



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.315

ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

¹Сташкевич А.С., Шинкарев В.В., Карагодин Н.В.,
ФГБОУ ВО «ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Оренбург, Россия
(460018, город Оренбург, пр-кт Победы, д.13), e-mail: ¹maildlyvsegoo56@mail.ru

Одним из актуальных вопросов в области современной энергетики является тема энергосберегающих и энергоэффективных технологий, которые применяются в сетях высокого напряжения на сегодняшний день. Необходимость в применении энергоэффективных решений в высоковольтных сетях обусловлена значительными потерями при передаче электроэнергии на дальние расстояния, большими затратами на собственные нужды подстанции и другими факторами. Снижение потерь в высоковольтных сетях, а также модернизация и замена старого оборудования на новое – ключевые задачи электросетевых кампаний, деятельность которых связана с передачей энергии на расстояния, а также с обслуживанием имеющегося оборудования. Данная статья посвящена теме инновационных решений в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в высоковольтных сетях, таких как: энергоэффективная подстанция, цифровые и интеллектуальные подстанции (smart grid), включая цифровой учёт электроэнергии. Цель работы: собрать информацию по инновационным решениям в области энергосбережения и энергетической эффективности на примере разных энергетических компаний и холдингов в российской энергетической отрасли. В статье описаны современные методики по энергосбережению, приведены актуальные пути развития и внедрения инноваций по энергосбережению и энергоэффективности на примере российских компаний.

Ключевые слова: энергетика, инновации, оптимизация, энергосбережение, энергоэффективность, повышение энергоэффективности, снижение потерь при передаче электроэнергии, энергоэффективная подстанция, smart grid.

INNOVATIONS IN THE FIELD OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT IN HIGH-VOLTAGE NETWORKS

¹Stashkevich A.S., Shinkarev V.V., Karagodin N.V.,
ORENBURG STATE UNIVERSITY, Orenburg, Russia (460018, Orenburg, Pobedy Ave., 13),
email: ¹maildlyvsegoo56@mail.ru

One of the topical issues in the field of modern energy is the topic of energy-saving and energy-efficient technologies that are used in high-voltage networks today. The need to use energy-efficient solutions in high-voltage networks is due to significant losses in the transmission of electricity over long distances, high costs for the substation's own needs and other factors. Reduction of losses in high-voltage networks, as well as modernization and replacement of old equipment with new ones are the key tasks of electric grid campaigns, whose activities are related to the transmission of energy to power stations, as well as to the maintenance of existing equipment. This article is devoted to the topic of innovative solutions in the field of energy saving and energy efficiency improvement in

high-voltage net-works, such as: energy-efficient substation, digital and intelligent substations (smart grid), including digital accounting of electricity. The purpose of the work: to collect information on innovative solutions in the field of energy saving and energy efficiency on the example of various energy companies and holdings in the Russian energy industry. The article describes modern methods of energy saving, provides current ways of development and implementation of innovations in energy saving and energy efficiency on the example of Russian companies.

Keywords: energy, innovation, optimization, energy saving, energy efficiency, energy efficiency improvement, reduction of losses during electricity transmission, energy efficient substation, smart grid.

В настоящий момент вопрос об энергосбережении и энергетической эффективности является одним из ключевых для компаний, чья деятельность связана с энергетикой. Систематический рост цен и тарифов на энергоресурсы приводит к тому, что дорожает процесс производства и обслуживание имеющегося оборудования на любом предприятии.

В 2021 году Президент РФ, выступая на форуме «Российская энергетическая неделя», сказал: «Россия имеет огромный потенциал в сфере повышения энергоэффективности — примерно 1/3 от настоящего объема потребления энергии». В связи с этим Правительство РФ обновило государственную программу «Энергосбережение и повышение энергоэффективности». Согласно поручению Президента РФ, необходимо усилить работу по всем секторам национальной экономики, включая промышленность, сельское хозяйство, транспорт, ЖКХ. Указанное должно позволить снизить энергоёмкость ВВП, а значит и оказать влияние на снижение негативного воздействия на окружающую среду.[1]

9 сентября 2023 года Правительство РФ опубликовало постановление №1473 об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности». В данном документе присутствует информация о текущей ситуации в сфере электроснабжения, которая характеризуется значительным физическим износом оборудования, высокими показателями удельных расходов топлива и потерь в сетях, а в сфере теплоснабжения - высоким физическим износом тепловых сетей, высокими показателями удельных расходов сетевой воды и удельных расходов топлива котельными. [2] Потери в электрических сетях за 2021 год составляют 24,44 млрд. кВт*ч (4,26%), а в 2022 году составили 24,70 млрд. кВт*ч (4,34%). Изменение в потерях электрической энергии составило 1,08% (на основе отчёта эмиссионных ценных бумаг ПАО «Россети» за 2022 год).

Основываясь на данных показателях потерь и нормативных документах, становится ясным, что энергетические компании должны стремиться к энергосбережению, а также к повышению энергетической эффективности. Так, в сфере электроэнергетики и теплоэнергетики необходимы стимулирование развития когенерации, альтернативных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), снижение удельных показателей потребления топлива и перевод генерирующих мощностей, в том числе котельных, на экономичные виды топлива, внедрение мер по снижению потерь электрической энергии и тепла, повышению эффективности использования топлива.

Причины потери электроэнергии в системах электроснабжения

Принципиальная схема электроснабжения состоит из следующих элементов: электростанция, потребители электроэнергии, электрические сети и системы. Потери энергии начинаются с генерации электроэнергии на электрической станции, с процесса преобразования внутренней энергии сжигаемого топлива в электрическую энергию в

генераторе. КПД процесса низкий из-за малоэффективной работы двигателя. В конденсационных электростанциях коэффициент полезного действия составляет около 30 %, а в теплоэлектростанциях достигает до 80 %. При передаче сгенерированной электроэнергии по линиям электропередачи, потери на нагрев проводов достигают до 20%, что является одним из негативных факторов при транспортировке электроэнергии до потребителей. [3]

Снижение потерь в системе электроснабжения может достигаться за счет:

1. Компенсации реактивной мощности посредством установки компенсирующих устройств.
2. Регулирования графиков нагрузки в системе.
3. Использования сверхпроводящих кабелей, а также снижения потерь электроэнергии в реакторах, ЛЭП и шинпроводах.
4. Снижения потерь при трансформации электроэнергии. Правильный выбор количества и мощности трансформаторов, а также подбор рационального режима работы. Использование автотрансформаторов и компенсирующих устройств способствует снижению электрических потерь.
5. Использования для компенсации реактивной энергии аккумуляторов статических конденсаторов, напряжение которых составляет 6-8 кВ.
6. Использование синхронных электродвигателей, которые работают в режиме перевозбуждения.[4]
7. Совершенствования технологического процесса в системе электроснабжения.

Отдельной категорией по энергосбережению можно выделить осветительные установки в системах электроснабжения. Энергоэффективность осветительных установок повышается с помощью:

- использования новых источников света с более высоким КПД;
- максимальное использование естественного освещения, экономия на искусственном освещении;
- автоматическое отключение или снижение мощности источников основного освещения при его неиспользовании, использование дежурного освещения в ночные часы.

Данные меры по снижению потерь являются общепринятыми и многими энергетическими компаниями используются уже на протяжении многих лет. Однако эта статья направлена на инновационные решения вопроса энергосбережения и эффективности электрических сетей при передаче электроэнергии.[5]

Цель работы: собрать информацию по инновационным решениям в области энергосбережения и энергетической эффективности на примере разных компаний и холдингов в российской энергетической отрасли.

Инновации в сфере энергосбережения и повышение энергетической эффективности на примере электросетевой компании

Одной из целей электроэнергетических компаний в области энергосбережения является снижение негативного воздействия на окружающую среду в результате сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов при осуществлении основных технологических процессов. Для этого планируется применять энергоэффективные и инновационные технологии и

оборудование, а также постоянно улучшать систему управления энергосбережением и повышением энергоэффективности в компаниях электросетевого комплекса. [6]

Стремление электросетевых организаций основан на переходе к модернизированной электрической сети с улучшенными характеристиками надежности, эффективности, доступности, управляемости и клиентоориентированности.

В ближайшие годы запланированы следующие мероприятия по направлениям энергоэффективного и инновационного развития:[7]

1. Автоматизация подстанций среднего и высокого класса напряжения 35-110 (220) кВ;
2. Внедрение интеллектуальных устройств релейной защиты на подстанции высокого напряжения;
3. Внедрение активно-адаптивных сетей с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления;
4. Применение умных приборов учёта в распределительных электрических сетях с единой системой сбора и учёта данных, а также применение систем управления;
5. Реализация интеллектуальных распределительных сетей (Smart Grid);

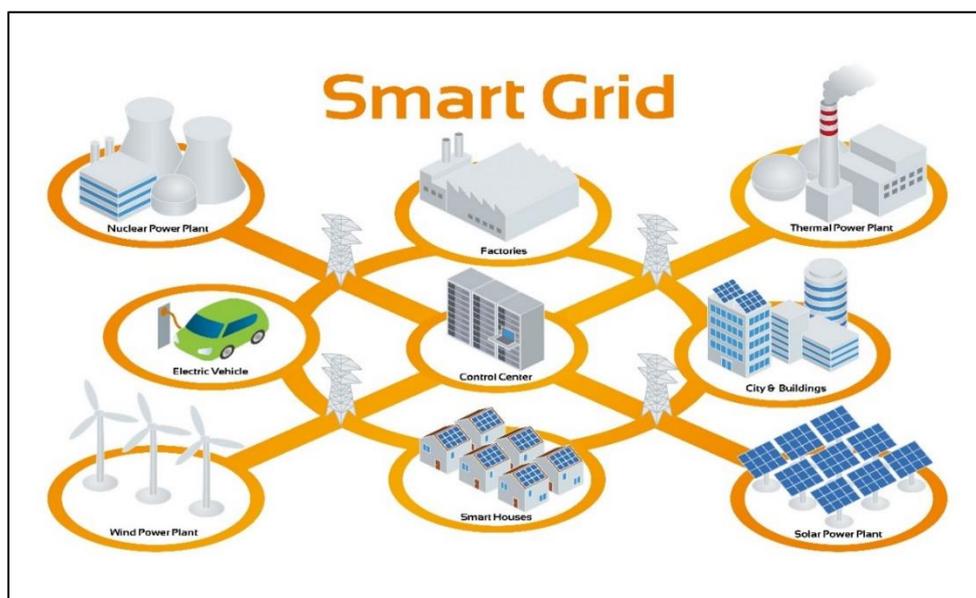


Рисунок 1 – Структурная схема Smart Grid

6. Модернизация системы сбора и передачи информации о технологических режимах работы линий электропередачи, оборудования и устройств на подстанциях на базе современных микропроцессорных систем;
7. Создание активно-адаптивной сети на базе интеллектуального в городских сетях, областных и отдельных энерго-районов;[8]
8. Применение реклоузеров на ВЛ 6-10 кВ с возможностью управления с помощью телемеханики и интеграции в SCADA-систему;
9. Установка устройств определения места повреждения ЛЭП на ВЛ 35-220 кВ при помощи волнового метода;

10. Установка автоматизированных систем мониторинга за состоянием энергетической сети;
11. Внедрение автоматизированной платформы оперативно-технологического управления SCADA/DMS/OMS на базе городских электросетей;

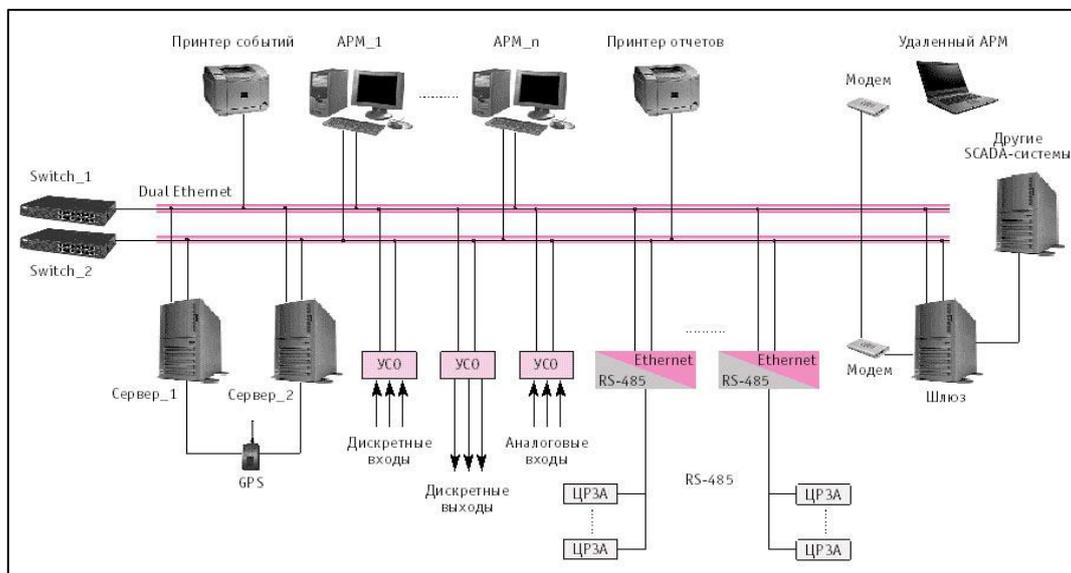


Рисунок 2 – Структурная схема SCADA-системы

12. Внедрение геоинформационных технологий (GIS);
13. Модернизация автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования (АС ТОиР);
14. Создание виртуального тренажера для управления мобильными оперативными бригадами («Цифровой электромонтер»);[9]
15. Автоматизация процессов обработки данных об аварийных ситуациях, отключениях и коротких замыканиях на базе специального программного комплекса;
16. Применение новых технологий и материалов в электроэнергетике;
17. Применение опор из композитных материалов для монтажа СКЛ (сервисных (временных) кабельных линий электроснабжения) 6-10 кВ.;
18. Применение передвижных электроустановок обратной трансформации (ПЭОТ) 0,4/10(6) кВ для временного электроснабжения потребителей при авариях;
19. Применение провода СИП-3 АНВП (алюминиевый нетермообработанный высокопрочный) на объектах ВЛ-6кВ.
20. Строительство энергоэффективных подстанций

Энергоэффективная подстанция

В федеральной сетевой компании, которая управляет магистральными сетями высокого, сверхвысокого и ультравысокого классов напряжения, реализуется национальный проект «Энергоэффективная подстанция». Идея данного проекта заключается в следующем: так как расход электроэнергии на собственные нужды подстанции (СН ПС) магистральных сетей 220-750 кВ составляет около 900 млн. кВт*ч в год, то возникает проблема снижения потерь на электроэнергию на собственные нужды подстанции.

Анализ показал, что 80% электроэнергии на собственные нужды подстанции распределяется по 3 категориям:

1. 33% - охлаждение трансформаторов и реакторов;
2. 26% - обогрев, кондиционирование и освещение диспетчерского пункта;
3. 21% - обогрев оборудования открытого распределительного устройства (ОРУ) ПС.

Для уменьшения расхода электроэнергии на СН ПС разработаны в качестве пилотных проектов следующие технологии [7]:[10]

Первым пилотным проектом по снижению расхода электроэнергии на СН ПС стала система утилизации тепла на ПС 500 кВ «Нижегородская», которая использует потери электроэнергии в трансформаторе, выделяемые в виде тепла, для отопления общеподстанционного пункта управления (ОПУ). Передача тепла от трансформатора к зданию производится при помощи теплообменников и контура с теплоносителем. Инновационным инженерным решением в проекте является применение теплового насоса для передачи тепла от антифриза к воде в системе отопления ОПУ ПС.



Рисунок 3 – Пример визуализации всех инженерных систем энергоэффективного здания ОПУ

На ПС 500 кВ «Нижегородская» внедрено наибольшее количество технических решений:

- утилизация тепла;
- частотно-регулируемые приводы (ЧРП);
- обогрев ОРУ;
- система мониторинга СН ПС;
- система отключения слабозагруженных ТСН;
- ТСН с сердечником из аморфной стали.

Предлагаемые технические решения позволят сократить до 30 % на расходы на СН ПС с 1720 тыс. кВт·ч в 2012 г. до 1160 тыс. кВт·ч в 2020 г. (без учета введенных в 2021 г.: отключение слабозагруженных ТСН и ТСН с сердечником из аморфной стали).

Проект по модернизации ПС 750 кВ «Владимирская» стал вторым в рамках повышения энергоэффективности. В рамках данного проекта применены:

- система частотного регулирования вентиляторов и маслонасосов на автотрансформаторе АТ-7;
- система жидкостного охлаждения трансформаторов с сухим охладителем и системой утилизации тепла на автотрансформаторе АТ-6.

В основе технологии лежит применение частотно-регулируемого привода с разработанным алгоритмом управления всеми электродвигателями вентиляторов и маслонасосов системы охлаждения, что, с одной стороны, обеспечивает весь перечень технологических и электрических защит, а с другой — значительно сокращает энергопотребление системы охлаждения трансформаторов.[11]

Уникальность разработки заключается в алгоритмах, которые собирают данные о температуре наиболее нагретой точки силовой обмотки и обеспечивают поддержание температуры наиболее нагретой точки силовой обмотки автотрансформатора в допустимом диапазоне со снижением частоты вращения двигателей. Электроэнергия, потребляемая при снижении частоты, пропорциональна третьей степени отношения частот. Таким образом, снижение частоты вращения в два раза приводит к снижению электропотребления в 8 раз.

Технологический эффект от применения частотного регулирования на ПС 750 кВ «Владимирская» достигает 75% от потребления системой охлаждения до реализации проекта, или 1333 тыс. кВт·ч/год. Частотный привод в 2–3 раза эффективнее, чем современные системы мониторинга и управления охлаждением, основанные на ступенчатом включении вентиляторов охлаждения в зависимости от загрузки трансформатора и температуры масла.



Рисунок 4 – Вид сверху на модернизированную ПС 750 кВ «Владимирская»

Высокотемпературная сверхпроводящая кабельная линия постоянного тока в Санкт-Петербурге

Высоковольтные линии высокого напряжения на постоянном токе характеризуются лучшей эффективностью при передаче электроэнергии на большие расстояния. Преимуществом такой системы является:

- Передача энергии большей мощности и без потерь на реактивную мощность;
- Меньшее число изоляторов на опорах ЛЭП при передаче электроэнергии по ВЛ;
- Снижение потерь на коронный разряд;
- Большая пропускная способность, за счёт меньшего влияния индуктивности проводов;
- Возможность связать две энергосистемы с разными значениями частоты сети.

Одним из проектов по внедрению линий на постоянном токе является высокотемпературная сверхпроводящая кабельная линия (ВТСП КЛ) постоянного тока между двумя подстанциями различного класса напряжения, расположенными в Санкт-Петербурге, это: ПС 330 кВ «Центральная» и ПС 110 кВ «РП-9»

ВТСП КЛ передает значительную мощность при минимальном сечении, обладает большей пропускной способностью. При прохождении тока не выделяется тепловая энергия, магнитное поле локализовано внутри кабеля, практически отсутствуют потери электроэнергии на реактивную мощность.

Увеличение числа воздушных и кабельных линий постоянного тока при передаче на большие расстояния будет способствовать росту энергетической эффективности.



Рисунок 5 – Высокотемпературный сверхпроводящий кабель постоянного тока

В настоящее время в области энергоэффективности реализуются работы в 3-ех направлениях:

1. Модернизация и реновация инфраструктуры;

2. Замена старых кабельных линий на сверхпроводящие, а также замена неизолированных проводов на самонесущие изолированные провода (СИП) с лучшими показателями надежности и эффективности;
3. Внедрение системы «Энергоэффективная подстанция»;
4. Внедрение интеллектуальных системы: smart grid, scada-система, цифровой учёт электроэнергии.

Ключевой задачей электроэнергетических компаний является создание и внедрение автоматизированных систем мониторинга и контроля за состоянием электрической сети. Их цель – принятие решений и технологических операций без вовлечения оперативного персонала. Данные системы по автоматизации технологических процессов нацелены на повышение надежности передачи электроэнергии, а также направлены на снижение затрат на эксплуатацию и снижение потерь в сети.

Инновации в сфере энергосбережения и повышение энергетической эффективности на примере газопромысловой компании

Многие газодобывающие и газоперерабатывающие российские компании также принимают участие в области энергетической эффективности и энергосбережения [8].

Целью политики газопромысловых компаний является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергосбережения, в том числе:

- повышение энергетической эффективности на основе эффективного управления технологическими процессами и применения инновационных технологий и оборудования;
- рациональное использование энергетических ресурсов при производственных процессах, нормирование уровня удельных затрат;
- снижение отрицательного воздействия на биосферу;
- постоянное улучшение системы управления энергетической эффективностью и энергосбережением, обеспечение соответствия требованиям ISO 50001.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в газопромышленной отрасли

Суммарная величина экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) за 2023 год составила 17 976,9 млн руб., а именно:

- природного газа — 4 008,97 млн м³ (15 809 млн руб.);
- электроэнергии — 377,81 млн кВт•ч (1 570,3 млн руб.);
- тепловой энергии — 185,75 тыс. Гкал (179,84 млн руб.);
- моторного топлива и горюче-смазочных материалов (ГСМ) — 16,96 тыс. т у. т. (417,49 млн руб.).

Перспективные проекты по энергоэффективности в газопромышленной отрасли

На северных территориях нашей страны, где отсутствует постоянное электро- и теплоснабжение и могут наблюдаться перебои с наличием электроэнергии и тепловой энергии, необходимы дополнительные резервные источники. К примеру, предлагается использовать тепло отходящих газов с компрессорных установок.

Также рассматривается использование турбодетандеров на газораспределительных станциях. При проведении ремонтно-восстановительных работ планируется применение мобильных компрессорных станций для сохранения нужного объема газа в системе.



Рисунок 6 – Мобильная компрессорная станция

Вопрос с электроснабжением в северных регионах решается за счёт установки автономных энергоустановок. Это могут быть как дизельные, так и бензиновые генераторы, однако последнее время всё чаще многие нефтегазовые компании внедряют возобновляемые источники энергии (ВИЭ) на удалённых или изолированных территориях, где наблюдается отсутствие постоянной электрической сети

К примеру, в Газпроме в 2021 г. без учета гидроагрегатов использовалось 2732 энергоустановки на базе ВЭР и ВИЭ, таких как турбодетандеры, термоэлектрогенераторы, солнечные фотоэлементы, ветрогенераторы. Общий объем электроэнергии, выработанной на этих энергоустановках, составил 5 649,8 тыс. кВт·ч.



Рисунок 7 – Использование солнечных батарей на площадке Ямсовейского месторождения

Альтернативное моторное топливо

Ведутся активные исследования и разработки в области альтернативного моторного топлива, которое позволит повысить ресурс двигателей специализированной техники, а также повысить энергоэффективность топлива (большое значение получаемой энергии при меньшем расходе топлива). Природный газ является наиболее универсальным и доступным топливом, способным заменить нефтепродукты. Он имеет экологические и экономические преимущества перед традиционными моторными топливами.

Всего на территории России расположено более 584 газозаправочных объектов, из них в управлении ООО «Газпром газомоторное топливо» находится около 300 объектов газозаправочной инфраструктуры. Количество стационарных газозаправочных объектов компаний с учетом введенных в эксплуатацию в 2022 г. составляет 386 единиц.

В 2022 год объем реализации КПП с АГНКС в России составил 947,8 млн куб м.

Многие электросетевые и газовые корпорации продолжают перевод собственной техники на природный газ. За счет использования метана снижены выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 38,8 тыс. т. (в 2022 г. — 34,6 тыс. т). Экономия от замещения нефтяных видов моторного топлива природным газом составила в отчетном году 2,6 млрд руб. (с НДС).

Выводы

Таким образом, развитие новых и энергоэффективных технологий позволит энергетическим компаниям перейти на более технологичное оборудование, которое позволит сократить потери при передаче электроэнергии на дальние расстояния, сократить потери при трансформации электроэнергии. Повсеместное внедрение энергоэффективных подстанций снизит затраты на собственные нужды подстанции (обдув и охлаждение трансформаторов и реакторов, отопление зданий ПС, освещение, обогрев оборудования). С помощью подмагничивания силовых трансформаторов при работе тиристорного регулятора возможно добиться компенсации реактивной мощности в высоковольтных сетях. Применение высоковольтных сверхпроводимых кабельных линий на постоянном токе позволит сократить потери реактивной мощности при её передаче на большие расстояния. Развитие и внедрение умных и цифровых подстанций позволит автоматизировать процессы восстановления системы энергоснабжения при незначительных авариях, а также получить постоянный мониторинг состояния энергосистемы и оборудования, участвующего в генерации и передаче электроэнергии. Применение системы smart grid позволит повысить стабильность в работе электрических сетей, а также увеличить эффективность распределения и потребления энергоресурсов.

Постепенное развитие и альтернативной энергетики положительно сказывается на состоянии энергосистемы страны. Внедрение возобновляемых источников энергии позволяет потребителям сократить зависимость от централизованных систем энергоснабжения. В этих условиях энергоэффективность становится еще одним фактором, влияющим на конкурентоспособность отрасли в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Шорохова, В. О. Пути повышения эффективности и оптимизации использования электрической энергии на примере ПАО «Россети» / В. О. Шорохова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 42 (437). — С. 13-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/437/95296/> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Постановление Правительства РФ №1473 от 9 сентября 2023 года [Электронный ресурс]: <http://static.government.ru/media/files/xQ1UWgkZNLRI09zNT6PTlnfK0EsXfxVS.pdf> ;
3. Отчёт эмитента эмиссионных ценных бумаг ПАО «Россети» за 2022 год [Электронный ресурс]: https://rosseti.ru/upload/iblock/40d/yjqajyocyje35smiveb1s6jkw2zengp4/Отчет_эмитента_ФСК_Россети%2012М_2022%20-%20раскрытие.pdf?ysclid=lnym7upw8a694659043;
4. Политика ПАО «Россети» в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности // Приказ № 483 от 28 января 2022 года.
5. Официальный сайт ПАО «Россети». Интернет-источник. [URL] ПАО «Россети» (rosseti.ru).
6. Национальный проект «Энергоэффективная подстанция». Интернет-источник. [URL] <https://www.ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>.
7. АО «НТЦ ФСК ЕЭС» [Электронный ресурс]: <https://ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>;
8. Энергосбережение и энергоэффективность в ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]: <https://www.gazprom.ru/sustainability/environmental-protection/energy-conservation/>.
9. Гетте, А. И. Энергоэффективность в электрических сетях / А. И. Гетте. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 22 (312). — С. 100-102. — URL: <https://moluch.ru/archive/312/70755/> (дата обращения: 17.11.2023).
10. Врублевских А.А., Горемыкин Е.В. Технология smart grid и цифровая подстанция // STUDNET. - 2020. -Т. 3, №12. -С. 1276-1284.
11. Крысанов В.Н. Вопросы энергосбережения в высоковольтных электрических сетях // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. - 2020. №12. -С. 13-16.

References

1. Shorokhova, V. O. Ways to increase efficiency and optimize the use of electric energy on the example of PJSC ROSSETI / V. O. Shorokhova. — Text : direct // Young scientist. — 2022. — № 42 (437). — P. 13-15. — URL: <https://moluch.ru/archive/437/95296/> (accessed: 10/20/2023).
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1473 of September 9, 2023 [Electronic resource]: <http://static.government.ru/media/files/xQ1UWgkZNLRI09zNT6PTlnfK0EsXfxVS.pdf> ;
3. Report of the issuer of equity securities of PJSC ROSSETI for 2022 [Electronic resource]: https://rosseti.ru/upload/iblock/40d/yjqajyocyje35smiveb1s6jkw2zengp4/Отчет_эмитента_ФСК_Россети%2012М_2022%20-%20disclosure.pdf?ysclid=lnym7upw8a694659043;
4. The policy of PJSC ROSSETI in the field of energy saving and energy efficiency improvement // Order No. 483 of January 28, 2022.

5. The official website of PJSC ROSSETI. Internet source. [URL] PJSC ROSSETI (rosseti.ru).
 6. National project "Energy Efficient substation". Internet source. [URL] <https://www.ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>.
 7. JSC "STC FGC UES" [Electronic resource]: <https://ntc-power.ru/projects/natsionalnye-proekty/>;
 8. Energy saving and energy efficiency in PJSC Gazprom [Electronic resource]: <https://www.gazprom.ru/sustainability/environmental-protection/energy-conservation/>.
 9. Gette, A. I. Energy efficiency in electric networks / A. I. Gette. — Text: direct // Young scientist. — 2020. — № 22 (312). — Pp. 100-102. — URL: <https://moluch.ru/archive/312/70755/> (date of request: 17.11.2023).
 10. Vrublevskikh A.A., Goremykin E.V. Smart grid technology and digital substation // STUDNET. - 2020. - Vol. 3, No. 12. -pp. 1276-1284.
 11. Krysanov V.N. Energy saving issues in high-voltage electrical networks // Energy conservation and energy efficiency. - 2020. No. 12. - pp. 13-16.
-