривает активное использование ВИЭ, в первую очередь гидроресурсов. Правительство страны планирует в ближайшей перспективе еще больше снизить долю ископаемых видов топлива в энергобалансе страны и повысить роль ветрогенерирующих мощностей.

Основу электроэнергетики страны составляют гидроэнергетика и ВИЭ (ветро- и геолоэнергетика, производство электроэнергии из биомассы). При этом в материковой части Норвегии вся электроэнергия вырабатывается на ГЭС и ветроэлектростанциях, а тепловые станции используются в основном на островных территориях.

Динамика производства и потребления электроэнергии в стране представлена в таблице 2.

Таблица 2. Производство и потребление электроэнергии в Норвегии

Год	Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч				Потребление внутри страны, млрд кВт·ч	Экспорт, млрд кВт·ч
	ГЭС	ТЭС	Ветроэлектростанции	Станции на основе биомассы		
2010	122,0	4,7	0,9	0,5	120,0	7,1
2011	125,0	4,0	1,3	0,5	114,0	14,0
2012	145,0	2,7	1,5	0,5	119,0	22,0
2013	132,0	2,5	1,9	0,5	119,0	15,0
2014	140,0	2,6	2,2	0,5	117,0	22,0
2015	142,0	2,6	2,5	0,4	119,0	22,0

Норвегия является крупным экспортером электроэнергии в Европейском союзе, и объем экспорта с каждым годом увеличивается. В настоящее время страна соединена подводными электрическими кабелями с Данией, Швецией и Нидерландами. Планируется, что к 2020 году подводный кабель протяженностью 623 км и мощностью 1400 МВт соединит немецкий город Вильстер (земля Шлезвиг-Гольштейн) и норвежский Тронстад. Это позволит покрыть около 3 % потребности Германии в электроэнергии, обеспечив электроснабжение порядка 600 тыс. немецких домохозяйств. Великобритания ведет с Норвегией переговоры о прокладке еще одного кабеля. Британское правительство рассчитывает на то, что реализация этого проекта позволит импортировать большие объемы чистой энергии, удерживать на низком уровне цены на электроэнергию и повысить энергетическую безопасность страны.

В настоящее время в Норвегии функционирует более 900 ГЭС, которые по итогам 2016 года произвели 96,3 % необходимой стране электроэнергии (на ТЭС пришлось 2,3 %, на ветроустановки – 1,4 %). К крупным ГЭС относятся «Скугфосс», «Мелькефосс» и «Гломфьорд» (таблица 3).

Таблица 3. Гидроэлектростанции Норвегии

Название ГЭС	Мощность, МВт	Годовая выработка электроэнергии, млн кВт·ч	Количество турбин	Год ввода в эксплуатацию
«Скугфосс»	60	358	2	1964
«Мелькефосс»	26	129	1	1978
«Гломфьорд»	20	85	20	1918

Норвегия имеет самый большой ветропотенциал среди европейских стран. При этом ветроэнергетика здесь стала активно развиваться относительно недавно. К середине 2017 года было построено и введено в эксплуатацию более 210 ветроэнергетических установок общей мощностью 500 МВт, которые могут генерировать до 3 ТВт·ч электроэнергии в год.

В мае 2017 года в стране было объявлено о планах строительства гигантского наземного ветропарка – крупнейшего в Европе. Проект предполагает сооружение на полуострове Фоссен, острове Хитра и в коммуне Снилльфьорд 6 отдельных ветропарков общей мощностью 1 ГВт, связанных единой энергосетью.

Планируется, что к 2030 году установленная мощность ветровых электростанций в Норвегии будет доведена до 11 ГВт.

Энергетика Финляндии

Энергетическая политика Финляндии базируется на Национальной энергетической и климатической стратегии до 2030 года, которую правительство Финляндии утвердило 24 ноября 2016 года. В Стратегии намечены конкретные задачи по достижению к 2030 году энергетических и климатических целей в соответствии с требованиями Евросоюза. Предусмотрено увеличить долю возобновляемых источников энергии до 50 % и в перспективе превратить энергетику страны в углеродно-нейтральную, базирующуюся на ВИЭ. Планируется к 2030 году в 2 раза в сравнении с 2005 годом уменьшить использование в энергетике страны импортных нефтепродуктов (нефть, мазут, дизельное топливо) и в течение 2020-х годов отка-

заться от угля в качестве источника для производства электроэнергии на ТЭС. Предпочтение будет отдано атомной и альтернативной энергетике.

В Стратегии рассматривается возможность перехода Финляндии к 2050 году к экономике, которая будет базироваться только на ВИЭ. На данный момент основными источниками генерации в стране являются древесное топливо, нефть и ядерная энергия. Местных ресурсов (гидроэнергия, древесина, торф) не хватает, и страна вынуждена импортировать значительное количество нефти, природного газа, урана и каменного угля.

Одним из важнейших источников энергии для Финляндии, в частности для промышленности, является атомная энергетика. В стране действуют две атомные электростанции – АЭС «Олкилуото» (2 энергоблока) и АЭС «Ловииса» (2 энергоблока). Суммарная мощность реакторов составляет 2,7 ГВт. В 2016 году доля атомного сектора в общем объеме производства электроэнергии составляла 33,7 %.

С весны 2013 года Национальная стратегия Финляндии рассматривает атомную энергетику как источник чистой энергии.

В стране продолжается строительство пятого атомного реактора на территории АЭС «Олкилуото». Первоначально энергоблок планировалось ввести в эксплуатацию в 2009 году, но сроки завершения строительства неоднократно переносились, и в итоге пуск запланирован на конец 2018 года.

В январе 2016 года в Финляндии начата работа по подготовке к строительству новой АЭС «Ханхикиви-1» на берегу Ботнического залива, примерно в 100 км к югу от г. Оулу. Заказчик

этого проекта – финская фирма «Фенновойма» (Fennovoima), а генеральным подрядчиком выступает концерн «Титан-2» Госкорпорации «Росатом».

Проект АЭС «Ханхикиви-1» аналогичен проекту Ленинградской АЭС-2 с реактором ВВЭР-1200. Стоимость его реализации составляет около \$ 7 млрд, а сама станция должна быть запущена в эксплуатацию в 2024 году. Но уже сейчас отношение к ней как среди экологов, так и среди представителей разных политических партий в Финляндии неоднозначное, и до сих пор у подрядной организации нет лицензии на строительство АЭС. Как полагает финский заказчик, лицензия будет выдана не раньше 2019 года.

Финляндия располагает значительным гидроэнергетическим потенциалом, но в условиях небольших перепадов высот освоение и использование водных ресурсов затруднено.

Первая ГЭС была построена в стране в 1891 году в г. Тампере. В 1950–1960 годах на долю гидроэнергетики приходилось 90 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии. В настоящее время в Финляндии действует 207 ГЭС суммарной мощностью 3100 МВт. Крупнейшими из них являются ГЭС «Иматранкоски» (186 МВт) и ГЭС «Петаяоскоски Кемийоки» (182 МВт). В 2016 году на ГЭС Финляндии было произведено 23,6 % всей выработанной в стране электроэнергии (на 1,5 % меньше, чем в 2015 году).

В стране есть необходимые условия для развития ветроэнергетики. Во многих районах скорость ветра составляет 5–7 м/с и выше. Перспективными с этой точки зрения являются Аландские острова, побережья Ботнического и Финского заливов и многие внутренние территории, расположенные на расстоянии 40–50 км от моря.

Таблица 4. Производство электроэнергии на ВЭС в Финляндии

Год	Мощность ВЭС на конец года, МВт	Производство электроэнергии, ГВт·ч
2008	142	261
2009	146	277
2010	196	294
2011	199	481
2012	259	494
2013	453	774
2014	627	1107
2015	1004	2327
2016	1532	3068
2017	2044	4802

Правительство Финляндии активно поддерживает развитие ветроэнергетики. В этой сфере в стране действуют около 200 компаний. В 2011 году было законодательно закреплено обязательство компенсировать владельцам ветроэлектростанций (ВЭС) разницу между рыночной стоимостью электроэнергии и фактическими затратами на ее производство. Тем не менее объемы произведенной на ВЭС электроэнергии в 2011 году были более чем скромными – 200 МВт. Постепенно строительство ветроустановок набирает обороты. Так, в 2014 году в стране было введено в строй 59 новых ВЭС суммарной мощностью 184 МВт. Общее их количество составило 260 единиц, а суммарная мощность – 627 МВт. При этом на ВЭС было выработано только 1,3 % электроэнергии, но уже в 2017 году этот показатель составил 7,4 %. В последнее десятилетие ветроэнергетика в стране развивается ударными темпами, опережая среднеевропейские показатели (таблица 4).

Таким образом, Финляндии, несмотря на незначительные собственные топливно-энергетические ресурсы, удалось создать эффективно работающую систему обеспечения населения и промышленности необходимым количеством энергии. Во многом это произошло благодаря развитию энергоэффективных технологий, использованию ВИЭ и вложениям в исследования и разработки новых способов получения энергии.

Энергетика Дании

Развитие энергетики Дании базируется на Энергетической стратегии 2050, принятой правительством в 2011 году. В ней сформулированы предложения по достижению долгосрочной цели – национальной независимости от нефти, газа и угля. Эта перспективная стратегия базируется на анализе результатов реализации предыдущих стратегий и энергетических соглашений.

Документ определяет среднесрочные действия датского правительства в области энергетики и устанавливает подходы, необходимые для достижения долгосрочных целей, которые позволят стране стать энергонезависимой. Это, во-первых, обеспечение мирового лидерства датского энергетического сектора в области возобновляемой энергетики. Во-вторых, выполнение обязательств в рамках соглашений и конвенций ЕС, в частности Энергетического соглашения

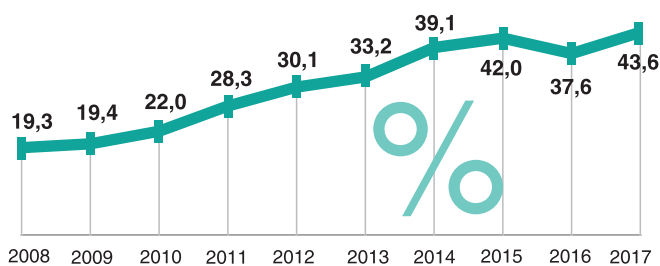
2008 года и энергетического и климатического пакета заданий Евросоюза. В-третьих, Дания планирует к 2020 году войти в тройку ведущих стран мира с точки зрения успешности внедрения ВИЭ в промышленность и другие отрасли народного хозяйства и стать одной из наиболее энергоэффективных стран – членов ОЭСР.

Возобновляемая энергетика Дании в первую очередь базируется на энергии ветра, а также использует энергию солнца, биогаз, твердую биомассу и биотопливо.

Дания – страна-пионер в развитии ветроэнергетики. Первые ветроэлектростанции, или, как их тогда называли, ветряные мельницы, были здесь построены и запущены в эксплуатацию в 1890 году. В 1908 году в стране насчитывалось 72 станции мощностью от 5 до 25 кВт. Первая офшорная ВЭС «Виндеби» была построена в 1991 году и за время эксплуатации выработала 9,61 млрд кВт·ч.

На протяжении последних лет производство электроэнергии на ветроэлектростанциях в Дании устойчиво растет (см. рисунок). Рекордным для ветроэнергетики оказался 2017 год, когда на ВЭС было выработано 43,6 % от всей произведенной в стране электроэнергии.

По сравнению с 2001 годом количество ветровых станций в стране сократилось на 20 %, тем не менее в 2017 году за счет повышения мощности и энергоэффективности ВЭС было выработано рекордное количество электроэнергии – 14 700 ГВт·ч. Установленная мощность ветроэнергетики Дании выросла вдвое и достигла показателя 5,3 ГВт, притом что население страны составляет 5,7 млн человек. Планируется, что к 2020 году ветроэнергетика будет обеспечивать выработку около 50 % потребляемой в стране электроэнергии, а вместе с солнечной энергетикой и использованием биомассы – порядка 80 %.



Доля ветроэнергетики в общем производстве электроэнергии в Дании, %

Следует отметить, что ветроэнергетика Дании близка к самокупаемости. Специалисты считают, что через пару лет государственные субсидии ей будут не нужны.

Заключение

Скандинавским странам удалось сформировать и привести в действие законодательные акты, обеспечившие плавный и безопасный переход к рыночным отношениям. Проведенные структурные реформы полностью изменили систему государственного регулирования электроэнергетики, ликвидировали вертикальную интеграцию, внедрили конкурентные отношения в электроэнергетике стран Скандинавии, что положительно сказалось на развитии экономики, а также привело к значительной взаимной интеграции хозяйственных отношений скандинавских стран.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 110 КВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ КАБЕЛЕЙ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Аннотация

В статье рассматривается актуальная для специалистов проблема расчета сопротивлений переменному току кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. В первой и второй частях материала («Энергетическая стратегия», № 2 и 4, 2018) описана предлагаемая методика расчета сопротивлений кабельных линий и приведены результаты расчета сопротивлений для КЛ 10 кВ. В этой части публикуются результаты расчета сопротивлений для КЛ 110 кВ.

Часть 3.



М.И. ФУРСАНОВ,
д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой
«Электрические системы» БНТУ

Annotation

The article is devoted to the problem of calculating the alternating current resistance of cable lines consisting of XLPE cables. In the first and second parts of the material (Energy Strategy No. 2 and 4, 2018), the proposed technique for cable lines resistance calculating was described and the results of resistance calculating of the 10 kV cable lines were presented.

The current part of the article publishes the results of calculating the resistance of 110 kV cable lines.

Part 3.



И.И. ДУЛЬ,
м.т.н., инженер отдела
проектирования энергосистем
РУП «Белэнергосетьпроект»

Статья поступила в редакцию 4 июня 2018 года

В справочной литературе [3–5] значения сопротивлений для кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, не приведены. В связи с этим авторами предложена и апробирована методика расчета сопротивлений кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена [1, 2]. Методика разработана на основе метода симметричных составляющих для токов нулевой, прямой и обратной последовательности [6].

В таблицах 1, 2 приведены результаты расчета сопротивлений кабельных линий 110 кВ, состоящих из одножильных кабелей с алюминиевыми и медными токопроводящими жилами с изоляцией из сшитого полиэтилена, для токов нулевой и прямой последовательности [6]. Результаты структурированы с учетом площади поперечного сечения жилы и экрана, взаимного расположения кабелей и заземления экранов.

Так же как и в случае с КЛ 10 кВ [2], в расчетах приняты: температура токо-

проводящей жилы $t_{ж} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$; температура экрана $t_{экp} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; эквивалентная глубина протекания обратного тока в земле $d_3 = 1000 \text{ м}$. Размеры структурных элементов кабелей рассчитаны в соответствии с ТУ ВУ 300528652.018-2010 [7].

Таблица 1. Сопротивления КЛ 110 кВ, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена с алюминиевыми жилами

Площадь поперечного сечения, мм ²		Кабели расположены треугольником ¹						Кабели расположены в плоскости ²					
		экран заземлен ³			полное сопротивление переменному току для последовательности, Ом/км			экран заземлен ³			экран разземлен ⁴		
		нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁
150	25	0,957+ <i>j</i> 0,397	0,267+ <i>j</i> 0,149	1,116+ <i>j</i> 0,097	0,264+ <i>j</i> 0,149	0,941+ <i>j</i> 0,408	0,278+ <i>j</i> 0,205	1,116+ <i>j</i> 0,097	0,264+ <i>j</i> 0,097	0,264+ <i>j</i> 0,207			
150	35	0,805+ <i>j</i> 0,266	0,269+ <i>j</i> 0,149	0,873+ <i>j</i> 0,097	0,264+ <i>j</i> 0,149	0,797+ <i>j</i> 0,274	0,283+ <i>j</i> 0,204	0,873+ <i>j</i> 0,097	0,264+ <i>j</i> 0,204	0,264+ <i>j</i> 0,207			
150	50	0,663+ <i>j</i> 0,186	0,27+ <i>j</i> 0,149	0,69+ <i>j</i> 0,098	0,264+ <i>j</i> 0,15	0,66+ <i>j</i> 0,19	0,291+ <i>j</i> 0,201	0,69+ <i>j</i> 0,098	0,264+ <i>j</i> 0,098	0,264+ <i>j</i> 0,208			
150	70	0,557+ <i>j</i> 0,145	0,273+ <i>j</i> 0,149	0,568+ <i>j</i> 0,098	0,264+ <i>j</i> 0,151	0,556+ <i>j</i> 0,147	0,3+ <i>j</i> 0,196	0,568+ <i>j</i> 0,098	0,264+ <i>j</i> 0,209	0,264+ <i>j</i> 0,209			
185	25	0,903+ <i>j</i> 0,393	0,213+ <i>j</i> 0,144	1,063+ <i>j</i> 0,092	0,21+ <i>j</i> 0,144	0,886+ <i>j</i> 0,403	0,224+ <i>j</i> 0,2	1,063+ <i>j</i> 0,092	0,21+ <i>j</i> 0,202	0,21+ <i>j</i> 0,202			
185	35	0,751+ <i>j</i> 0,262	0,215+ <i>j</i> 0,143	0,819+ <i>j</i> 0,092	0,21+ <i>j</i> 0,144	0,743+ <i>j</i> 0,269	0,229+ <i>j</i> 0,199	0,819+ <i>j</i> 0,092	0,21+ <i>j</i> 0,202	0,21+ <i>j</i> 0,202			
185	50	0,609+ <i>j</i> 0,181	0,216+ <i>j</i> 0,144	0,636+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,144	0,606+ <i>j</i> 0,186	0,237+ <i>j</i> 0,196	0,636+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,203	0,21+ <i>j</i> 0,203			
185	70	0,503+ <i>j</i> 0,14	0,219+ <i>j</i> 0,144	0,515+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,145	0,502+ <i>j</i> 0,142	0,246+ <i>j</i> 0,191	0,515+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,204	0,21+ <i>j</i> 0,204			
185	95	0,429+ <i>j</i> 0,119	0,222+ <i>j</i> 0,143	0,435+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,145	0,429+ <i>j</i> 0,12	0,254+ <i>j</i> 0,182	0,435+ <i>j</i> 0,093	0,21+ <i>j</i> 0,204	0,21+ <i>j</i> 0,204			
240	25	0,852+ <i>j</i> 0,388	0,163+ <i>j</i> 0,137	1,013+ <i>j</i> 0,086	0,16+ <i>j</i> 0,138	0,835+ <i>j</i> 0,398	0,174+ <i>j</i> 0,194	1,013+ <i>j</i> 0,086	0,16+ <i>j</i> 0,196	0,16+ <i>j</i> 0,196			
240	35	0,701+ <i>j</i> 0,256	0,165+ <i>j</i> 0,137	0,769+ <i>j</i> 0,086	0,16+ <i>j</i> 0,138	0,693+ <i>j</i> 0,264	0,179+ <i>j</i> 0,192	0,769+ <i>j</i> 0,086	0,16+ <i>j</i> 0,196	0,16+ <i>j</i> 0,196			
240	50	0,559+ <i>j</i> 0,175	0,166+ <i>j</i> 0,137	0,586+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,138	0,556+ <i>j</i> 0,18	0,187+ <i>j</i> 0,19	0,586+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,196	0,16+ <i>j</i> 0,196			
240	70	0,453+ <i>j</i> 0,134	0,169+ <i>j</i> 0,138	0,465+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,139	0,452+ <i>j</i> 0,137	0,196+ <i>j</i> 0,185	0,465+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,197	0,16+ <i>j</i> 0,197			
240	95	0,379+ <i>j</i> 0,113	0,172+ <i>j</i> 0,136	0,385+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,139	0,379+ <i>j</i> 0,115	0,204+ <i>j</i> 0,176	0,385+ <i>j</i> 0,087	0,16+ <i>j</i> 0,197	0,16+ <i>j</i> 0,197			
240	120	0,335+ <i>j</i> 0,104	0,175+ <i>j</i> 0,136	0,338+ <i>j</i> 0,088	0,16+ <i>j</i> 0,14	0,335+ <i>j</i> 0,105	0,21+ <i>j</i> 0,167	0,338+ <i>j</i> 0,088	0,16+ <i>j</i> 0,199	0,16+ <i>j</i> 0,199			
300	35	0,668+ <i>j</i> 0,252	0,132+ <i>j</i> 0,132	0,737+ <i>j</i> 0,081	0,128+ <i>j</i> 0,132	0,66+ <i>j</i> 0,26	0,147+ <i>j</i> 0,187	0,737+ <i>j</i> 0,081	0,128+ <i>j</i> 0,191	0,128+ <i>j</i> 0,191			
300	50	0,527+ <i>j</i> 0,171	0,134+ <i>j</i> 0,133	0,554+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,133	0,524+ <i>j</i> 0,175	0,155+ <i>j</i> 0,185	0,554+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,192	0,128+ <i>j</i> 0,192			
300	70	0,421+ <i>j</i> 0,129	0,137+ <i>j</i> 0,133	0,433+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,134	0,42+ <i>j</i> 0,132	0,164+ <i>j</i> 0,18	0,433+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,193	0,128+ <i>j</i> 0,193			
300	95	0,347+ <i>j</i> 0,108	0,14+ <i>j</i> 0,132	0,352+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,134	0,347+ <i>j</i> 0,11	0,172+ <i>j</i> 0,171	0,352+ <i>j</i> 0,082	0,128+ <i>j</i> 0,193	0,128+ <i>j</i> 0,193			
300	120	0,303+ <i>j</i> 0,099	0,142+ <i>j</i> 0,131	0,306+ <i>j</i> 0,083	0,128+ <i>j</i> 0,135	0,303+ <i>j</i> 0,1	0,178+ <i>j</i> 0,163	0,306+ <i>j</i> 0,083	0,128+ <i>j</i> 0,193	0,128+ <i>j</i> 0,193			
400	50	0,499+ <i>j</i> 0,163	0,106+ <i>j</i> 0,125	0,526+ <i>j</i> 0,074	0,1+ <i>j</i> 0,126	0,495+ <i>j</i> 0,168	0,126+ <i>j</i> 0,177	0,526+ <i>j</i> 0,074	0,1+ <i>j</i> 0,184	0,1+ <i>j</i> 0,184			
400	70	0,393+ <i>j</i> 0,122	0,108+ <i>j</i> 0,125	0,404+ <i>j</i> 0,075	0,1+ <i>j</i> 0,126	0,391+ <i>j</i> 0,124	0,135+ <i>j</i> 0,172	0,404+ <i>j</i> 0,075	0,1+ <i>j</i> 0,184	0,1+ <i>j</i> 0,184			
400	95	0,319+ <i>j</i> 0,101	0,111+ <i>j</i> 0,124	0,324+ <i>j</i> 0,075	0,1+ <i>j</i> 0,127	0,318+ <i>j</i> 0,103	0,143+ <i>j</i> 0,164	0,324+ <i>j</i> 0,075	0,1+ <i>j</i> 0,185	0,1+ <i>j</i> 0,185			
400	120	0,274+ <i>j</i> 0,092	0,114+ <i>j</i> 0,124	0,277+ <i>j</i> 0,076	0,1+ <i>j</i> 0,128	0,274+ <i>j</i> 0,093	0,15+ <i>j</i> 0,155	0,277+ <i>j</i> 0,076	0,1+ <i>j</i> 0,187	0,1+ <i>j</i> 0,187			
400	150	0,24+ <i>j</i> 0,087	0,117+ <i>j</i> 0,123	0,242+ <i>j</i> 0,076	0,1+ <i>j</i> 0,129	0,24+ <i>j</i> 0,088	0,154+ <i>j</i> 0,145	0,242+ <i>j</i> 0,076	0,1+ <i>j</i> 0,188	0,1+ <i>j</i> 0,188			

Окончание таблицы 1

Площадь поперечного сечения, мм ²		Кабели расположены треугольником ¹						Кабели расположены в плоскости ²					
		экран заземлен ³			экран разземлен ⁴			экран заземлен ³			экран разземлен ⁴		
		нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁
500	70	0,37+ <i>j</i> 0,117	0,086+ <i>j</i> 0,12	0,382+ <i>j</i> 0,07	0,078+ <i>j</i> 0,122	0,369+ <i>j</i> 0,12	0,113+ <i>j</i> 0,167	0,382+ <i>j</i> 0,07	0,078+ <i>j</i> 0,122	0,369+ <i>j</i> 0,12	0,113+ <i>j</i> 0,167	0,382+ <i>j</i> 0,07	0,078+ <i>j</i> 0,18
500	95	0,297+ <i>j</i> 0,097	0,089+ <i>j</i> 0,12	0,302+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,296+ <i>j</i> 0,098	0,121+ <i>j</i> 0,159	0,302+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,296+ <i>j</i> 0,098	0,121+ <i>j</i> 0,159	0,302+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,181
500	120	0,252+ <i>j</i> 0,088	0,092+ <i>j</i> 0,119	0,255+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,252+ <i>j</i> 0,089	0,127+ <i>j</i> 0,151	0,255+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,252+ <i>j</i> 0,089	0,127+ <i>j</i> 0,151	0,255+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,182
500	150	0,218+ <i>j</i> 0,082	0,095+ <i>j</i> 0,117	0,22+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,218+ <i>j</i> 0,082	0,131+ <i>j</i> 0,14	0,22+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,123	0,218+ <i>j</i> 0,082	0,131+ <i>j</i> 0,14	0,22+ <i>j</i> 0,071	0,078+ <i>j</i> 0,182
630	95	0,279+ <i>j</i> 0,092	0,071+ <i>j</i> 0,115	0,284+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,117	0,278+ <i>j</i> 0,093	0,104+ <i>j</i> 0,154	0,284+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,117	0,278+ <i>j</i> 0,093	0,104+ <i>j</i> 0,154	0,284+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,175
630	120	0,235+ <i>j</i> 0,082	0,074+ <i>j</i> 0,113	0,238+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,117	0,234+ <i>j</i> 0,083	0,109+ <i>j</i> 0,145	0,238+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,117	0,234+ <i>j</i> 0,083	0,109+ <i>j</i> 0,145	0,238+ <i>j</i> 0,065	0,06+ <i>j</i> 0,175
630	150	0,2+ <i>j</i> 0,077	0,077+ <i>j</i> 0,112	0,202+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,118	0,2+ <i>j</i> 0,077	0,114+ <i>j</i> 0,135	0,202+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,118	0,2+ <i>j</i> 0,077	0,114+ <i>j</i> 0,135	0,202+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,176
630	185	0,174+ <i>j</i> 0,073	0,08+ <i>j</i> 0,11	0,175+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,119	0,174+ <i>j</i> 0,074	0,115+ <i>j</i> 0,124	0,175+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,119	0,174+ <i>j</i> 0,074	0,115+ <i>j</i> 0,124	0,175+ <i>j</i> 0,066	0,06+ <i>j</i> 0,177
800	95	0,266+ <i>j</i> 0,086	0,058+ <i>j</i> 0,109	0,271+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,111	0,265+ <i>j</i> 0,088	0,09+ <i>j</i> 0,148	0,271+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,111	0,265+ <i>j</i> 0,088	0,09+ <i>j</i> 0,148	0,271+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,17
800	120	0,222+ <i>j</i> 0,077	0,061+ <i>j</i> 0,107	0,225+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,111	0,221+ <i>j</i> 0,078	0,096+ <i>j</i> 0,139	0,225+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,111	0,221+ <i>j</i> 0,078	0,096+ <i>j</i> 0,139	0,225+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,17
800	150	0,187+ <i>j</i> 0,071	0,064+ <i>j</i> 0,106	0,189+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,112	0,187+ <i>j</i> 0,072	0,1+ <i>j</i> 0,129	0,189+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,112	0,187+ <i>j</i> 0,072	0,1+ <i>j</i> 0,129	0,189+ <i>j</i> 0,06	0,047+ <i>j</i> 0,17
800	185	0,161+ <i>j</i> 0,068	0,067+ <i>j</i> 0,104	0,162+ <i>j</i> 0,061	0,047+ <i>j</i> 0,113	0,161+ <i>j</i> 0,068	0,102+ <i>j</i> 0,118	0,162+ <i>j</i> 0,061	0,047+ <i>j</i> 0,113	0,161+ <i>j</i> 0,068	0,102+ <i>j</i> 0,118	0,162+ <i>j</i> 0,061	0,047+ <i>j</i> 0,171
1000	95	0,256+ <i>j</i> 0,083	0,048+ <i>j</i> 0,105	0,262+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,108	0,255+ <i>j</i> 0,085	0,08+ <i>j</i> 0,145	0,262+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,108	0,255+ <i>j</i> 0,085	0,08+ <i>j</i> 0,145	0,262+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,166
1000	120	0,212+ <i>j</i> 0,073	0,051+ <i>j</i> 0,104	0,215+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,108	0,211+ <i>j</i> 0,074	0,086+ <i>j</i> 0,136	0,215+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,108	0,211+ <i>j</i> 0,074	0,086+ <i>j</i> 0,136	0,215+ <i>j</i> 0,056	0,037+ <i>j</i> 0,166
1000	150	0,178+ <i>j</i> 0,068	0,054+ <i>j</i> 0,103	0,179+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,109	0,177+ <i>j</i> 0,068	0,09+ <i>j</i> 0,126	0,179+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,109	0,177+ <i>j</i> 0,068	0,09+ <i>j</i> 0,126	0,179+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,167
1000	185	0,151+ <i>j</i> 0,064	0,057+ <i>j</i> 0,1	0,152+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,109	0,151+ <i>j</i> 0,065	0,092+ <i>j</i> 0,114	0,152+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,109	0,151+ <i>j</i> 0,065	0,092+ <i>j</i> 0,114	0,152+ <i>j</i> 0,057	0,037+ <i>j</i> 0,167
1200	95	0,25+ <i>j</i> 0,08	0,043+ <i>j</i> 0,102	0,256+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,105	0,25+ <i>j</i> 0,082	0,075+ <i>j</i> 0,142	0,256+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,105	0,25+ <i>j</i> 0,082	0,075+ <i>j</i> 0,142	0,256+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,163
1200	120	0,206+ <i>j</i> 0,071	0,045+ <i>j</i> 0,101	0,209+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,105	0,206+ <i>j</i> 0,072	0,08+ <i>j</i> 0,133	0,209+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,105	0,206+ <i>j</i> 0,072	0,08+ <i>j</i> 0,133	0,209+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,163
1200	150	0,172+ <i>j</i> 0,065	0,048+ <i>j</i> 0,1	0,174+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,172+ <i>j</i> 0,066	0,085+ <i>j</i> 0,123	0,174+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,172+ <i>j</i> 0,066	0,085+ <i>j</i> 0,123	0,174+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,164
1200	185	0,146+ <i>j</i> 0,061	0,051+ <i>j</i> 0,097	0,147+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,146+ <i>j</i> 0,062	0,086+ <i>j</i> 0,112	0,147+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,146+ <i>j</i> 0,062	0,086+ <i>j</i> 0,112	0,147+ <i>j</i> 0,054	0,032+ <i>j</i> 0,164
1200	240	0,12+ <i>j</i> 0,059	0,054+ <i>j</i> 0,093	0,12+ <i>j</i> 0,055	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,12+ <i>j</i> 0,059	0,085+ <i>j</i> 0,098	0,12+ <i>j</i> 0,055	0,032+ <i>j</i> 0,106	0,12+ <i>j</i> 0,059	0,085+ <i>j</i> 0,098	0,12+ <i>j</i> 0,055	0,032+ <i>j</i> 0,164

Примечания:

- 1 – кабели расположены треугольником вплотную;
- 2 – кабели расположены в плоскости, расстояния между кабелями в свету равно диаметру кабеля;
- 3 – сопротивление рассчитано для схемы заземления экранов, при которой экран заземлен с двух сторон;
- 4 – сопротивление рассчитано для схемы заземления экранов, при которой экран заземлен только с одной стороны или разземлен с двух сторон.

Таблица 2. Сопротивления кабельных линий 110 кВ, состоящих из кабелей с изоляцией из шитого полиэтилена с медными жилами

Площадь поперечного сечения, мм ²		Кабели расположены треугольником ¹						Кабели расположены в плоскости ²					
		экран заземлен ³			полное сопротивление переменному току для последовательности, Ом/км			экран заземлен ³			экран разземлен ⁴		
		нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁
150	25	0,851+ <i>j</i> 0,397	0,161+ <i>j</i> 0,149	1,01+ <i>j</i> 0,097	0,158+ <i>j</i> 0,149	0,835+ <i>j</i> 0,408	0,172+ <i>j</i> 0,205	1,01+ <i>j</i> 0,097	0,158+ <i>j</i> 0,207				
150	35	0,699+ <i>j</i> 0,266	0,163+ <i>j</i> 0,149	0,767+ <i>j</i> 0,097	0,158+ <i>j</i> 0,149	0,691+ <i>j</i> 0,274	0,177+ <i>j</i> 0,204	0,767+ <i>j</i> 0,097	0,158+ <i>j</i> 0,207				
150	50	0,557+ <i>j</i> 0,186	0,164+ <i>j</i> 0,149	0,584+ <i>j</i> 0,098	0,158+ <i>j</i> 0,15	0,554+ <i>j</i> 0,19	0,185+ <i>j</i> 0,201	0,584+ <i>j</i> 0,098	0,158+ <i>j</i> 0,208				
150	70	0,451+ <i>j</i> 0,145	0,167+ <i>j</i> 0,149	0,462+ <i>j</i> 0,098	0,158+ <i>j</i> 0,151	0,45+ <i>j</i> 0,147	0,194+ <i>j</i> 0,196	0,462+ <i>j</i> 0,098	0,158+ <i>j</i> 0,209				
185	25	0,819+ <i>j</i> 0,393	0,129+ <i>j</i> 0,144	0,979+ <i>j</i> 0,092	0,126+ <i>j</i> 0,144	0,802+ <i>j</i> 0,403	0,14+ <i>j</i> 0,2	0,979+ <i>j</i> 0,092	0,126+ <i>j</i> 0,202				
185	35	0,667+ <i>j</i> 0,262	0,131+ <i>j</i> 0,143	0,735+ <i>j</i> 0,092	0,126+ <i>j</i> 0,144	0,659+ <i>j</i> 0,269	0,146+ <i>j</i> 0,199	0,735+ <i>j</i> 0,092	0,126+ <i>j</i> 0,202				
185	50	0,526+ <i>j</i> 0,181	0,133+ <i>j</i> 0,144	0,552+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,144	0,522+ <i>j</i> 0,186	0,153+ <i>j</i> 0,196	0,552+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,203				
185	70	0,42+ <i>j</i> 0,14	0,135+ <i>j</i> 0,144	0,431+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,145	0,418+ <i>j</i> 0,142	0,162+ <i>j</i> 0,191	0,431+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,204				
185	95	0,346+ <i>j</i> 0,119	0,138+ <i>j</i> 0,143	0,351+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,145	0,345+ <i>j</i> 0,12	0,17+ <i>j</i> 0,182	0,351+ <i>j</i> 0,093	0,126+ <i>j</i> 0,204				
240	25	0,788+ <i>j</i> 0,388	0,099+ <i>j</i> 0,137	0,948+ <i>j</i> 0,086	0,096+ <i>j</i> 0,138	0,771+ <i>j</i> 0,398	0,11+ <i>j</i> 0,194	0,948+ <i>j</i> 0,086	0,096+ <i>j</i> 0,196				
240	35	0,636+ <i>j</i> 0,256	0,1+ <i>j</i> 0,137	0,705+ <i>j</i> 0,086	0,096+ <i>j</i> 0,138	0,628+ <i>j</i> 0,264	0,115+ <i>j</i> 0,192	0,705+ <i>j</i> 0,086	0,096+ <i>j</i> 0,196				
240	50	0,495+ <i>j</i> 0,175	0,102+ <i>j</i> 0,137	0,522+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,138	0,492+ <i>j</i> 0,18	0,123+ <i>j</i> 0,19	0,522+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,196				
240	70	0,389+ <i>j</i> 0,134	0,105+ <i>j</i> 0,138	0,401+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,139	0,388+ <i>j</i> 0,137	0,131+ <i>j</i> 0,185	0,401+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,197				
240	95	0,315+ <i>j</i> 0,113	0,108+ <i>j</i> 0,136	0,32+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,139	0,315+ <i>j</i> 0,115	0,14+ <i>j</i> 0,176	0,32+ <i>j</i> 0,087	0,096+ <i>j</i> 0,197				
240	120	0,271+ <i>j</i> 0,104	0,111+ <i>j</i> 0,136	0,274+ <i>j</i> 0,088	0,096+ <i>j</i> 0,14	0,27+ <i>j</i> 0,105	0,146+ <i>j</i> 0,167	0,274+ <i>j</i> 0,088	0,096+ <i>j</i> 0,199				
300	35	0,616+ <i>j</i> 0,252	0,081+ <i>j</i> 0,132	0,685+ <i>j</i> 0,081	0,077+ <i>j</i> 0,132	0,608+ <i>j</i> 0,26	0,096+ <i>j</i> 0,187	0,685+ <i>j</i> 0,081	0,077+ <i>j</i> 0,191				
300	50	0,475+ <i>j</i> 0,171	0,083+ <i>j</i> 0,133	0,503+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,133	0,472+ <i>j</i> 0,175	0,103+ <i>j</i> 0,185	0,503+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,192				
300	70	0,37+ <i>j</i> 0,129	0,085+ <i>j</i> 0,133	0,381+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,134	0,368+ <i>j</i> 0,132	0,112+ <i>j</i> 0,18	0,381+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,193				
300	95	0,296+ <i>j</i> 0,108	0,088+ <i>j</i> 0,132	0,301+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,134	0,295+ <i>j</i> 0,11	0,12+ <i>j</i> 0,171	0,301+ <i>j</i> 0,082	0,077+ <i>j</i> 0,193				
300	120	0,251+ <i>j</i> 0,099	0,091+ <i>j</i> 0,131	0,254+ <i>j</i> 0,083	0,077+ <i>j</i> 0,135	0,251+ <i>j</i> 0,1	0,126+ <i>j</i> 0,163	0,254+ <i>j</i> 0,083	0,077+ <i>j</i> 0,193				
400	50	0,459+ <i>j</i> 0,163	0,066+ <i>j</i> 0,125	0,486+ <i>j</i> 0,074	0,06+ <i>j</i> 0,126	0,455+ <i>j</i> 0,168	0,086+ <i>j</i> 0,177	0,486+ <i>j</i> 0,074	0,06+ <i>j</i> 0,184				
400	70	0,353+ <i>j</i> 0,122	0,068+ <i>j</i> 0,125	0,364+ <i>j</i> 0,075	0,06+ <i>j</i> 0,126	0,351+ <i>j</i> 0,124	0,095+ <i>j</i> 0,172	0,364+ <i>j</i> 0,075	0,06+ <i>j</i> 0,184				
400	95	0,279+ <i>j</i> 0,101	0,071+ <i>j</i> 0,124	0,284+ <i>j</i> 0,075	0,06+ <i>j</i> 0,127	0,278+ <i>j</i> 0,103	0,104+ <i>j</i> 0,164	0,284+ <i>j</i> 0,075	0,06+ <i>j</i> 0,185				
400	120	0,235+ <i>j</i> 0,092	0,074+ <i>j</i> 0,124	0,237+ <i>j</i> 0,076	0,06+ <i>j</i> 0,128	0,234+ <i>j</i> 0,093	0,11+ <i>j</i> 0,155	0,237+ <i>j</i> 0,076	0,06+ <i>j</i> 0,187				
400	150	0,2+ <i>j</i> 0,087	0,077+ <i>j</i> 0,123	0,202+ <i>j</i> 0,076	0,06+ <i>j</i> 0,129	0,2+ <i>j</i> 0,088	0,114+ <i>j</i> 0,145	0,202+ <i>j</i> 0,076	0,06+ <i>j</i> 0,188				

Окончание таблицы 2

Площадь поперечного сечения, мм ²		Кабели расположены треугольником ¹						Кабели расположены в плоскости ²									
		экран заземлен ³			экран разземлен ⁴			экран заземлен ³			экран разземлен ⁴						
		нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁	нулевой, Z ₀	прямой, Z ₁				
500	70	0,34+±j0,117	0,055+±j0,12	0,351+±j0,07	0,047+±j0,122	0,338+±j0,12	0,082+±j0,167	0,351+±j0,07	0,047+±j0,18	0,266+±j0,097	0,058+±j0,12	0,271+±j0,071	0,047+±j0,123	0,265+±j0,098	0,09+±j0,159	0,271+±j0,071	0,047+±j0,181
500	95	0,221+±j0,088	0,061+±j0,119	0,224+±j0,071	0,047+±j0,123	0,221+±j0,089	0,096+±j0,151	0,224+±j0,071	0,047+±j0,182	0,187+±j0,082	0,1+±j0,14	0,189+±j0,071	0,189+±j0,071	0,26+±j0,065	0,08+±j0,154	0,26+±j0,065	0,036+±j0,175
500	120	0,187+±j0,082	0,064+±j0,117	0,189+±j0,071	0,047+±j0,123	0,187+±j0,082	0,1+±j0,14	0,189+±j0,071	0,047+±j0,182	0,255+±j0,092	0,047+±j0,115	0,26+±j0,065	0,036+±j0,117	0,254+±j0,093	0,08+±j0,154	0,26+±j0,065	0,036+±j0,175
630	95	0,255+±j0,092	0,047+±j0,115	0,26+±j0,065	0,036+±j0,117	0,254+±j0,093	0,08+±j0,154	0,26+±j0,065	0,036+±j0,175	0,21+±j0,082	0,036+±j0,117	0,214+±j0,065	0,036+±j0,117	0,21+±j0,083	0,085+±j0,145	0,214+±j0,065	0,036+±j0,175
630	120	0,211+±j0,082	0,05+±j0,113	0,214+±j0,065	0,036+±j0,117	0,21+±j0,082	0,085+±j0,145	0,214+±j0,065	0,036+±j0,175	0,176+±j0,077	0,053+±j0,112	0,178+±j0,066	0,036+±j0,118	0,176+±j0,077	0,09+±j0,135	0,178+±j0,066	0,036+±j0,176
630	150	0,176+±j0,077	0,053+±j0,112	0,178+±j0,066	0,036+±j0,118	0,176+±j0,077	0,09+±j0,135	0,178+±j0,066	0,036+±j0,176	0,15+±j0,073	0,056+±j0,11	0,151+±j0,066	0,036+±j0,119	0,15+±j0,074	0,091+±j0,124	0,151+±j0,066	0,036+±j0,177
800	95	0,247+±j0,086	0,039+±j0,109	0,252+±j0,06	0,028+±j0,111	0,246+±j0,088	0,071+±j0,148	0,252+±j0,06	0,028+±j0,177	0,247+±j0,073	0,039+±j0,109	0,252+±j0,06	0,028+±j0,111	0,246+±j0,088	0,071+±j0,148	0,252+±j0,06	0,028+±j0,177
800	120	0,203+±j0,077	0,042+±j0,107	0,206+±j0,06	0,028+±j0,111	0,202+±j0,078	0,077+±j0,139	0,206+±j0,06	0,028+±j0,177	0,203+±j0,077	0,042+±j0,107	0,206+±j0,06	0,028+±j0,111	0,202+±j0,078	0,077+±j0,139	0,206+±j0,06	0,028+±j0,177
800	150	0,169+±j0,071	0,045+±j0,106	0,17+±j0,06	0,028+±j0,112	0,168+±j0,072	0,081+±j0,129	0,17+±j0,06	0,028+±j0,177	0,169+±j0,071	0,045+±j0,106	0,17+±j0,06	0,028+±j0,112	0,168+±j0,072	0,081+±j0,129	0,17+±j0,06	0,028+±j0,177
800	185	0,142+±j0,068	0,048+±j0,104	0,143+±j0,061	0,028+±j0,113	0,142+±j0,068	0,083+±j0,118	0,143+±j0,061	0,028+±j0,177	0,142+±j0,068	0,048+±j0,104	0,143+±j0,061	0,028+±j0,113	0,142+±j0,068	0,083+±j0,118	0,143+±j0,061	0,028+±j0,177
1000	95	0,241+±j0,083	0,034+±j0,105	0,247+±j0,056	0,022+±j0,108	0,241+±j0,085	0,065+±j0,145	0,247+±j0,056	0,022+±j0,177	0,241+±j0,083	0,034+±j0,105	0,247+±j0,056	0,022+±j0,108	0,241+±j0,085	0,065+±j0,145	0,247+±j0,056	0,022+±j0,177
1000	120	0,197+±j0,073	0,036+±j0,104	0,2+±j0,056	0,022+±j0,108	0,197+±j0,074	0,071+±j0,136	0,2+±j0,056	0,022+±j0,177	0,197+±j0,073	0,036+±j0,104	0,2+±j0,056	0,022+±j0,108	0,197+±j0,074	0,071+±j0,136	0,2+±j0,056	0,022+±j0,177
1000	150	0,163+±j0,068	0,039+±j0,103	0,164+±j0,057	0,022+±j0,109	0,163+±j0,068	0,076+±j0,126	0,164+±j0,057	0,022+±j0,177	0,163+±j0,068	0,039+±j0,103	0,164+±j0,057	0,022+±j0,109	0,163+±j0,068	0,076+±j0,126	0,164+±j0,057	0,022+±j0,177
1000	185	0,137+±j0,064	0,042+±j0,1	0,138+±j0,057	0,022+±j0,109	0,136+±j0,065	0,077+±j0,114	0,138+±j0,057	0,022+±j0,177	0,137+±j0,064	0,042+±j0,1	0,138+±j0,057	0,022+±j0,109	0,136+±j0,065	0,077+±j0,114	0,138+±j0,057	0,022+±j0,177
1200	95	0,238+±j0,08	0,03+±j0,102	0,244+±j0,054	0,019+±j0,105	0,237+±j0,082	0,062+±j0,142	0,244+±j0,054	0,019+±j0,163	0,238+±j0,08	0,03+±j0,102	0,244+±j0,054	0,019+±j0,105	0,237+±j0,082	0,062+±j0,142	0,244+±j0,054	0,019+±j0,163
1200	120	0,194+±j0,071	0,033+±j0,101	0,197+±j0,054	0,019+±j0,105	0,193+±j0,072	0,068+±j0,133	0,197+±j0,054	0,019+±j0,163	0,194+±j0,071	0,033+±j0,101	0,197+±j0,054	0,019+±j0,105	0,193+±j0,072	0,068+±j0,133	0,197+±j0,054	0,019+±j0,163
1200	150	0,16+±j0,065	0,036+±j0,1	0,161+±j0,054	0,019+±j0,106	0,159+±j0,066	0,072+±j0,123	0,161+±j0,054	0,019+±j0,164	0,16+±j0,065	0,036+±j0,1	0,161+±j0,054	0,019+±j0,106	0,159+±j0,066	0,072+±j0,123	0,161+±j0,054	0,019+±j0,164
1200	185	0,133+±j0,061	0,038+±j0,097	0,134+±j0,054	0,019+±j0,106	0,133+±j0,062	0,074+±j0,112	0,134+±j0,054	0,019+±j0,164	0,133+±j0,061	0,038+±j0,097	0,134+±j0,054	0,019+±j0,106	0,133+±j0,062	0,074+±j0,112	0,134+±j0,054	0,019+±j0,164
1200	240	0,107+±j0,059	0,042+±j0,093	0,108+±j0,055	0,019+±j0,106	0,107+±j0,059	0,073+±j0,098	0,108+±j0,055	0,019+±j0,164	0,107+±j0,059	0,042+±j0,093	0,108+±j0,055	0,019+±j0,106	0,107+±j0,059	0,073+±j0,098	0,108+±j0,055	0,019+±j0,164

Примечания:

1 – кабели расположены треугольником вплотную;

2 – кабели расположены в плоскости, расстояния между кабелями в свету равно диаметру кабеля;

3 – сопротивление рассчитано для схемы заземления экранов, при которой экран заземлен с двух сторон;

4 – сопротивление рассчитано для схемы заземления экранов, при которой экран заземлен только с одной стороны или разземлен с двух сторон.

Заключение

1. Сложность и трудоемкость расчета сопротивлений кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, обусловлена сложной многослойной конструкцией современных кабелей.

2. Актуальной проблемой, требующей решения, является необходимость совершенствования применяемых на практике руководящих документов по расчету сопротивлений кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Широкое применение таких кабелей требует внесения в эти документы определенных уточнений и дополнений.

3. Усовершенствованная методика определения активных индуктивных и полных сопротивлений кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, предложенная и апробированная авторами в [1], учитывает конструктивные особенности кабелей и способы заземления экранов.

4. Расчеты сопротивлений кабельных линий 10 кВ и 110 кВ, приведенные во 2-й и 3-й частях статьи, выполнены по предложенной методике для токов нулевой и прямой последовательности. При этом учтены сечения токопроводящих жил и экранов, расположение кабелей и способы заземления экранов. Результаты расчета могут быть применены на практике.

Список литературы

1. Фурсанов, М.И. Определение сопротивлений кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Часть 1 / М.И. Фурсанов, И.И. Дуль // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 2. – С. 49–52.
2. Фурсанов, М.И. Определение сопротивлений кабельных линий, состоящих из кабелей с изоляцией из сшитого по-

лиэтилена. Часть 2 / М.И. Фурсанов, И.И. Дуль // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 4. – С. 32–37.

3. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.
4. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 715 с.
5. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 11. Расчеты токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110–75 кВ. – М.: Энергия, 1979. – 152 с.
6. Вагнер, К.Ф. Метод симметричных составляющих в применении к анализу несимметричных электрических цепей: учеб. пособие / К.Ф. Вагнер, Р.Д. Эванс; пер. с англ. Л.Е. и М.Е. Сыркиных; под ред. Д.А. Городского. – Л.; М.: ОНТИ НКТП СССР, 1936. – 407 с.
7. ТУ ВУ 300528652.018-2010 «Кабели силовые с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 64/110 кВ».

ОБНОВЛЕННАЯ ВЕРСИЯ

ЭНЕРГОДОКУМЕНТ

нормативные технические документы по электроэнергетике

ENERGODOC.BY

- предоставление пользователю доступа в личный кабинет
- возможность добавления часто используемых документов в «Избранное»
- улучшенный механизм поиска документов благодаря размещению строки поиска на всех страницах сайта
- перенос дополнительных параметров поиска в закладку «Расширенный поиск»
- новый раздел «Часто задаваемые вопросы» (FAQ)
- современный дизайн с адаптацией под размер используемого экрана

Электронная информационная система

Защищено | <https://energodoc.by>

Министерство энергетики Республики Беларусь
государственное производственное объединение электроэнергетики "Белэнерго"

Энергетическая Стратегия

ТЕСТОВЫЙ РЕЖИМ

НПА
НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

ТНПА
ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ

ПРОЕКТЫ
ДОКУМЕНТОВ

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

КОНТАКТЫ

FAQ

ВОЙТИ В ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ

ПРОЕКТЫ

НОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

ПРОСМОТРИТЬ ЗАДАЧУ

ПРОСМОТРИТЬ ДОКУМЕНТ

ВОЙТИ В ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ

10:57

51790

Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.08.2018 № 623

«О проектах по созданию новых производств, имеющих определяющее значение для инновационного развития Республики Беларусь»

Постановлением включены дополнительные проекты в перечень проектов по созданию новых производств, имеющих определяющее значение для инновационного развития Республики Беларусь, реализация которых предусмотрена Государственной программой инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 31.01.2017 № 31.

Изложены в новой редакции:

– план-график реализации проектов по созданию новых производств, имеющих определяющее значение для инновационного развития Республики Беларусь;

– объемы финансирования проектов и мероприятий Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы.

Постановление вступило в силу с момента официального опубликования.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10.10.2018 № 731

«Об утверждении Программы создания государственной зарядной сети для зарядки электромобилей»

С целью формирования в стране развитой сети электростанций (ЭС) Совет Министров утвердил Программу создания государственной зарядной сети для зарядки электромобилей.

Программой предусматривается:

– создание к 2030 году 1304 ЭС (в том числе 1224 ЭС в населенных пунктах, 80 – на всех основных автомагистралях с расстоянием между двумя ближайшими станциями 50–70 км);

– установка 25 супербыстрых электростанционных комплексов в городах областного подчинения, г. Минске и на основных автомагистралях с расстоянием между двумя ближайшими станциями 120–150 км.

Планируется, что Программа будет реализована в 3 этапа:

1) до 2021 года включительно – размещение 431 ЭС в г. Минске и наиболее приоритетных местах областных центров, на автодорогах категорий «М» и «М/Е»;

2) 2022–2025 годы – при условии увеличения парка электромобильного транспорта на территории Беларуси до уровня более 10 тыс. ед.;

3) 2026–2030 годы – с учетом увеличения парка электромобильного транспорта до уровня более 25 тыс. ед.

Постановление вступило в силу после его официального опубликования.

Министерство финансов Республики Беларусь

Постановление Министерства финансов Республики Беларусь от 21.08.2018 № 60

«О внесении дополнений и изменений в постановление Министерства финансов Республики Беларусь от 30 апреля 2012 г. № 25»

Внесены дополнения и изменения в Инструкцию по бухгалтерскому учету нематериальных активов, утвержденную по-

становлением Министерства финансов Республики Беларусь от 30.04.2012 № 25.

Поправки касаются бухгалтерского учета затрат на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ и результатов научно-технической деятельности, создаваемых в рамках договоров на выполнение НИОКР полностью или частично за счет государственных средств и подлежащих обязательной коммерциализации.

Постановление вступило в силу с 22 сентября 2018 года.

Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 22.08.2018 № 68

«О внесении дополнений и изменений в постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 6 апреля 2018 г. № 20»

Внесены дополнения и изменения в Инструкцию о порядке регулирования цен (тарифов) на товары (работы, услуги) юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, включенных в Государственный реестр хозяйствующих субъектов, занимающих доминирующее положение на товарных рынках Республики Беларусь (республиканский и местный уровни), и (или) Государственный реестр субъектов естественных монополий, утвержденную постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 06.04.2018 № 20.

Из Инструкции исключен термин «оптовая надбавка».

Установлено следующее:

– отпускные цены на ввезенные в Республику Беларусь товары, предназначенные для дальнейшей продажи на территории Республики Беларусь, устанавливаются субъектами, занимающими доминирующее положение, исходя из контрактных цен, расходов по импорту (таможенные платежи, страховые расходы, проценты по кредитам (займам, гарантиям), транспортные расходы, другие расходы в соответствии с законодательством) с учетом надбавки, уровень которой не должен превышать 30 %;

– экономические расчеты и иные документы, обосновывающие уровень цен (тарифов), хранятся на бумажных носителях и (или) в электронной форме, в том числе на материальных носителях.

Внесены изменения в предельные нормативы рентабельности для определения суммы прибыли, подлежащей включению в цены (тарифы) на товары (работы, услуги), производимые и (или) реализуемые (выполняемые, оказываемые) на территории Республики Беларусь юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, включенными в Государственный реестр хозяйствующих субъектов, занимающих доминирующее положение на товарных рынках Республики Беларусь (республиканский и местный уровни).

В частности, установлены предельные нормативы рентабельности:

– на твердое топливо – 15 % к себестоимости;

– на услуги по учету, расчету и начислению платы за жилищно-коммунальные услуги и платы за пользование жилыми помещениями и проведению претензионно-исковой работы – 5 % к себестоимости.

Постановление вступило в силу с 9 сентября 2018 года.

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 3.09.2018 № 73

«О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии»

Установлено, что тарифы на электрическую энергию, производимую на территории Республики Беларусь из возобновля-

емых источников энергии юридическими лицами, не входящими в состав ГПО «Белэнерго», и индивидуальными предпринимателями и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения, устанавливаются на уровне тарифов на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВА, установленных и проиндексированных на изменение курса белорусского рубля по отношению к доллару США в соответствии с постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 13.06.2018 № 47 «Об определении порядка индексации цен на природный газ и тарифов на электрическую и тепловую энергию», с применением коэффициентов:

– для установок по использованию возобновляемых источников энергии, введенных в эксплуатацию до 20 мая 2015 года или создание которых осуществляется на основании заключенных и зарегистрированных в установленном порядке до указанной даты инвестиционных договоров;

– для установок вне зависимости от вида возобновляемых источников энергии, созданных исключительно для энергетического обеспечения хозяйственной деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей вне выделенных в установленном порядке квот на создание установок, за исключением указанных в предыдущем пункте:

- введенных в эксплуатацию в период с 21 августа 2015 года по 31 декабря 2017 года включительно: первые 10 лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 0,45; последующие 10 лет эксплуатации – 0,4; свыше 20 лет эксплуатации установок – 0,1;
 - введенных в эксплуатацию после 1 января 2018 года – 0,1;
- для установок, введенных в эксплуатацию с 21 мая 2015 года либо созданных в пределах выделенных в установленном порядке квот на создание установок.

Коэффициенты могут быть уменьшены для отдельных претендентов – юридических лиц, не входящих в состав ГПО «Белэнерго», и индивидуальных предпринимателей, имеющих намерения осуществить создание установок в пределах квот на их создание, по инициативе указанных претендентов.

Приобретение электрической энергии, произведенной установками, создание которых осуществляется в пределах квот на их создание, при превышении заявленного претендентом на право создания установок срока создания установок осуществляется с применением минимального повышающего коэффициента из действующих на дату ввода установок данного типа в эксплуатацию, но не выше заявленного претендентом размера, в течение 10 лет с даты ввода в эксплуатацию, уменьшенных на период несоблюдения заявленного претендентом срока ввода в эксплуатацию указанных установок.

Признано утратившим силу постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 20.07.2017 № 41 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии на территории Республики Беларусь индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав ГПО «Белэнерго», и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения».

Постановление вступило в силу с 21 сентября 2018 года.

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 08.08.2018 № 43

[«Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Требования к составу и содержанию плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на исследовательской ядерной установке»](#)

Установлены требования к составу и содержанию плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на иссле-

довательской ядерной установке и определены организационные мероприятия, направленные на обеспечение выполнения этого плана.

Утвержденные нормы и правила распространяются на сооружаемые, вводимые в эксплуатацию, эксплуатируемые и выводимые из эксплуатации исследовательские ядерные установки любого типа и любой категории потенциальной радиационной опасности.

Постановление вступило в силу с 13 октября 2018 года.

Министерство энергетики Республики Беларусь

Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 27.08.2018 № 29

[«Об утверждении и введении в действие изменений в технические кодексы установившейся практики»](#)

На основании статьи 18 Закона Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» от 05.01.2004 № 262-З и подпункта 5.9 пункта 5 Положения о Министерстве энергетики Республики Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.10.2001 № 1595, Министерство энергетики Республики Беларусь постановило утвердить и ввести в действие с 1 октября 2018 года:

- Изменение № 1 ТКП 411-2012 (02230) «Правила учета тепловой энергии и теплоносителя»;
- Изменение № 1 ТКП 458-2012 (02230) «Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей»;
- Изменение № 1 ТКП 459-2012 (02230) «Правила техники безопасности при эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей».

Постановление вступило в силу 1 октября 2018 года.

Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 19.09.2018 № 32

[«О внесении дополнений и изменений в некоторые постановления Министерства энергетики Республики Беларусь»](#)

На основании п.п. 155, 197, 198, 215 и 219 Правил электрообеспечения, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 октября 2011 г. № 1394, Министерство энергетики Республики Беларусь внесло дополнения и изменения:

– в постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 29 января 2016 г. № 4 «Об установлении форм документов»;

– в Инструкцию о порядке перерасчетов (расчетов) за потребленную (потребляемую) электрическую энергию (мощность) в случаях ее самовольного (бездоговорного), безучетного потребления и при иных нарушениях в работе средств расчетного учета электрической энергии и мощности, утвержденную постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 29 января 2016 г. № 5.

Дополнения и изменения в Инструкцию предусматривают:

- расширение случаев расчета количества электроэнергии (мощности), использованной потребителем (абонентом) за период перерасчета, с учетом измеренной погрешности средств расчетного учета электроэнергии (мощности), при наличии возможности достоверно измерить величину данной погрешности;
- уточнение порядка определения расчетного количества электроэнергии (мощности), использованной потребителем (абонентом) за период перерасчета в случае выявления нарушений в работе средств расчетного учета электроэнергии (мощности) не по вине потребителя (абонента), посредством дифференциации подходов для юридических и физических лиц, в том числе индивидуальных предпринимателей, садоводческих товариществ, гаражных, дачных кооперативов, то-

вариществ собственников, организаций застройщиков, уполномоченных лиц по управлению общим имуществом, а также организаций (индивидуальных предпринимателей), в собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении которых находятся жилые дома (жилые помещения), в части потребления электроэнергии в данных жилых домах (жилых помещениях);

– установление порядка платы за потребляемую электроэнергию (мощность) для абонентов (юридических лиц и индивидуальных предпринимателей) в случае если устранить безучетное потребление электроэнергии (мощности) невозможно в течение одного расчетного периода по объективным причинам, к примеру, при отсутствии трансформаторов тока, счетчиков электроэнергии (мощности);

– установление дифференцированного подхода к определению расчетной величины электропотребления, используемой при определении суточного потребления электроэнергии (мощности) по выявленным фактам ее самовольного (бездоговорного), безучетного потребления;

– уточнение порядка определения персоналом энергоснабжающей организации величины допустимого длительного тока фазных проводов (жил кабеля), используемой при определении суточного потребления электроэнергии (мощности) по выявленным фактам ее самовольного (бездоговорного), безучетного потребления;

– уменьшение в отношении физических лиц величины коэффициента использования электрической мощности (с уровня 0,5 до уровня 0,3) для случаев самовольного (бездоговорного) потребления электроэнергии, которая используется при определении величины суточного потребления электроэнергии.

Постановление вступает в силу с 6 ноября 2018 года.

Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь

Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 23.08.2018 № 66

«Об изменении некоторых постановлений Министерства труда Республики Беларусь»

Изложен в новой редакции раздел «Должности служащих, занятых в атомной энергетике» выпуска 3 Единого квалификационного справочника должностей служащих «Должности служащих, занятых в электроэнергетике», утвержденное постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 01.10.1999 № 127.

Профессия «оператор автоматизированной системы радиационного контроля», тарифицируемая разрядом 6, включена в раздел «Эксплуатация и ремонт оборудования атомных электростанций» выпуска 9 Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих, утвержденное постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28.09.2000 № 126.

Признано утратившим силу постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 02.07.2014 № 56 «О внесении изменений в выпуск 3 Единого квалификационного справочника должностей служащих».

Постановление вступило в силу с 13 октября 2018 года.

Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь

Постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 6.08.2018 № 41

«О внесении изменения в общегосударственный классификатор Республики Беларусь»

С 1 января 2019 года вводится в действие изменение № 6 в ОКРБ 010-95 «Унифицированные документы».

В частности, в таблице 1 «Унифицированные системы документации, их подсистемы и соответствующие им коды» наименование подсистемы «Документация по энергетической статистике» изменено на «Документация по статистике топливно-энергетического комплекса». Также изменены коды подсистемы УСД.

Постановление вступило в силу с 15 сентября 2018 года.

Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь

Постановление Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 3.09.2018 № 22

«О внесении изменений в постановление Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 24 июля 2013 г. № 10»

Внесены изменения в Инструкцию о порядке рассмотрения вопросов, связанных с коммерциализацией результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств, утвержденную постановлением Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 24.07.2013 № 10.

Инструкция определяет следующий порядок рассмотрения государственными заказчиками вопросов:

– определения обладателя (обладателей) имущественных прав на результаты научной и научно-технической деятельности, созданные полностью или частично за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов, в том числе государственных целевых бюджетных фондов, а также государственных внебюджетных фондов (далее – результаты НТД), по договору на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ или заданию для бюджетной организации, получателя средств инновационных фондов;

– передачи имущественных прав на результаты НТД и предоставления права на их использование другим лицам;

– согласования передачи имущественных прав на результаты НТД нерезидентам Республики Беларусь;

– определения сроков и способов обязательной коммерциализации результатов НТД.

Постановление вступило в силу с 27 сентября 2018 года.

Совместные постановления республиканских органов государственного управления

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь, Министерства энергетики Республики Беларусь от 24 сентября 2018 г. № 74/33

«О внесении дополнений в постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 27 февраля 2017 г. № 15/6»

В Инструкции по определению групп потребителей электрической и тепловой энергии, по которым могут дифференцироваться тарифы на электрическую и тепловую энергию, утвержденной постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 27.02.2017 № 15/6, предусмотрена еще одна тарифная группа «Организации в части использования тепловой энергии для нужд детских домов семейного типа».

Постановление вступило в силу с 1 октября 2018 года.