

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Энергосбережение и энергоэффективность

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергетической эффективности системы электроснабжения ООО
«РН-Пурнефтегаз»

Обучающийся

А.О. Ковалевский

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

к.т.н., Д. А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Содержание

Введение	3
1 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме	10
1.1 Анализ состояния потерь электроэнергии в электрических сетях	10
1.2 Факторы, приводящие к потерям электроэнергии в электрических сетях	13
1.3 Классификация потерь электроэнергии	15
1.4 Основные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии	19
2. Разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»	28
2.1 Технические и экономические характеристики ООО «РН-Пурнефтегаз»	28
2.2 Анализ состояния потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»	37
2.3 Разработка комплекса мероприятий, направленных на минимизацию потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»	41
3. Техничко-экономическое обоснование внедрения комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»	45
3.1 Предварительная оценка комплекса мероприятий	45
3.2 Выбор новых проводников питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»	49
3.3 Техническое обоснование внедрения комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии	55
3.4 Экономическое обоснование внедрения комплекса мероприятий	61
Заключение	65
Список используемых источников	70

Введение

Известно, что потери электроэнергии являются важнейшим показателем энергоэффективности на современных предприятиях промышленного и энергетического комплекса [1], [2].

Потери электроэнергии необходимо учитывать не только на стадии проектирования, но и на этапах реконструкции и модернизации электрических сетей [3]. Поэтому их расчёт является обязательным условием для проектов всех данных типов.

Таким образом, потери электроэнергии являются общепризнанным индикатором систем электроснабжения. Они характеризуют эффективность использования электрической энергии в сетях предприятий, а также на питающих и распределительных подстанциях организаций и энергосистемы в целом.

Потери электроэнергии в сетях предприятий представляют существенную проблему, влияющую на эффективность работы и экономические показатели организаций.

Известно, что потери электроэнергии подразделяются на технические и коммерческие.

Технические потери обусловлены физическими процессами в оборудовании и линиях электропередачи, тогда как коммерческие потери связаны с недоучётом или неправомерным потреблением электроэнергии.

Технические потери включают резистивные потери в проводах и трансформаторах, вызванные сопротивлением материалов, а также потери, связанные с вихревыми токами и гистерезисом в магнитных сердечниках.

Важными факторами, влияющими на величину этих потерь, являются качество используемых материалов и состояние оборудования.

Износ изоляции, коррозия проводов и недостаточная калибровка трансформаторов способны значительно увеличить технические потери.

Коммерческие потери связаны с несанкционированными подключениями к сетям, ошибками в учёте потребления электроэнергии и неправильными расчётами.

Данный вид потерь может возникать из-за устаревших или неисправных счётчиков, погрешностей в расчётах или преднамеренных действий со стороны потребителей.

Внедрение автоматизированных систем учёта и контроля потребления электроэнергии позволяет существенно сократить коммерческие потери.

Снижение потерь электроэнергии в сетях предприятий требует комплексного подхода.

Модернизация инфраструктуры, включая замену старых проводов и трансформаторов на более современные и эффективные аналоги, способствует уменьшению технических потерь. Внедрение автоматизированных систем управления и контроля оптимизирует работу сети и снижает потери.

Регулярное техническое обслуживание и мониторинг состояния оборудования позволяют своевременно выявлять и устранять неисправности, что также способствует сокращению потерь.

Повышение квалификации обслуживающего персонала и проведение регулярных обучающих мероприятий помогают улучшить качество работы и эффективность управления сетями.

Важным аспектом является контроль и предотвращение коммерческих потерь. Внедрение современных систем учёта и анализа данных, а также применение интеллектуальных счётчиков позволяют более точно отслеживать потребление электроэнергии и выявлять случаи несанкционированного использования.

Сотрудничество с органами правопорядка и применение санкций к нарушителям также являются эффективными мерами для снижения коммерческих потерь.

Таким образом, потери электроэнергии в сетях предприятий представляют многогранную проблему, требующую комплексного подхода для её решения. Внедрение современных технологий, модернизация инфраструктуры и повышение качества управления способствуют значительному сокращению потерь и повышению эффективности работы предприятий.

Следовательно, минимизация потерь электроэнергии является одним из важнейших энергосберегающих мероприятий не только в сетях потребителей, но и в энергоснабжающих организациях. Уменьшение показателя потерь электроэнергии до минимально допустимого уровня является приоритетной задачей стратегии современного комплекса энергосбережения страны [8].

Изучение проблем потерь электроэнергии начались ещё в середине 20 века.

Однако наибольший толчок получила советская школа в середине 80-х годов прошлого века. Тогда были заложены все фундаментальные понятия, а также определены все важнейшие направления исследования в данном вопросе.

Основной целью диссертационной работы является минимизация технических потерь электрической энергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», осуществляемая путём замены устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, обладающие меньшим сопротивлением, большей пропускной способностью, повышенной надёжностью, а также прочими улучшенными техническими характеристиками.

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз».

Предметом исследования являются потери электроэнергии в питающей и распределительной электрических сетях системы электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз».

Актуальность исследования обусловлена необходимостью минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях промышленных предприятий до нормативных значений согласно требованиям [8].

Согласно основной цели диссертационного исследования, в работе решаются следующие основные задачи:

- в первом разделе проводится анализ литературных источников по исследуемой проблеме, включающий детальную проработку следующих вопросов: основные сведения о потерях электроэнергии в сетях энергосистемы и потребителей, вопросы нормирования и классификации потерь электроэнергии, а также мероприятия по снижению потерь электроэнергии;
- во втором разделе работы, на основе аналитических данных первого раздела, осуществляется разработка мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», для чего приводятся и анализируются технические сведения о системе электроснабжения данного предприятия, проводится анализ энергопотребления основных подразделений предприятия, с последующим анализом потерь электроэнергии в данных подразделениях и в системе электроснабжения предприятия в целом, осуществляется практическая разработка комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях системы электроснабжения объекта исследования;
- третий раздел посвящён технико - экономическому обоснованию внедрения предложенного комплекса мероприятий по минимизации технических потерь электроэнергии путём замены устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, обладающие

меньшим сопротивлением, большей пропускной способностью, повышенной надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками.

В работе для решения поставленных задач применены следующие методы исследования: методы анализа, методы дедукции и индукции, методы расчета электрических цепей, теории вероятности, математической статистики, теории погрешностей, методы нечеткой логики, методы теории подобия и математического моделирования.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- показано, что комплекс практических мероприятий по замене устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, которые характеризуются меньшим сопротивлением, большей пропускной способностью, повышенной надёжностью, а также прочими улучшенными техническими характеристиками, способны существенно минимизировать потери электроэнергии в электрической сети объектов промышленности и энергетики и могут использоваться с целью энергосбережения в системе электроснабжения типичного предприятия;
- показано, что мероприятия по замене устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, имеет технический эффект в виде снижения перетоков мощности, реактивной составляющей, а также уменьшения нагрева, что приводит к снижению потерь электрической энергии на объекте;
- разработан и предложен к практическому внедрению на объекте исследования комплекс мероприятий, направленных на минимизацию потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», который можно применить на аналогичных объектах;

- установлено и подтверждено расчётным путём, что предложенные мероприятия по замене устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, эффективны экономически за счёт снижения оплаты за потери электроэнергии, повышения пропускной способности электрических сетей и коэффициента полезного использования электрической энергии.

Таким образом, работа имеет практическую ценность, так как позволяет решить важнейший практический вопрос экономии энергетических ресурсов и финансов для среднестатистического предприятия Российской Федерации.

Основываясь на полученных результатах установлено, что работа имеет практическую ценность, которая заключается в технической и экономической эффективности внедрения методов и мероприятий по снижению потерь электроэнергии в распределительных сетях и оборудовании рассматриваемой системы электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз».

В результате проведения оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, потери электроэнергии уменьшились в среднем на 134943,5 кВт·ч, что составляет 15,28 %;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации

потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно технически.

Полученные результаты говорят о технической целесообразности внедряемых мероприятий как о первом аспекте практической ценности работы.

В результате проведения оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АПВВнг-LS-6-3×50, затраты на оплату потерь электроэнергии уменьшились в среднем на 751635,3 руб.;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно экономически.

Полученные результаты говорят о экономической эффективности внедряемых мероприятий как о втором аспекте практической ценности работы.

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий в системе электроснабжения объекта исследования способствует значительному повышению энергоэффективности и обеспечивает существенную экономию финансовых ресурсов предприятия.

Работа состоит из введения, 3 глав (разделов), заключения, содержит 17 рисунков, 8 таблиц, список использованной литературы (30 источников).

Основной текст работы изложен на 73 страницах.

1 Анализ литературных источников по исследуемой проблеме

1.1 Анализ состояния потерь электроэнергии в электрических сетях

На первом этапе в работе, для решения поставленных задач, необходимо привести основные сведения и провести анализ состояния потерь электроэнергии в электрических сетях экономически развитых стран, развивающихся стран и Российской Федерации.

Известно, что потери электроэнергии являются важнейшим показателем энергоэффективности на современных предприятиях промышленного и энергетического комплекса [1], [2].

Потери электроэнергии необходимо учитывать не только на стадии проектирования, но и на этапах реконструкции и модернизации электрических сетей [3]. Поэтому их расчёт является обязательным условием для проектов всех данных типов.

Таким образом, потери электроэнергии являются общепризнанным индикатором систем электроснабжения. Они характеризуют эффективность использования электрической энергии в сетях предприятий, а также на питающих и распределительных подстанциях организаций и энергосистемы в целом.

Сравнительный анализ показывает, что в экономически развитых странах потери энергии, как правило, ниже, чем в развивающихся странах и России, что связано с высокой степенью цифровизации сетей и более строгими стандартами энергоэффективности. Автор отмечает, что в европейских странах уделяется особое внимание модернизации распределительных сетей и установке интеллектуальных счетчиков, что способствует сокращению потерь электроэнергии [6].

Уровни фактических потерь электроэнергии в некоторых зарубежных странах с развитой экономикой показаны на рисунке 1 [2].

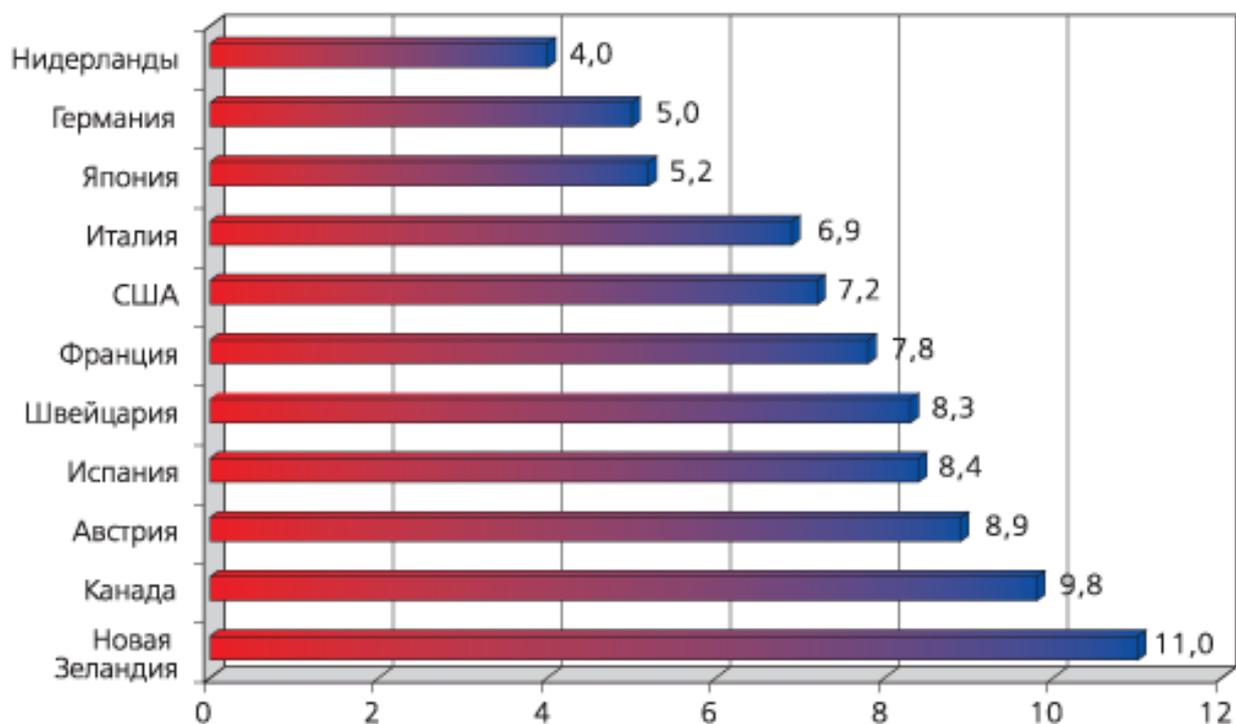


Рисунок 1 – Уровни фактических потерь электрической электроэнергии в некоторых зарубежных странах с развитой экономикой

Уровни фактических потерь электроэнергии в некоторых зарубежных странах с развивающейся экономикой показаны на рисунке 2 [2].

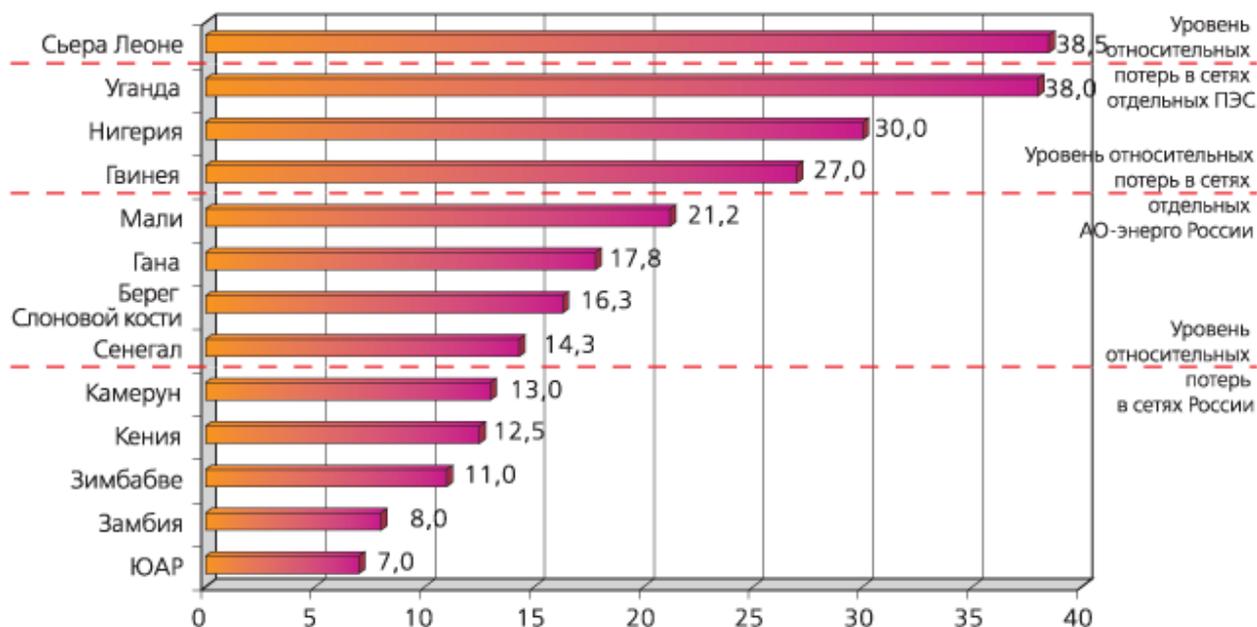


Рисунок 2 – Уровни фактических потерь электроэнергии в некоторых зарубежных странах с развивающейся экономикой

Из материалов рисунков 1 и 2 можно сделать выводы, что уровни фактических потерь электроэнергии в энергосистеме стран напрямую зависят от степени развития экономики и варьируются от наименьшего показателя в Нидерландах (4% потерь электроэнергии) до наибольшего показателя в африканской Сьера Леоне (38,5% потерь электроэнергии). Низкий уровень потерь в экономически развитых странах, таких как Нидерланды, обусловлен системным подходом к модернизации сетей, внедрению интеллектуальных технологий учета и строгих стандартов энергоэффективности. В странах с развивающейся экономикой, напротив, высокие потери связаны с недостаточной модернизацией и ограниченными инвестициями.

В Российской Федерации выявленный уровень потерь указывает на значительный потенциал для оптимизации и повышения энергоэффективности. Как отмечают отечественные специалисты, для достижения целевых значений потерь (8-9%) к 2030 году необходимы значительные инвестиции в модернизацию распределительных и питающих сетей. В первую очередь требуется обновление стареющего оборудования, внедрение автоматизированных систем управления и учета, а также повышение уровня цифровизации процессов. При этом средний уровень потерь электроэнергии по состоянию на 1 января 2023 г. составляет [8]:

- около 16% в питающих сетях 110-550 кВ;
- около 13% в распределительных сетях 6(10) – 35 кВ;
- около 12% в распределительных сетях 0,38/0,22 кВ.

Согласно [18], необходимо снизить средний уровень потерь во всех сетях до значений 8-9 % к 2030 году. Таким образом, данная задача является актуальной и требует незамедлительного решения с использованием комплексного подхода. Однако в некоторых энергосистемах Российской Федерации уровень потерь может достигать высоких значений, которые значительно превосходят рекомендуемые нормативные значения. Значения потерь электроэнергии в некоторых энергосистемах Российской Федерации представлены на рисунке 3.

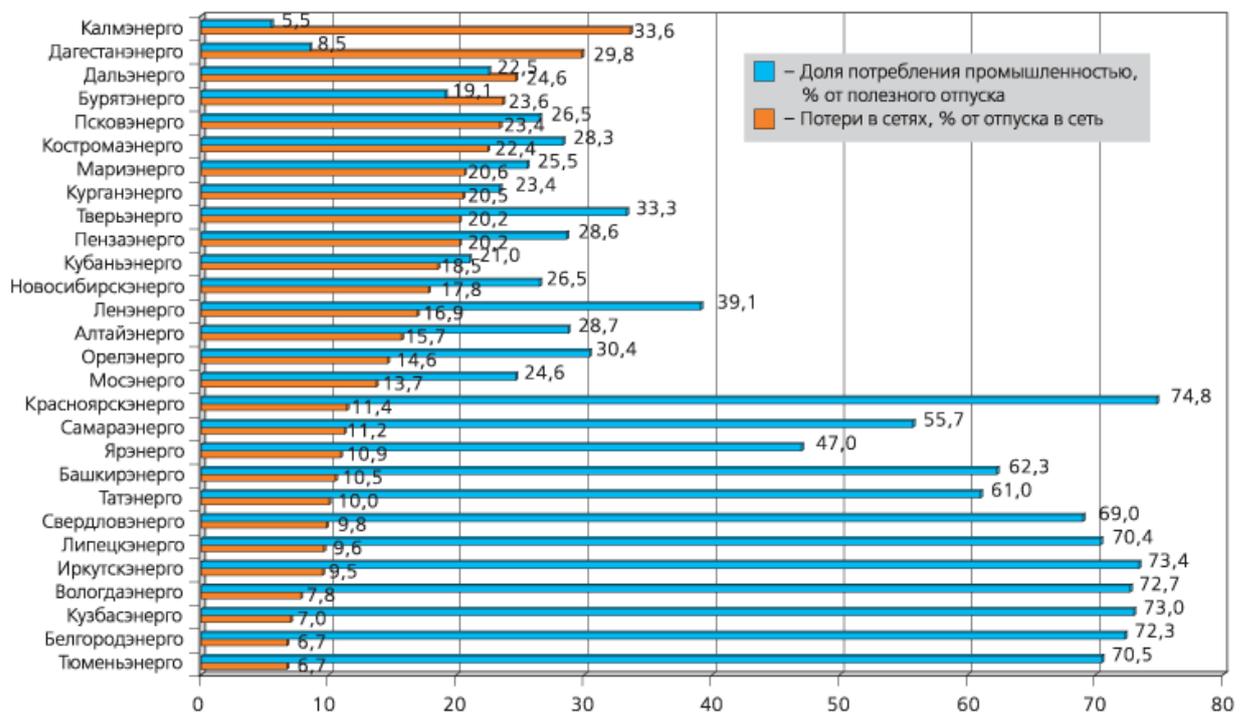


Рисунок 3 – Значения потерь электроэнергии в некоторых энергосистемах Российской Федерации

Таким образом, можно сделать вывод, что проблема потерь электроэнергии является одной из наиболее актуальных проблем в энергетических системах развивающихся стран, а также в энергосистемах отдельных регионов Российской Федерации.

На основании приведённой информации и анализа потерь электроэнергии в мировой электроэнергетике, далее в работе проводится решение поставленных задач.

1.2 Факторы, приводящие к потерям электроэнергии в электрических сетях

В работе, для решения поставленных задач, необходимо привести основные сведения и рассмотреть принятую классификацию потерь электрической энергии.

Однако перед этим также следует уделить внимание причинам возникновения потерь электрической энергии, так как они играют

решающую роль в принятии решений по минимизации потерь электроэнергии.

Известно, что к потерям электроэнергии приводят многие факторы, которые условно можно разделить на факторы, имеющие физическую природу, и факторы, обусловленные прочими аспектами [7].

После проведённого анализа литературы, можно выделить следующие основные факторы, которые приводят к потерям электроэнергии в сетях и системах электроснабжения предприятий и организаций [1], [3],[4],[6],[7],[9], [10]:

- недостаточная загрузка оборудования с индуктивной и активно-индуктивной нагрузкой. К этой группе относятся, прежде всего, мощные электродвигатели с асинхронным приводом, а также трансформаторы понижающих подстанций. В следствии их малой загрузки, возникают большие технические потери электроэнергии на холостой ход;
- недостаточная компенсация реактивной мощности. Игнорирование необходимости компенсации реактивной мощности негативно сказывается на энергетических системах, увеличивая перетоки реактивных нагрузок, что в конечном итоге приводит к увеличению потерь электрической энергии;
- перегрузка кабельных линий, которая приводит к дополнительному перегреву и увеличению потерь электрической энергии в сети;
- ошибки на стадии проектирования электроэнергетических систем;
- проблемы электромагнитной совместимости различных технологических электроустановок;
- нестационарность нагрузки, приводящая к неравномерной загрузке фаз и, как следствие, к потерям электроэнергии;
- несимметрия нагрузки, вызывающая появление высших гармоник, что приводит к потерям электроэнергии;

- недоучёт электроэнергии, значительные погрешности систем измерения;
- кражи и несанкционированный отбор электроэнергии;
- климатические потери электроэнергии: потери на «корону» и потери из-за токов утечки по изоляторам линий;
- недостаточный уровень автоматизации сети;
- топографические потери электроэнергии;
- использование устаревшего и изношенного оборудования, что приводит к дополнительному перегреву на соединениях и, как следствие, увеличению потерь электроэнергии;
- организационные аспекты, плохая информированность персонала и населения, отсутствие ответственности за нарушения режима и несанкционированный доступ к сети;
- повышенный расход на собственные нужды на понизительных подстанциях, необоснованное и не регламентируемое подключение потребителей к системе собственных нужд, нерациональное использование электроэнергии в системе СН.

Таким образом, факторы, приводящие к потерям электрической энергии в электрических сетях предприятий разнообразны, поэтому, исходя из этого, далее необходимо рассмотреть принятую классификацию потерь электроэнергии.

1.3 Классификация потерь электроэнергии

Далее в работе, на основе причин возникновения потерь электрической энергии в сетях, необходимо привести принятую классификацию потерь электрической энергии.

По природе возникновения, потери электроэнергии могут быть технологическими (обусловленные техническими процессами) и коммерческими (обусловленные влиянием человеческого фактора).

Классификация потерь электроэнергии по природе их возникновения, представлена в работе на рисунке 4.

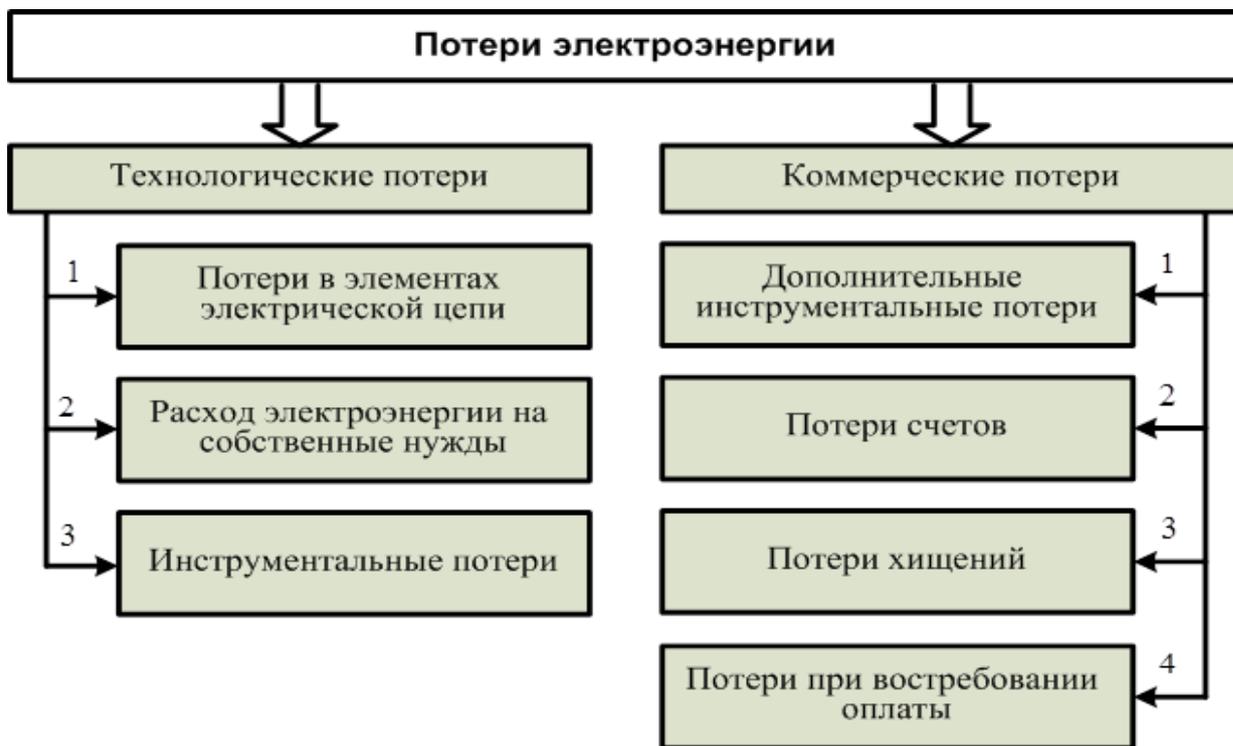


Рисунок 4 – Классификация потерь электроэнергии по природе их возникновения

Согласно принятой официальной классификации потерь электроэнергии, потери делятся на следующие основные четыре группы:

- технические потери – это потери электроэнергии, которые обусловлены физическими процессами, протекающими в электроустановках и сетях. Данная группа потерь, в свою очередь, делится на потери холостого хода, нагрузочные потери, климатические потери и другие виды потерь электроэнергии. Это – единственная группа потерь, которую нельзя свести к нулю полностью, так как они обусловлены физической природой производства и передачи электроэнергии;
- потери в системах учёта и измерения (инструментальные потери) – этот вид потерь возникает по причине значительных погрешностей систем учёта и измерения. К таким погрешностям приводят

- неправильно выбранное оборудование вторичных цепей, а также применение устаревших приборов учёта и контроля электроэнергии;
- потери на собственные нужды подстанций – этот вид потерь был отнесён в классификацию недавно, ранее он фигурировал как «расход». Данная группа потерь обусловлена энергопотреблением собственных нужд электроустановок понизительных подстанций: обогрев, освещение и прочие аналогичные установки;
 - экономические (коммерческие) потери – это потери, которые возникают вследствие краж и хищений электроэнергии, несанкционированного доступа к сетям, а также отсутствия оплаты за потреблённую электроэнергию. В последние годы приоритетом многих энергоснабжающих организаций является сведение данного вида потерь к нулю.

Официальная классификация потерь электрической энергии в электрических сетях представлена на рисунке 5.

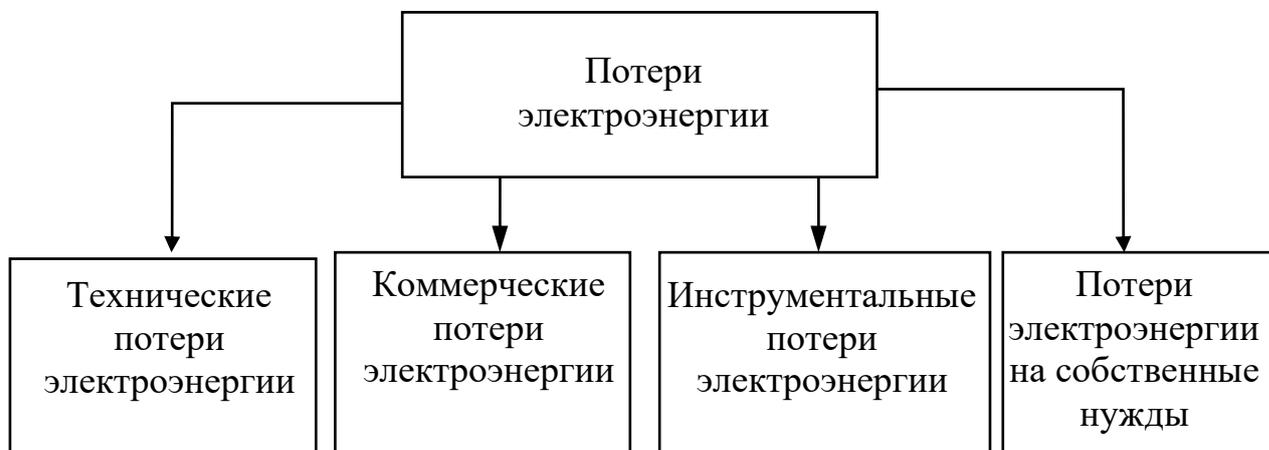


Рисунок 5 – Официальная классификация потерь электрической энергии в электрических сетях

Три первые составляющие структуры потерь, показанные на рисунке 5, а именно: технические потери, инструментальные и расход электроэнергии на собственные нужды, обусловлены технологическими потребностями

процесса передачи электроэнергии по сетям и инструментального учета ее поступления и отпуска.

Сумма этих составляющих описывается термином «технологические потери».

Четвертая составляющая – коммерческие потери, представляет собой воздействие «человеческого фактора» и включает в себя все его проявления: сознательные хищения электроэнергии некоторыми абонентами с помощью изменения показаний счетчиков, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков и т.п.

В общем виде технологические потери электроэнергии можно представить следующими структурными составляющими:

- нагрузочные потери в оборудовании подстанций. К ним относятся потери в линиях и силовых трансформаторах, а также потери в измерительных трансформаторах тока, высокочастотных заградителях (ВЧ - заградитель) серии ВЗ связи и токоограничивающих реакторах. Все эти элементы включаются в «рассечку» линии, т.е. последовательно, поэтому потери в них зависят от протекающей через них мощности;
- потери холостого хода, включающие потери в электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах (КУ), трансформаторах напряжения, счетчиках и устройствах присоединения ВЧ-связи, а также потери в изоляции кабельных линий;
- климатические потери, включающие в себя два вида потерь: потери на корону и потери из-за токов утечки по изоляторам воздушных линий (ВЛ) и подстанций. Оба вида зависят от погодных условий.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса и анализа текущего состояния проблематики потерь электроэнергии в электроустановках, связанные с природой их возникновения, а также классификации потерь электроэнергии, сделаны следующие выводы:

- установлено, что природа возникновения потерь электроэнергии весьма разнообразна. В основе данного процесса лежат как технические, так и прочие факторы (организационные, экономические);
- рассмотрена классификация потерь электроэнергии по природе их возникновения. Установлено, что по данному критерию потери электроэнергии могут быть технологическими (обусловленные техническими процессами) и коммерческими (обусловленные влиянием человеческого фактора);
- установлено, что в принятой официальной классификации потерь электроэнергии выделяют четыре основные составляющие, а именно: технические, инструментальные, коммерческие потери, а также потери в системе собственных нужд подстанций.

Далее на основе приведённой информации, проводится описание методик и мероприятий по минимизации потерь электрической энергии в электрических сетях предприятий.

1.4 Основные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии

Известно, что минимизация потерь электроэнергии является одним из важнейших энергосберегающих мероприятий не только в сетях потребителя, но и в энергоснабжающих организациях.

Таким образом, уменьшение показателя потерь электроэнергии до минимально допустимого уровня является приоритетной задачей стратегии современного комплекса энергосбережения страны [8].

Следовательно, потери электроэнергии – это один из основных технико-экономических показателей эффективности работы любой системы электроснабжения и энергосистемы в целом.

При этом приоритетом любой энергосистемы будет работа по их планомерному снижению.

В процессе разработки мероприятий по снижению потерь электроэнергии возникают три группы проблем:

- определение норматива технологического расхода электроэнергии;
- количественное определение потерь по хозрасчетным подразделениям;
- планирование технического расхода электрической энергии для подразделений с сильно разветвлёнными распределительными электрическими сетями.

Стоимость за электрическую энергию в России постоянно растет.

При этом процесс формирования цены на электроэнергию для предприятий и организаций очень сложен и подвержен постоянным изменениям.

Начиная с 1 января 2012 г. вместо стандартной для потребителя цены на электроэнергию введено понятие шести ценовых категорий.

Более того, потребитель должен произвести выбор варианта тарифа на услуги по передаче электроэнергии, одноставочного или двухставочного.

В некоторых ценовых категориях перед употреблением появляется обязанность планировать свое почасовое потребление электроэнергии, и, если фактический объем отклоняется от запланированного объема, необходимо оплатить стоимость этих отклонений.

Для крупных потребителей предусмотрена необходимость оплаты влияния нагрузки потребителя на соотношение активной и реактивной мощности в присоединении.

Кроме того, в отношении потребителей с максимальной мощностью свыше 670 кВт может быть введена система дополнительной оплаты за величину резервируемой мощности.

В соответствии с этой системой все потребители должны будут по установленным тарифам производить оплату разницы между фактической

мощностью и максимальной мощностью, которая была выделена ему сетевой компанией.

Таким образом, конечная стоимость электроэнергии для предприятия стала зависеть от множества факторов, которые влияют на формирование конечной стоимости электрической энергии.

Одной из составляющих являются потери электрической энергии в сетях при передаче, доставке потребителю.

При проведении комплексов экономико-организационно-технических мероприятий произойдет значительное снижение стоимости электрической энергии.

По этой причине важно рассмотреть мероприятия, применение которых будет способствовать реальному процессу минимизации потерь электрической энергии.

«В современной электроэнергетике мероприятия по уменьшению потерь электроэнергии являются конечной целью задачи минимизации потерь электроэнергии в электрической сети как потребителей, так и энергосистемы» [7].

«Проблематика организации мероприятий по энергосбережению в сетях потребителей электроэнергии регулируется на общенациональном уровне. Данный аспект отражен в законодательных актах, нормативных и нормативно-правовых актах» [5].

«При этом основная задача в отношении эффективности функционирования общенациональной энергосистемы лаконично сформулирована таким образом: снижение потерь электроэнергии в электрических сетях до 8 % в 2030 году» [9].

«Прежде чем внедрять те или иные мероприятия по снижению потерь, необходимо тщательно и скрупулёзно изучить их сущность, определить причины их образования, проанализировать, и структурировать полученные данные.

И только после этого анализа можно четко определить и сформулировать самые необходимые и потенциально эффективные мероприятия» [5].

«При этом необходимо принять во внимание, что непосредственное определение коммерческой составляющей потерь, даже при условии учета самой её сути, практически невозможно без существенных затрат» [3].

«И наоборот, технологическая составляющая, при применении надлежащих баз данных, может быть рассчитана с достаточно высокой точностью, что может дать возможность произвести сопутствующий анализ коммерческую составляющей потерь» [4].

«Кроме того, наличие информации о текущих значениях потерь мощности в электрических сетях предоставляет возможность разрешить ряд других эксплуатационных задач.

Например, с помощью соответствующего программного обеспечения, появляется возможность фиксировать появление, и локализовать места возникновения однофазных коротких замыканий, которые являются серьезной проблемой, особенно для кабельных сетей» [6]. Одним из ключевых направлений является модернизация оборудования и внедрение автоматизированных систем учета, что позволяет обеспечить точный контроль и управление энергетическими потоками, минимизируя технологические потери. В свою очередь, оптимизация режимов работы сетей способствует более эффективному распределению нагрузки, что уменьшает энергетические потери на этапе передачи.

В зависимости от характера мероприятий, на рисунке 6 представлена классификация основных мероприятий по снижению потерь электрической энергии в сетях и системах электроснабжения в целом.

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии (ЭЭ) в электрических сетях (ЭС)

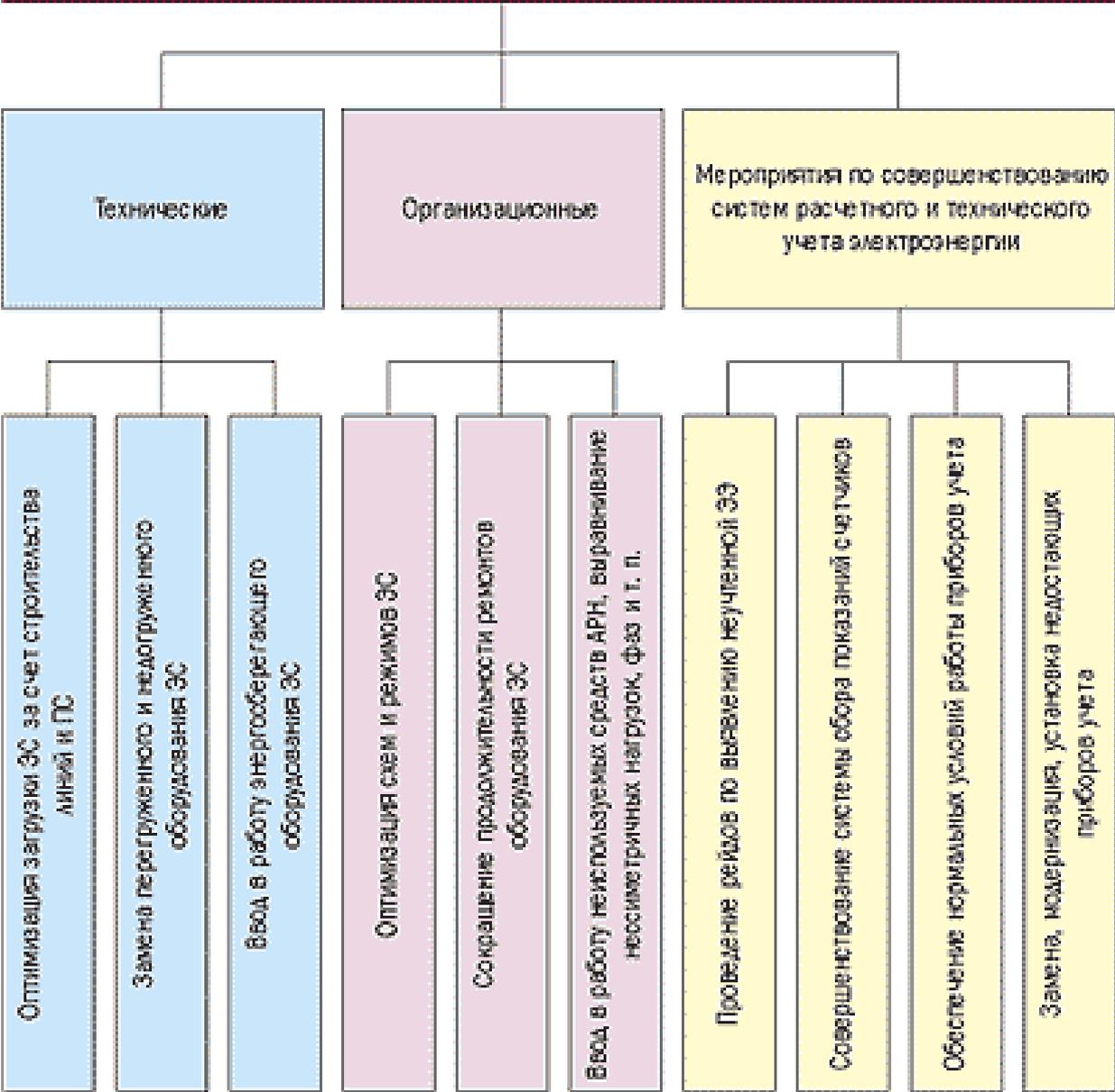


Рисунок 6 – Классификация основных мероприятий по снижению потерь электрической энергии в сетях и системах электроснабжения в целом, в зависимости от характера мероприятий

Далее в работе проводится краткое описание и анализ основных мероприятий по снижению потерь электрической энергии в сетях и системах электроснабжения в целом, в зависимости от характера мероприятий.

«Организационные мероприятия заключаются в сокращении расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, совершенствование учета электроэнергии, контроль над использованием источников реактивной

мощности, внедрения новых программ для анализа режимов сетей и их оптимизации с использованием ЭВМ» [2].

«Технические мероприятия осуществляются введением в эксплуатацию новых компенсирующих устройств, заменой проводов на линиях электропередачи, заменой трансформаторов и автотрансформаторов, автоматизацией регулирования напряжения» [5].

«Из группы технических мероприятий также выделяют режимные мероприятия, например, обеспечение оптимального режима компенсаторов реактивной мощности, своевременное переключение ответвлений обмоток трансформаторов РПН, отключение трансформаторов в сетях низкого напряжения на период малых нагрузок» [7].

«Совместное применение организационных и технических мероприятий для решения задач минимизации потерь электроэнергии в конечном итоге приводит к значительному технико – экономическому эффекту на всех звеньях систем электроснабжения предприятия» [13].

«При более углублённом сравнительном анализе можно отметить тот факт, что каждый автор [6-15] рекомендует свои мероприятия по минимизации потерь, исходя из научного направления своей работы и разработанных авторских публикаций по данной тематике» [8].

«Так, в [6] особое внимание акцентируется на своевременном, качественном и оперативном процессе компенсации реактивной мощности, в [9] – на уменьшении нагрузочных потерь путём повышения коэффициента загрузки оборудования до необходимого нормируемого значения, а также исключения нестационарной нагрузки оборудования как фактора, приводящего к существенным непрогнозируемым потерям в сети; в [10,11] – на уменьшении потерь на собственные нужды подстанций путём оптимизации и автоматизации технологического процесса, а также применения для этой цели энергосберегающих технологий; автор [12] делает основной акцент на уменьшении потерь электроэнергии в измерительных комплексах и системах путём их модернизации, включая не только

измерительные приборы, но и измерительные трансформаторы и системы в целом; в работах [14,15] показано, что основная неопределённость и погрешность расчётов и прогнозирования потерь заключается в недоучёте климатических факторов» [17].

«При этом все перечисленные авторы, а также авторы [7,8,13,18] делают основной акцент на необходимости значительного улучшения теоретической и методической базы для разработки более существенных МСП» [17].

Таким образом, по анализу данного материала можно сделать следующие выводы:

- мероприятия по минимизации потерь электроэнергии являются основой для практической реализации данной проблематики в системах электроснабжения предприятий;
- существуют основная классификация мероприятий по минимизации потерь электрической энергии в электрических сетях, в основе которой лежат характерные виды мероприятий (технические, организационные и мероприятия по совершенствованию систем расчётного и технического учёта электроэнергии);
- наиболее эффективный результат при разработке мероприятий по снижению потерь электроэнергии получается при совместном одновременном использовании нескольких групп данных мероприятий;
- при разработке потерь электроэнергии на конкретном объекте, требуется комплексный подход к данной проблеме.

Выводы по первому разделу.

В результате выполнения первого раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведён анализ состояния потерь электроэнергии в электрических сетях, рассмотрены факторы, приводящие к потерям

электроэнергии и классификация потерь электроэнергии в электрических сетях, проанализированы основные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии.

Перечислены выдающиеся отечественные и зарубежные учёные, внесшие вклад в развитие данного вопроса.

Установлено, что данная тематика актуальна в современных системах электроснабжения отечественных предприятий.

В результате рассмотрения вопроса и анализа текущего состояния проблематики потерь электроэнергии в мировой электроэнергетике, установлено, что проблема потерь электроэнергии является одной из наиболее актуальных проблем в энергетических системах развивающихся стран, а также в энергосистемах отдельных регионов Российской Федерации.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса и анализа текущего состояния проблематики потерь электроэнергии в электроустановках, связанные с природой их возникновения, а также классификации потерь электроэнергии, сделаны следующие выводы:

- установлено, что природа возникновения потерь электроэнергии весьма разнообразна. В основе данного процесса лежат как технические, так и прочие факторы (организационные, экономические);
- рассмотрена классификация потерь электроэнергии по природе их возникновения. Установлено, что по данному критерию потери электроэнергии могут быть технологическими (обусловленные техническими процессами) и коммерческими (обусловленные влиянием человеческого фактора);
- установлено, что в принятой официальной классификации потерь электроэнергии выделяют четыре основные составляющие, а именно: технические, инструментальные, коммерческие потери, а также потери в системе собственных нужд подстанций.

По анализу материала по мероприятиям для минимизации потерь электроэнергии, сделаны следующие основные выводы:

- мероприятия по минимизации потерь электроэнергии являются основой для практической реализации данной проблематики в системах электроснабжения предприятий;
- существуют основная классификация мероприятий по минимизации потерь электрической энергии в электрических сетях, в основе которой лежат характерные виды мероприятий (технические, организационные и мероприятия по совершенствованию систем расчётного и технического учёта электроэнергии);
- наиболее эффективный результат при разработке мероприятий по снижению потерь электроэнергии получается при совместном одновременном использовании нескольких групп данных мероприятий;
- при разработке потерь электроэнергии на конкретном объекте, требуется комплексный подход к данной проблеме.

Данный материал используется при написании магистерской диссертации в качестве базового теоретического материала, на основании которого проводится практическая разработка по минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях системы электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз» с последующим теоретическим и практическим обоснованием данного вопроса.

2 Разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»

2.1 Технические и экономические характеристики ООО «РН-Пурнефтегаз»

Известно, что потери электроэнергии являются важнейшим показателем энергоэффективности на современных предприятиях промышленного и энергетического комплекса [1,2].

Потери электроэнергии необходимо учитывать не только на стадии проектирования, но и на этапах реконструкции и модернизации электрических сетей [3]. Поэтому их расчёт является обязательным условием для проектов всех данных типов.

Таким образом, потери электроэнергии являются общепризнанным индикатором систем электроснабжения. Они характеризуют эффективность использования электрической энергии в сетях предприятий, а также на питающих и распределительных подстанциях организаций и энергосистемы в целом.

Установлено, что минимизация потерь электроэнергии является одним из важнейших энергосберегающих мероприятий не только в сетях потребителя, но и в энергоснабжающих организациях.

Таким образом, уменьшение показателя потерь электроэнергии до минимально допустимого уровня является приоритетной задачей стратегии современного комплекса энергосбережения страны [8].

Изучение проблем потерь электроэнергии начались ещё в середине 20 века.

Однако наибольший толчок получила советская школа в середине 80-х годов прошлого века.

Тогда были заложены все фундаментальные понятия, а также определены все важнейшие направления исследования в данном вопросе.

Как было установлено ранее, основной целью диссертационной работы является минимизация технических потерь электрической энергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», осуществляемая путём замены устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, обладающие меньшим сопротивлением, большей пропускной способностью, повышенной надёжностью, а также прочими улучшенными техническими характеристиками.

Согласно основной цели диссертационного исследования, во втором разделе работы, на основе аналитических данных первого раздела, осуществляется разработка мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», для чего приводятся и анализируются технические сведения о системе электроснабжения данного предприятия, проводится анализ энергопотребления основных подразделений предприятия, с последующим анализом потерь электроэнергии в данных подразделениях и в системе электроснабжения предприятия в целом, осуществляется практическая разработка комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях системы электроснабжения объекта исследования.

Для решения поставленной задачи проводится анализ технических и экономических характеристик ООО «РН-Пурнефтегаз»

«Организация ООО «РН-ПУРНЕФТЕГАЗ» зарегистрирована в едином государственном реестре юридических лиц 7 ноября 2005. Данное предприятие находится по адресу: 629830, АО Ямало-Ненецкий, г. Губкинский, мкр. № 10, д. 3» [1].

«Основной вид деятельности организации: предоставление прочих услуг в области добычи нефти и природного газа (код по ОКВЭД 09.10.9).

Дополнительно организация заявила следующие виды деятельности:

- разработка гравийных и песчаных карьеров, добыча глины и каолина;

- предоставление услуг по бурению, связанному с добычей нефти, газа и газового конденсата;
- предоставление услуг по монтажу, ремонту и демонтажу буровых вышек;
- производство хлеба и мучных кондитерских изделий, тортов и пирожных недлительного хранения;
- производство нефтепродуктов;
- ремонт и обслуживание буровых вышек;
- прочие виды деятельности» [2].

«Структура корпоративного управления предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» соответствует современным требованиям, так как включает не только административное управление, а и крайне важные и необходимые комитеты, а именно: комитет по аудиту, надёжности, стратегии, по кадрам и вознаграждению, по технологическому присоединению к электрическим сетям (рисунок 7)» [2].

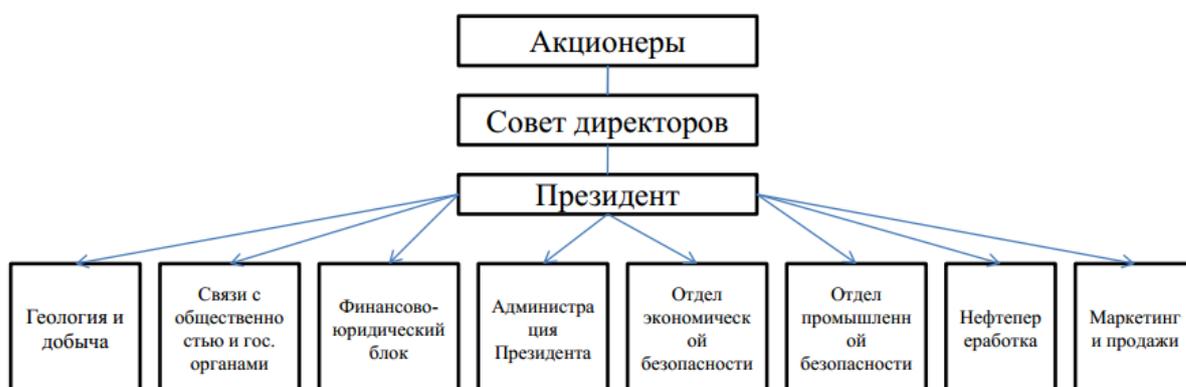


Рисунок 7 – «Организационно-управленческая схема» [2] предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз»

Из проведённого анализа финансовых показателей предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» установлено, что данная компания является активно развивающимся и стабильным предприятием, имеющим в будущем значительные перспективы по выходу на мировые рынки.

Об этом свидетельствуют также графики финансовой отчетности, представленные в свободном доступе в интернет-ресурсах (рисунки 2-5). График выручки ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. представлен на рисунке 8 [2].

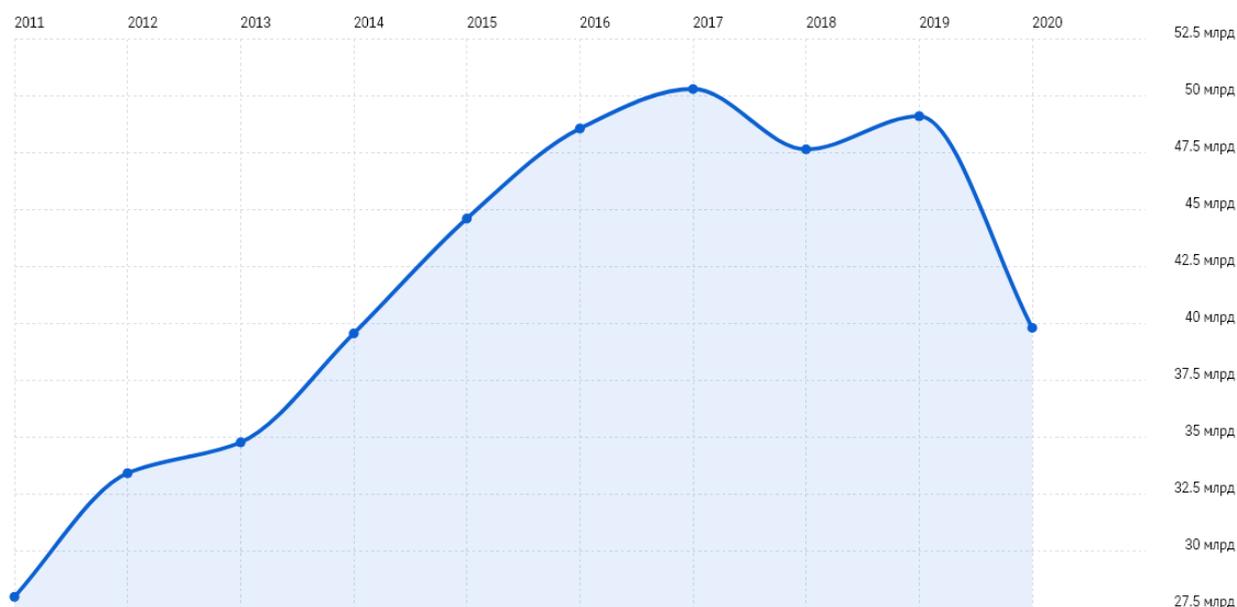


Рисунок 8 – График выручки предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг.

Исходя из графика выручки предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. можно сделать вывод, что данное предприятие – стабильное, перспективное и прогрессивное (выручка до 2017 г. неуклонно увеличивалась, в 2018 г. был «провал», связанный с санкциями, в 2020 г. выручка существенно уменьшилась из-за пандемии коронавируса. Несмотря на временные колебания, вызванные глобальными факторами, такими как санкции и пандемия, компания сумела адаптироваться и сохранить свои позиции на рынке. Это свидетельствует о гибкости ее стратегического управления и способности оперативно реагировать на изменения экономической среды.

График чистой прибыли предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. представлен на рисунке 9 [2].



Рисунок 9 – График чистой прибыли предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг.

Исходя из графика чистой прибыли предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. можно сделать вывод, что данное предприятие – стабильное, перспективное и прогрессивное (чистая прибыль до 2015 г. неуклонно увеличивается, с 2015 г. по 2017 г. наблюдалось её падение, что связано с санкциями, с 2017 по 2020 гг. наблюдается стабильный рост чистой прибыли предприятия).

С учётом выявленной положительной динамики, перспективы предприятия выглядят благоприятными. Стабильный рост в последние годы, несмотря на ограничительные меры, позволяет прогнозировать дальнейшее укрепление позиций на рынке, улучшение экономических показателей и развитие инвестиционного потенциала компании.

Долгосрочные перспективы также могут быть связаны с внедрением инноваций, оптимизацией производственных процессов и возможным расширением добывающих мощностей, что будет способствовать поддержанию и увеличению темпов роста прибыли предприятия.

График капитала предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. представлен на рисунке 10 [2].

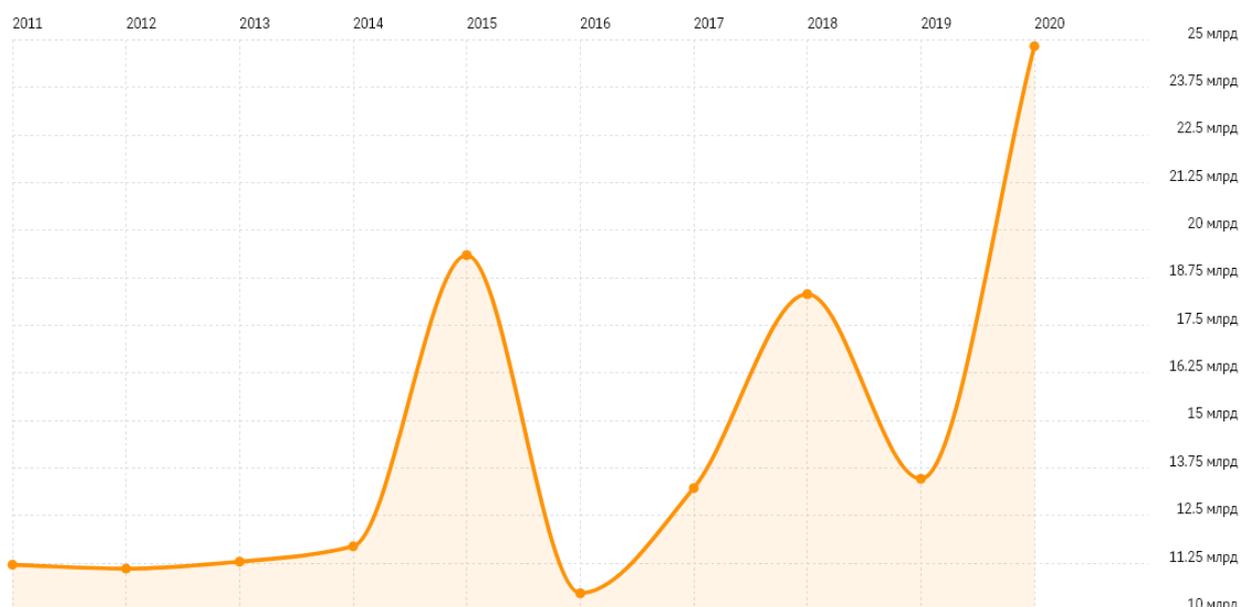


Рисунок 10 – График капитала предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг.

Исходя из графика капитала предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. можно сделать вывод, что данное предприятие – стабильное, перспективное и прогрессивное, хотя возможны и циклы в развитии (капиталовложения и активы предприятия с 2011 г. 2015 г., с 2016 г. по 2018 г, а также с 2019 г. по 2020 г. неуклонно увеличивались, с 2015 г. по 2016 г., а также с 2018 г. по 2019 г. наблюдалось их падение).

Однако такая «цикличность» не помешала увеличить капитал с 11 млрд. руб. в 2011 г. до 25 млрд. руб. в 2020 г. (несмотря на пандемию коронавируса в 2020-2021 гг. и многочисленные санкции).

Анализ динамики капитала ООО «РН-Пурнефтегаз» за период 2011–2020 гг. подтверждает, что, несмотря на наличие цикличности в показателях, компания успешно преодолевает временные спады и продолжает развиваться. Увеличение капитала более чем в два раза за данный период демонстрирует устойчивость и успешность выбранной стратегии развития, которая позволяет компенсировать временные негативные факторы.

График баланса предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. представлен на рисунке 11.

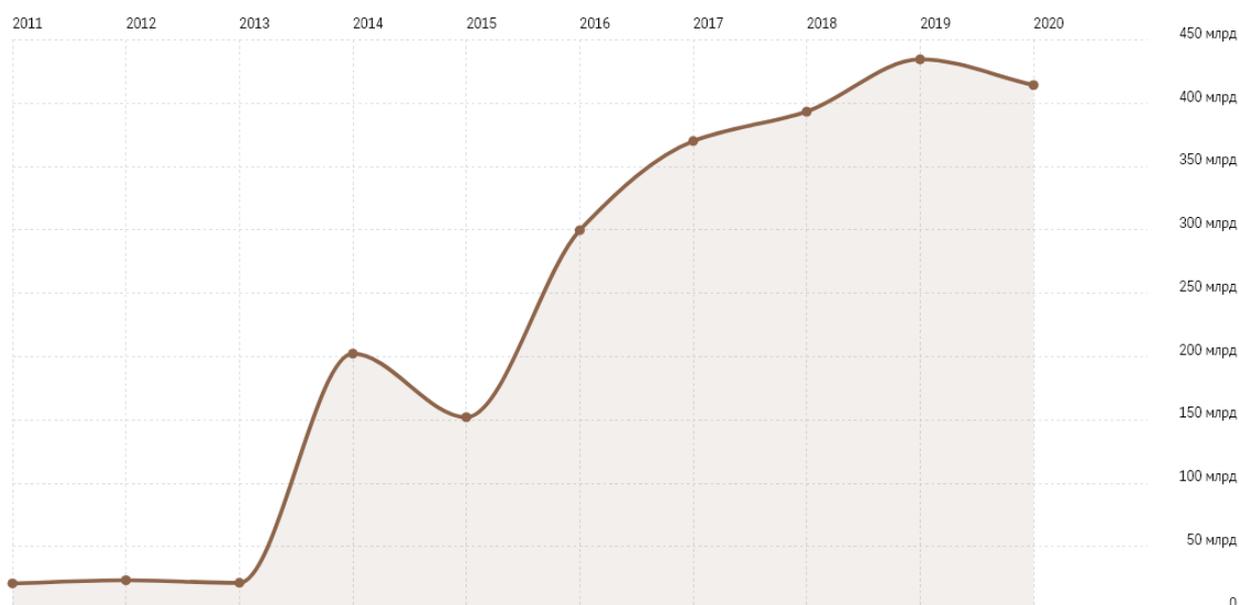


Рисунок 11 – График баланса предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг.

Исходя из графика баланса предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» за 2011-2020 гг. можно сделать вывод, что данное предприятие – стабильное, перспективное и прогрессивное (отчётные балансы предприятия с 2015 г. по 2019 г. неуклонно увеличивались, с 2019 г. по 2020 г. падение баланса вызвано пандемией коронавируса и многочисленными санкциями).

Таким образом, по результатам проведённого анализа финансовых показателей предприятия ООО «РН-Пурнефтегаз» установлено, что данная компания является современным, прибыльным, активно развивающимся и стабильным предприятием, имеющим в будущем значительные перспективы по выходу на мировые рынки.

Далее проводится характеристика технической части объекта исследования.

Предприятие представлено множеством производственных филиалов, отделений и дочерних организаций, которые расположены в местах добычи нефти и газа не только в ЯНАО, но и по всей РФ.

Схема электроснабжения рассматриваемого в работе участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» представлена на рисунке 12.

Тр-ры 35/6 ТОН6-4000/35
 I_н=66А I_н=36,6А
 ТСН 6/0,22 ТОН6 63кВА
 I_н=5,76А I_н=157,5А
 В-35 С-35 М-630-10 I_н=630А
 привод ПТ-67
 ЛР-35 РНДЗ-2-35/1000
 привод ПРН-220
 СР-35 РНДЗ-1а-35/1000
 привод ПРН-220М
 ТР-6 ВВММ 6/10А
 РВ-35 РВС-35 GZSb-40,5/10
 РВ-6 РВО-6 GZSb-7,5/10
 ТН-6 VSK10b ТТ-6 АВК-10
 В-6 Evolis
 яч. 2,12,10 - 1250А
 яч. 4,5,6,7,8,9,14,15,16,17,18,19 -
 630А
 ПР-6-1,2 ПЗ 1 1-6-5-20ХЛ-2
 ПР-6 ПЗН 0,1-10ХЛ-2
 КРУ-6 ST-7

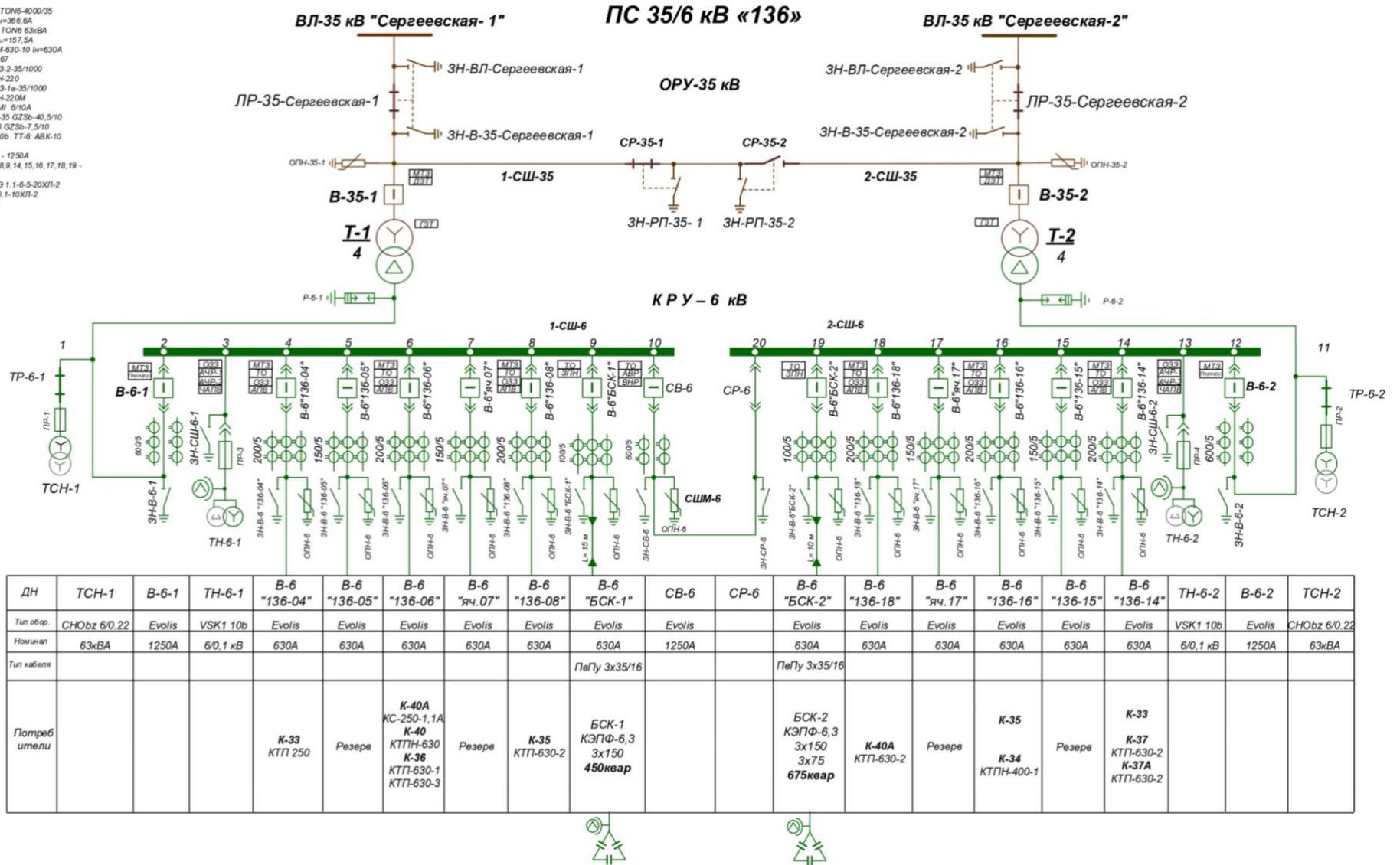


Рисунок 12 – Схема электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Таким образом, в схеме электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» есть следующие основные технические составляющие:

- двухтрансформаторная питающая ПС-35/6 кВ «136», получающая питание от двух ВЛ-35 кВ с устаревшими и изношенными проводами марки АС-50/8 («Сергеевская-1» и «Сергеевская-2»);
- комплектные подстанции КТП-6/0,4 кВ, получающие питание от шин КРУ-6 кВ ПС-35/6 кВ «136» устаревшими и изношенными кабельными линиями марки АСБ-6.

От последних получают питание потребители предприятия на напряжении 0,38/0,22 кВ.

В схеме РУ-35 кВ применяется схема с двух линий с неавтоматической перемычкой (с двумя разъединителями). В схеме РУ-6 кВ подстанции использована схема с одной секционированной выключателем системой шин.

На двухтрансформаторной питающей ПС-35/6 кВ «136» используется следующее оборудование:

- трансформаторы силовые 35/6 марки ТОН6-4000/35 – 2 единицы, $I_{вн}=66\text{А}$, $I_{нн}=366,6\text{А}$;
- ТСН 6/0,22: марка ТОН6 63 кВА, 2 единицы, $I_{вн}=5,76\text{А}$, $I_{нн}=157,5\text{А}$;
- оборудование на стороне 35 кВ: выключатели 35 кВ: марка С-35 М-630-10, $I_n=630\text{А}$, привод ПП-67; разъединители 35 кВ: РНДЗ-2-35/1000 (привод ПРН-220), РНДЗ-1а-35/1000 (привод ПРН-220М); ограничители перенапряжения ОПН-35;
- оборудование на стороне 6 кВ: КРУ серии ST 7; ограничители перенапряжения ОПН-6; трансформаторы напряжения VSKI10b; трансформаторы тока АВК-10; выключатели 6 кВ: Evolis (ячейки: 2,12,10 – номинальный ток 1250 А, ячейки 4,5,6,7,8,9,14,15,16,17,18,19 – номинальный ток 630А); предохранители ПЭ 1.1-6-5-20 ХЛ-2 и ПН 0.1-10 ХЛ-2.

2.2 Анализ состояния потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Известно, что потери электроэнергии являются важнейшим показателем энергоэффективности на современных предприятиях промышленного и энергетического комплекса [1,2].

Потери электроэнергии необходимо учитывать не только на стадии проектирования, но и на этапах реконструкции и модернизации электрических сетей [3].

В работе рассмотрен вопрос минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз».

В результате проведения анализа состояния системы электроснабжения данного объекта было установлено, что основной проблемой на данном предприятии является проблема потерь электроэнергии.

Суммарные потребление и полезный отпуск электроэнергии за 2018-2022 гг. в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» представлены в работе в форме таблицы 1.

Таблица 1 – Суммарные потребление и полезный отпуск электроэнергии за 2018-2022 гг. в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», тыс. кВт·ч

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Отпуск в сеть, тыс. кВт·ч	75879,21	74766,21	70846,37	70685,71	65506,97
Полезный отпуск, тыс. кВт·ч	69866,67	69097,42	65700,98	65037,13	60509,18
Потери, тыс. кВт·ч	6012,54	5668,79	5145,39	5648,58	4997,79
Процент потерь, %	7,92	7,58	7,26	7,99	7,63

Для наглядности суммарные потребление и полезный отпуск электроэнергии за 2018-2022 гг. в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» представлены также на рисунке 13.

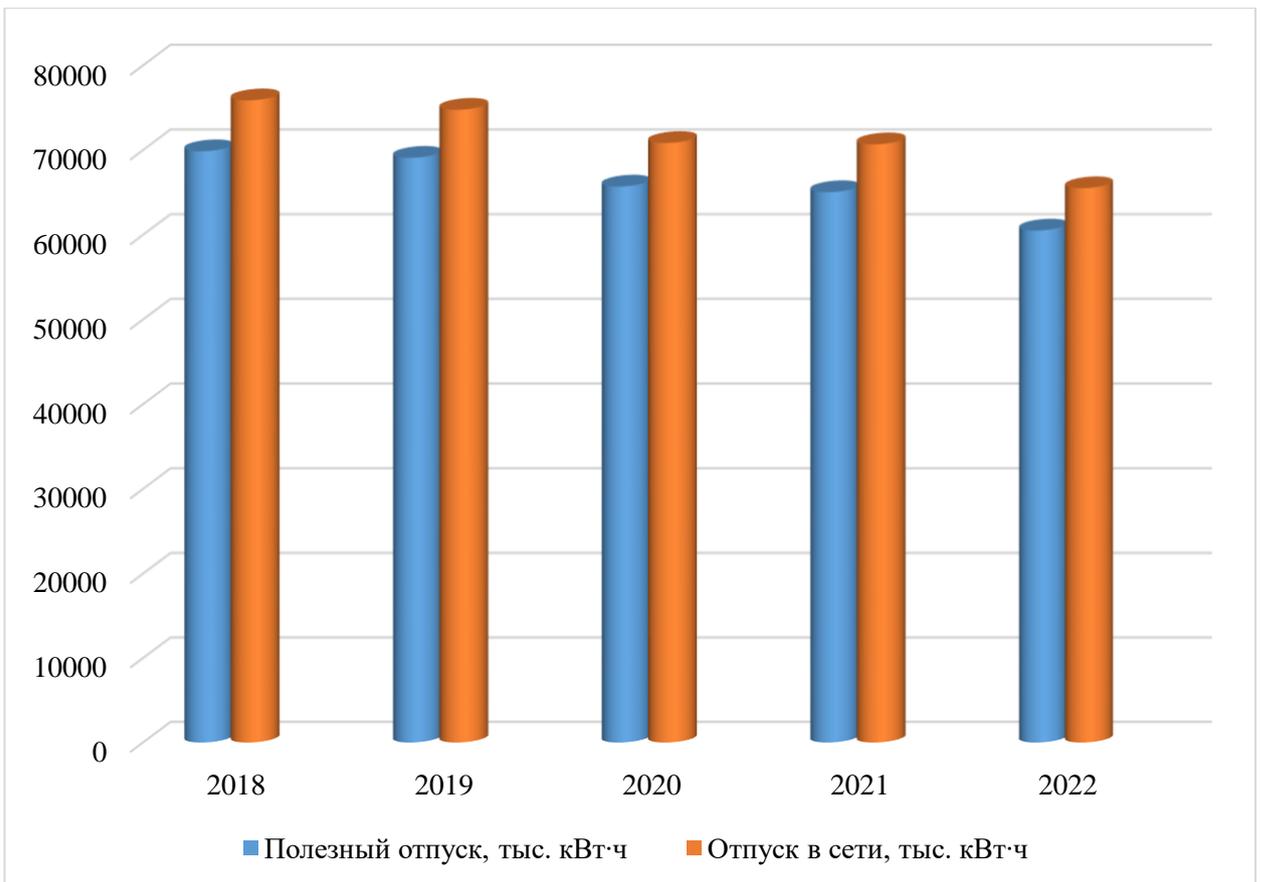


Рисунок 13 – Суммарные потребление и полезный отпуск электроэнергии за 2018-2022 гг. в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

По данным таблицы 1 и рисунка 13 установлено, что средний суммарный уровень потерь электроэнергии в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» составляет около 7,68 %.

Известно, что согласно рекомендациям [4,5] максимальный уровень суммарных потерь в питающих и распределительных сетях предприятий не должен превышать 5%.

Таким образом, на основании проведённых исследований состояния потерь электрической энергии в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» установлено, что разработка мероприятий по их минимизации является актуальным заданием.

С целью углубления рассмотрения данного вопроса, рассмотрен отдельный анализ потерь электроэнергии за 2018-2022 гг. в электрических

сетях всех классов напряжения 35 кВ, 6 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» (таблица 2).

Таблица 2 – Уровень потерь электроэнергии за 2018-2022 гг. в электрических сетях всех классов напряжения 35 кВ, 6 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», %

Год	Уровень потерь ЭЭ, %					
	2018	2019	2020	2021	2022	Средний уровень
Питающая сеть 35 кВ	8,12	8,43	8,05	8,19	8,22	8,20
Распределительная сеть 6 кВ	7,25	7,34	7,18	7,26	7,28	7,26
Распределительная сеть 0,38/0,22 кВ	4,73	4,82	4,75	4,62	4,58	4,70

Технические сведения, представленные в таблице 2, также визуализированы на диаграмме рисунка 14.

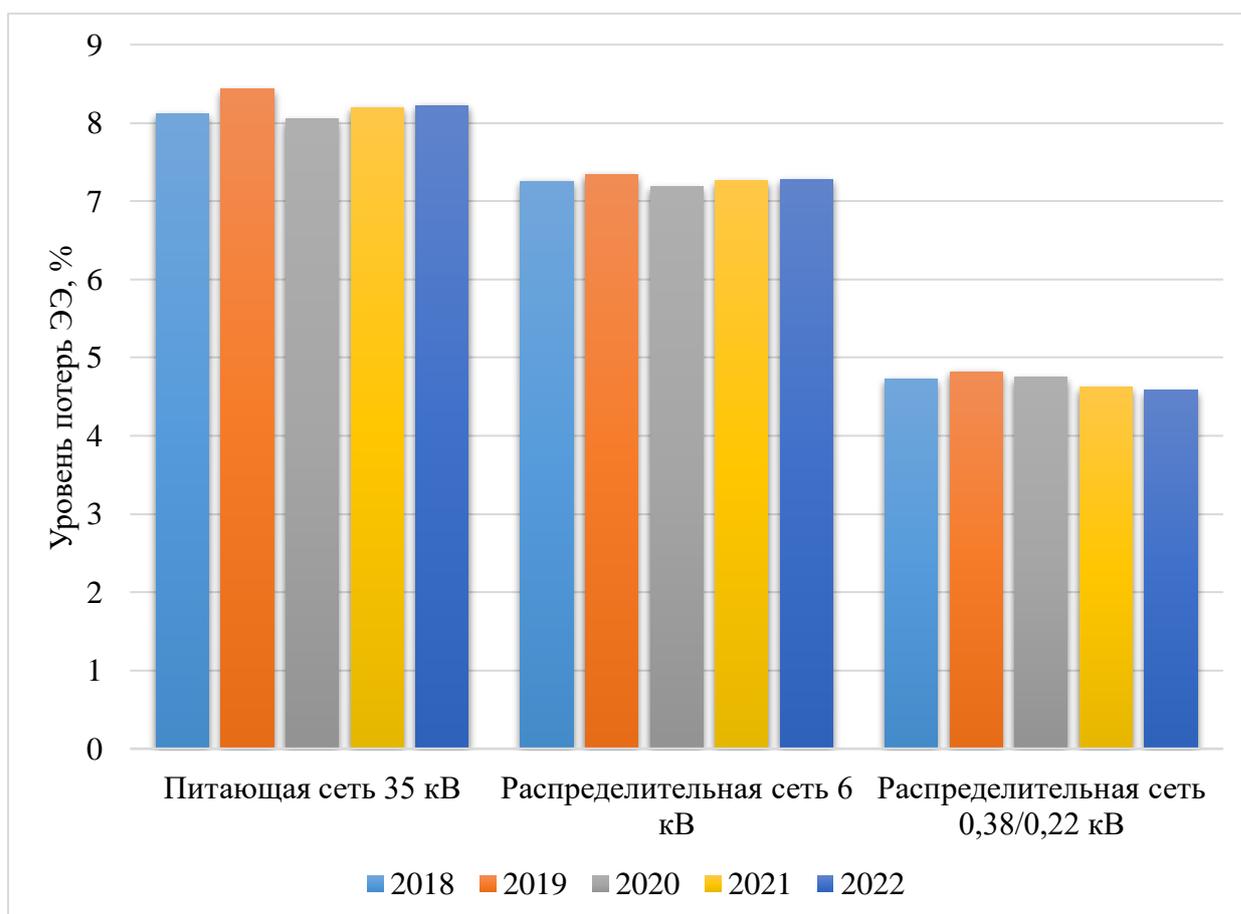


Рисунок 14 – Уровень потерь электроэнергии за 2018-2022 гг. в электрических сетях всех классов напряжения 35 кВ, 6 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», %

В результате проведения анализа состояния технических данных в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» было окончательно установлено, что основной проблемой на данном предприятии является проблема потерь электроэнергии, имеющих место в питающей сети напряжением 35 кВ, а также в распределительной сети напряжением 6 кВ.

Исходя из результатов анализа, полученных по данным таблицы 2, установлено, что средний уровень потерь электроэнергии за 5 последних лет в питающей сети 35 кВ объекта исследования составил 8,2%, в распределительной сети напряжением 6 кВ – 7,26 %.

Для данного типа питающих и распределительных сетей соответствующих классов напряжения, такой процент потерь электроэнергии является довольно высоким: известно, что согласно рекомендациям [4,5] максимальный уровень потерь в питающих и распределительных сетях предприятий не должен превышать 5%.

Также это подтверждено в [6].

При этом уровень потерь в распределительной сети 0,38/0,22 кВ объекта исследования составляет в среднем за последние 5 лет уровень 4,7 % и может считаться допустимым [8].

Данное обстоятельство приводит к необходимости соискания, разработки и внедрения организационных, организационно-технических, технико-технологических мероприятий, направленных на снижение технологических потерь в электрической энергии в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» [9].

Таким образом, данная проблема требует решения путём разработки мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», с последующим технико-экономическим обоснованием принятых технических и экономических решений.

2.3 Разработка комплекса мероприятий, направленных на минимизацию потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Ранее при анализе мероприятий по минимизации потерь электроэнергии, было показано следующее:

- мероприятия по минимизации потерь электроэнергии являются основой для практической реализации данной проблематики в системах электроснабжения предприятий;
- существуют основная классификация мероприятий по минимизации потерь электрической энергии в электрических сетях, в основе которой лежат характерные виды мероприятий (технические, организационные и мероприятия по совершенствованию систем расчётного и технического учёта электроэнергии);
- наиболее эффективный результат при разработке мероприятий по снижению потерь электроэнергии получается при совместном одновременном использовании нескольких групп данных мероприятий;
- при разработке потерь электроэнергии на конкретном объекте, требуется комплексный подход к данной проблеме.

С учётом данных результатов, а также учитывая полученные результаты анализа технической части и данных в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», проводится разработка комплекса мероприятий, направленных на минимизацию потерь электроэнергии на объекте исследования.

Известно, что мероприятия по минимизации потерь электроэнергии делятся на организационные и технические.

Для решения поставленной задачи, в работе на объекте исследования предлагается внедрить следующие организационные мероприятия:

- усовершенствование методологии и регламента работ в электрических сетях ООО «РН-Пурнефтегаз» с учётом современных решений;
- установка допустимых нормативов потерь путём проведения реального мониторинга данных;
- ужесточение ответственности персонала за нарушение принятых нормативов потерь;
- обучение персонала, направленное на повышение квалификации в данном вопросе;
- премирование отличившихся работников и наказание виновных в случае несоблюдения установленного регламента работ и превышения установленных нормативов потерь электроэнергии.

В результате проведения расширенного анализа методов и мероприятий по снижению потерь электроэнергии, в питающих и распределительных сетях ООО «РН-Пурнефтегаз» предложено реализовать следующие основные технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии:

- заменить устаревшие провода марки АС-50/8 на питающей воздушной линии 35 кВ, которая питает ПС 35/6 кВ «136» предприятия, на провода современных марок, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью (например, предлагается использовать для данной цели провода марки АЕРО-Z и его модификации);
- заменить устаревшие кабельные линии распределительной сети 6 кВ марки АСБ на кабели современных марок, обладающие пониженным сопротивлением и большей надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками (предлагается использовать кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена, а также другие аналогичные разработки).

В дальнейших работах, на основании принятых основных решений, проводится техническое и экономическое обоснование решение задач по минимизации потерь электроэнергии в электрической сети предприятия.

Выводы по второму разделу.

В результате выполнения второго раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведена разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз».

Приведены основные технические и экономические характеристики ООО «РН-Пурнефтегаз».

В результате проведения анализа состояния технических данных системы в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» было окончательно установлено, что основной проблемой на данном предприятии является проблема потерь электроэнергии в питающей сети напряжением 35 кВ, а также в распределительной сети напряжением 6 кВ.

Исходя из результатов анализа потерь электроэнергии за 5 последних лет, установлено следующее:

- средний суммарный уровень суммарных потерь электроэнергии в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» составляют около 7,68 %;
- средний уровень потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ объекта исследования составил 8,2%, в распределительной сети напряжением 6 кВ – 7,26 %.
- уровень потерь в распределительной сети 0,38/0,22 кВ объекта исследования составляет в среднем за последние 5 лет уровень 4,7 % и может считаться допустимым.

Данное обстоятельство приводит к необходимости соискания, разработки и внедрения организационных, организационно-технических, технико-технологических мероприятий, направленных на снижение

технологических потерь в электрической энергии в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз».

В результате проведения расширенного анализа методов и мероприятий по снижению потерь электроэнергии, в питающих и распределительных сетях ООО «РН-Пурнефтегаз» предложено реализовать следующие основные технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии:

- заменить устаревшие провода марки АС-50/8 на питающей воздушной линии 35 кВ, которая питает ПС 35/6 кВ «136» предприятия, на провода современных марок, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью (например, предлагается использовать для данной цели провода марки АЕРО-Z и его модификации);
- заменить устаревшие кабельные линии распределительной сети 6 кВ марки АСБ на кабели современных марок, обладающие пониженным сопротивлением и большей надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками (предлагается использовать кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена, а также другие аналогичные разработки).

В дальнейших работах, на основании принятых основных решений, проводится техническое и экономическое обоснование решение задач по минимизации потерь электроэнергии в электрической сети предприятия.

3 Технико-экономическое обоснование внедрения комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»

3.1 Предварительная оценка комплекса мероприятий

Известно, что потери электроэнергии в распределительных сетях и оборудовании приводят к значительным финансовым издержкам, снижающим конкурентоспособность и рентабельность предприятия.

Кроме того, сокращение потерь электроэнергии способствует уменьшению эксплуатационных расходов, что напрямую отражается на снижении себестоимости продукции и услуг.

Инвестиции в мероприятия по снижению потерь электроэнергии окупаются за счёт сокращения расходов на оплату электроэнергии и уменьшения затрат на техническое обслуживание оборудования.

Технико-экономическое обоснование в данном вопросе состоит из технической и экономической составляющей.

При этом известно, что улучшение технического состояния распределительных сетей и применение современных технологий позволяет продлить срок службы оборудования и снизить вероятность аварийных ситуаций, что дополнительно снижает финансовые риски и расходы на ремонт. Данный аспект учитывается в технической составляющей.

Экономическая выгода от внедрения энергосберегающих технологий проявляется не только в прямом сокращении затрат, но и в повышении производительности труда за счёт более стабильного и качественного электроснабжения. Надёжность энергосистемы способствует бесперебойной работе технологического оборудования, снижая простои и увеличивая объём выпускаемой продукции. Данный аспект учитывается в экономической составляющей.

В данной работе проведено технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», которое основано на необходимости повышения энергоэффективности и оптимизации производственных затрат.

Ранее в работе, в результате проведения оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» было установлено, что наибольшую эффективность приносит внедрение группы технических мероприятий по реконструкции проводников питающей сети 35 кВ и распределительной сети 6 кВ, способных снизить потери электроэнергии в среднем на 1,8-2,1 % (предварительная оценка).

Исходя из этого, третий раздел настоящей работы посвящён технико-экономическому обоснованию предложенных технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования.

Ранее было установлено, что потери электроэнергии в питающей сети 35 кВ, а также в распределительной сети напряжением 6 кВ объекта исследования превышают допустимый уровень [5,6]. В связи с этим, для внедрения на объекте исследования были предложены организационные и технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии. В работе проводится предварительная оценка внедрения данных мероприятий.

Для решения поставленной задачи было предложено внедрить следующие организационные мероприятия, имеющих высокую эффективность в аналогичных системах электроснабжения:

- усовершенствование методологии и регламента работ в электрических сетях ООО «РН-Пурнефтегаз» с учётом современных решений (мероприятие А);
- установка допустимых нормативов потерь путём проведения реального мониторинга данных (мероприятие Б);

- проведение организационной работы с персоналом: обучение персонала, направленное на повышение квалификации в данном вопросе, а также премирование отличившихся работников и наказание виновных в случае несоблюдения установленного регламента работ и превышения установленных нормативов потерь электроэнергии (мероприятие В).

Также на объекте исследования было предложено реализовать следующие основные технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии:

- замена устаревших проводов марки АС-50/8 на питающей воздушной линии 35 кВ, которая питает ПС 35/6 кВ «136» предприятия, на провода АЕРО-Z, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью (мероприятие Г);
- замена устаревших кабельных линий распределительной сети 6 кВ марки АСБ на кабели современных марок с изоляцией со сшитого полиэтилена, обладающие пониженным сопротивлением и большей надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками (мероприятие Д).

Следовательно, при проведении предварительной оценки эффективности внедрения мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», использованы следующие группы мероприятий:

- мероприятие А – В – организационные мероприятия;
- мероприятия Г – Д – технические мероприятия.

Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Сеть	Уменьшение уровня потерь ЭЭ, %				
	Мероприятие А	Мероприятие Б	Мероприятие В	Мероприятие Г	Мероприятие Д
Питающая сеть 35 кВ	0,6	0,8	0,5	2,1	-
Распределительная сеть 6 кВ	0,7	0,9	0,6	-	1,8

Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» также представлены на рисунке 15.

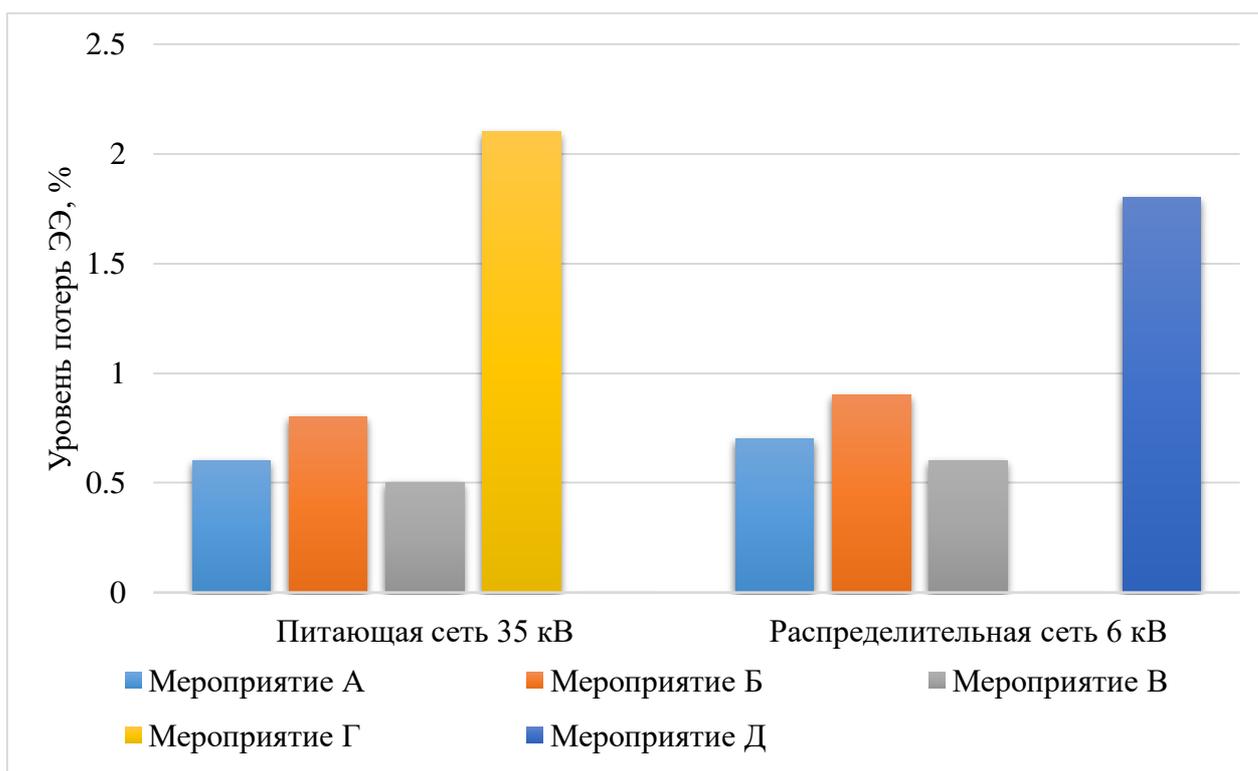


Рисунок 15 – Результаты предварительной оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

В результате проведения предварительной оценки технической эффективности внедрения принятых мероприятий в электрических сетях и электрооборудовании системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» было установлено следующее:

- организационные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии практического ощутимого эффекта не приносят и максимально способны снизить потери в питающей сети 35 кВ и распределительной сети 6 кВ в среднем на 0,5-0,9 % (при выполнении определённых условий);
- наибольшую эффективность приносит внедрение группы технических мероприятий по реконструкции проводников питающей сети 35 кВ и распределительной сети 6 кВ, способных снизить потери электроэнергии в среднем на 1,8-2,1 %;
- учитывая полученные результаты, предлагается для применения на объекте исследования совместно внедрить комплекс организационных и технических мероприятий, способных при таком применении получить максимальный эффект от снижения потерь электроэнергии на объекте.

Полученные результаты предлагается принять к сведению при дальнейших исследованиях.

3.2 Выбор новых проводников питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Ранее в работе было установлено, что в схеме электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» есть следующие основные технические составляющие:

- двухтрансформаторная питающая ПС-35/6 кВ «136», получающая питание от двух ВЛ-35 кВ с устаревшими и изношенными проводами марки АС-50/8 («Сергеевская-1» и «Сергеевская-2»);

- комплектные подстанции КТП-6/0,4 кВ, получающие питание от шин КРУ-6 кВ ПС-35/6 кВ «136» устаревшими и изношенными кабельными линиями марки АСБ-6.

Кроме того, в результате проведения расширенного анализа состояния уровня потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях ООО «РН-Пурнефтегаз», на данном объекте было предложено реализовать следующие основные технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии, как такие, которые имеют наиболее высокую эффективность внедрения (согласно проведению предварительной оценки):

- мероприятие Г, заключающееся в замене устаревших проводов марки АС-50/8 на питающей воздушной линии 35 кВ, которая питает ПС 35/6 кВ «136» предприятия, на провода современных марок, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью (предлагается использовать для данной цели провода марки АЕРО-Z);
- мероприятие Д, заключающееся в замене устаревших кабельных линий распределительной сети 6 кВ марки АСБ на кабели современных марок, обладающие пониженным сопротивлением и большей надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками (предлагается использовать кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена марки АпВнг-LS).

Предполагается, что перечисленные мероприятия имеют как технических, так и экономический эффект, который нужно определить в данной главе работы.

Технико-экономическое обоснование внедрения указанных выше мероприятий проводится на участке бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», схема электроснабжения которого детально описана и представлена во втором разделе работы.

Для питающей линии напряжением 35 кВ предлагается использование двухцепной воздушной линии электропередачи, выполненной современным

проводом марки СИП-3. Применение двухцепной воздушной линии электропередачи напряжением 35 кВ с использованием проводов марки СИП-3, а также кабельных линий электропередачи напряжением 6 кВ с кабелями марки АпВнг-LS с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз» способствует значительному снижению потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях предприятия.

Выбор проводов марки СИП-3 для воздушных линий напряжением 35 кВ обусловлен их высокими электрическими и механическими характеристиками. Самонесущие изолированные провода СИП-3 обладают пониженным активным сопротивлением, что ведёт к уменьшению потерь мощности при передаче электроэнергии на большие расстояния. Их изолированная конструкция снижает потери на корону и предотвращает утечки тока, что особенно актуально в условиях неблагоприятных погодных явлений, характерных для регионов деятельности нефтегазовых предприятий. Двухцепная конфигурация линии обеспечивает равномерное распределение нагрузки, снижает токи в каждой цепи и, следовательно, уменьшает потери энергии из-за эффекта Джоуля-Ленца.

Кроме того, применение проводов СИП-3 и кабелей АпВнг-LS повышает надёжность и долговечность электросетей. Изолированные провода и кабели устойчивы к воздействию агрессивных сред, механическим повреждениям и атмосферным явлениям, что снижает количество аварийных ситуаций и затрат на ремонтно-восстановительные работы. Повышенная надёжность сетей способствует снижению непроизводительных простоев оборудования и повышению общей производительности предприятия.

С экономической точки зрения, снижение потерь электроэнергии приводит к уменьшению эксплуатационных расходов на покупку и транспортировку электроэнергии. Инвестиции в современные проводники окупаются за счёт снижения затрат на энергию и обслуживание сетей, а также благодаря увеличению срока службы оборудования. Кроме того,

повышение энергоэффективности соответствует современным требованиям законодательства и стандартам в области энергосбережения, что позволяет предприятию избегать штрафных санкций и получать дополнительные преимущества при участии в программах поддержки энергоэффективных технологий.

Таким образом, использование проводов марки СИП-3 для воздушных линий напряжением 35 кВ и кабелей марки АпВнг-LS с изоляцией из сшитого полиэтилена для распределительных линий напряжением 6 кВ является обоснованным решением для ООО «РН-Пурнефтегаз». Данный выбор способствует существенному снижению потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях, повышению надёжности и эффективности системы электроснабжения, а также соответствует стратегическим целям предприятия по оптимизации энергетических ресурсов и повышению экономической эффективности производства.

«Выбор проводников напряжением выше 1 кВ проводится по экономической плотности тока» [4]:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р.}}}{j_{\text{э}}}, \quad (1)$$

где « $j_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [4].

«Проверка выбранного сечения проводника в нормальном режиме» [4]:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{р.}}, \quad (2)$$

где « $I_{\text{дон}}$ – предельно – допустимое значение тока проводника, А» [4].

«Проверка проводника в послеаварийном режиме работы» [4]:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{р. max}}, \quad (3)$$

где « $I_{\text{р. max}}$ – максимальный ток, А» [4].

«Проверка проводника по климатическим условиям (минимальное допустимое сечение проводника)» [4]:

$$F_{ст} \geq F_{мин}, мм^2. \quad (4)$$

«Проводится выбор кабельной линии 6 кВ, питающей КТП-136-0,4 от шин РУ-6 кВ ПС-35/6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз». Расчетные токи в нормальном и послеаварийном режимах для кабеля, А» [4]:

$$I_{р.норм} = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (5)$$

$$I_{р.норм} = \frac{950}{\sqrt{3} \cdot 6} = 91,4 А,$$

$$I_{р.ав} = 1,4 \cdot I_{р.норм}, \quad (6)$$

$$I_{р.ав} = 1,4 \cdot 91,4 = 128,0 А.$$

Экономическое сечение жил кабеля:

$$F_э = \frac{91,4}{1,6} = 57,1 мм^2.$$

«Выбирается кабель АПВВнг-LS-6-3×50, $I_{дл.доп.} = 175$ А. Прокладка кабеля осуществляется в земляной траншее.

Условие проверки кабеля в нормальном режиме работы выполняется» [9]:

$$175 А \geq 91,4 А.$$

«Условие проверки кабеля в послеаварийном режиме выполняется» [9]:

$$175 А \geq 128 А.$$

Сечение остальных проводников питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» выбраны аналогично и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты выбора новых проводников питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Линия	N, шт.	S_p , кВА	$I_{p.норм}$, А	$I_{p.ав}$, А	$I_{доп}$, А	Марка проводника
Питающая сеть 35 кВ						
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т1)	1	4000	66,0	92,4	245	СИП-3 (1×50)
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т2)	1	4000	66,0	92,4	245	СИП-3 (1×50)
Питающая сеть 6 кВ						
СШ1, 6 кВ						
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-04	1	650,0	62,5	87,5	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-05	1	920,0	88,5	124,0	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-06	1	750,0	72,2	101,1	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-08	1	850,0	81,8	114,5	175	АпвВнг-LS-6-3×50
СШ1, 6 кВ						
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-18	1	500,0	48,5	67,9	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	1	750,0	72,2	101,1	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	1	650,0	62,5	87,5	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	1	650,0	62,5	87,5	175	АпвВнг-LS-6-3×50
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	1	650,0	62,5	87,5	175	АпвВнг-LS-6-3×50

В результате выбора новых проводников питающей сети 35 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», выбраны изолированные провода марки СИП-3 (1×50).

В результате выбора новых проводников питающей сети 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», на всех отходящих линиях выбраны кабели марки АпвВнг-LS-6-3×50.

Применение кабелей марки АпВнг-LS-6-3×50 с изоляцией из сшитого полиэтилена в распределительных линиях напряжением 6 кВ также способствует снижению потерь электроэнергии.

Сшитый полиэтилен обладает высокой диэлектрической прочностью и низкими диэлектрическими потерями, что позволяет уменьшить токи утечки и связанные с ними потери мощности.

Кабели данной марки имеют улучшенные тепловые характеристики, что обеспечивает стабильность электрических параметров при повышенных нагрузках и предотвращает дополнительные потери, связанные с нагревом проводников.

Низкий коэффициент диэлектрических потерь СПЭ-изоляции способствует повышению общей энергоэффективности сети.

Использование данных проводников позволяет также снизить реактивные потери в системе электроснабжения.

Высококачественная изоляция и оптимизированная конструкция кабелей и проводов уменьшают паразитные емкости и индуктивности, что снижает реактивную составляющую тока и, как следствие, уменьшает потери энергии на нагрев и излучение, что особенно важно для предприятий нефтегазового сектора, где стабильность и эффективность электроснабжения напрямую влияют на бесперебойность технологических процессов и безопасность эксплуатации оборудования.

Таким образом, выбор данных проводников для применения на объекте исследования, технически обоснован.

3.3 Техническое обоснование внедрения комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии

Проводится техническое обоснование внедрения комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ объекта исследования.

Ранее было установлено, что для питающей сети 35 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», целесообразно применить новые изолированные провода марки СИП-3 (1×50), а для девяти отходящих линий питающей сети 6 кВ – кабели марки АпвВнг-LS-6-3×50.

Проведение расчёта потерь электроэнергии до и после реконструкции позволит количественно оценить эффективность предлагаемых технических решений по замене проводов и кабелей в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз».

Такой анализ даст возможность определить величину снижения потерь энергии, что непосредственно влияет на экономические показатели предприятия.

Полученные результаты послужат обоснованием целесообразности инвестиций в модернизацию сетей и помогут спрогнозировать срок окупаемости проекта.

Кроме того, расчёт позволит выявить оптимальные параметры оборудования для достижения максимальной энергоэффективности и повысит надёжность электроснабжения объекта исследования.

Сравнение показателей до и после реконструкции предоставит объективную оценку влияния принятых мер на общую эффективность системы электроснабжения и позволит принять информированные решения для дальнейшего развития инфраструктуры.

Проводится расчёт потерь электроэнергии принятых решений до и после проведения реконструкции.

«Потери активной мощности в кабельных линиях» [8]:

$$\Delta P_n = 3 \cdot I_p^{n2} \cdot r_o \cdot L, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где « I_p^n - расчетный ток нормального режима, А;

r_o – удельные активное сопротивления линии, мОм/м;

L -длина линии, км» [8].

«Потери активной электроэнергии в линии трехфазной электрической сети в нормальном режиме» [8]:

$$\Delta W_a^\Sigma = \Delta P_n^\Sigma \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (8)$$

где « τ - время наибольших потерь, ч» [2].

$$\tau = (0,124 + T_{max} \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760, \text{ч}, \quad (9)$$

где T_{max} – число часов использования максимума нагрузки, ч» [5].

$$\tau = (0,124 + 5300 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 3746 \text{ ч}.$$

«Потери активной мощности и электроэнергии в КЛ-6 кВ ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-04 (до реконструкции)» [5]:

$$\Delta P_n = 3 \cdot 66^2 \cdot 0,65 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 101,93 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_a^\Sigma = 101,93 \cdot 3746 = 381831,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Расчетные значения потерь активной мощности и электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» до реконструкции приведены в таблице 5, после проведения реконструкции – в таблице 6.

Таблица 5 – Расчетные значения потерь активной мощности и электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» до реконструкции

Линия	Марка проводника	Длина линии, км	Удельные сопротивления		I_p^H, A	$\Delta P^H, кВт$	$\Delta W_a^\Sigma, кВт\cdotч$
			$r_0, мОм/м$	$x_0, мОм/м$			
Питающая сеть 35 кВ							
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т1)	АС-50/8	12,0	0,65	0,39	66,0	101,93	381831,3
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т2)	АС-50/8	12,0	0,65	0,39	66,0	101,93	381831,3
Питающая сеть 6 кВ							
СШ1, 6 кВ							
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-04	АСБ-6 (3×25)	0,5	1,28	0,09	62,5	2,50	9365,0
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-05	АСБ-6 (3×25)	0,7	1,28	0,09	88,5	7,02	26288,3
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-06	АСБ-6 (3×25)	0,4	1,28	0,09	72,2	2,67	9998,0
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-08	АСБ-6 (3×25)	0,8	1,28	0,09	81,8	6,85	25667,0
СШ2, 6 кВ							
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-18	АСБ-6 (3×25)	0,9	1,28	0,09	48,5	2,71	10150,9
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	АСБ-6 (3×25)	0,4	1,28	0,09	72,2	2,67	9998,0
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	АСБ-6 (3×25)	0,5	1,28	0,09	62,5	2,50	9365,0
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	АСБ-6 (3×25)	0,5	1,28	0,09	62,5	2,50	9365,0
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	АСБ-6 (3×25)	0,5	1,28	0,09	62,5	2,50	9365,0
Итого по сети предприятия (до внедрения мероприятий)						235,78	883224,8

«Потери активной мощности и электроэнергии в КЛ-6 кВ ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-04 (после реконструкции)» [5]:

$$\Delta P^H = 3 \cdot 66^2 \cdot 0,59 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 92,52 \text{ кВт},$$

$$\Delta W_a^\Sigma = 92,52 \cdot 3746 = 346585,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Таблица 6 – Расчетные значения потерь активной мощности и электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» после реконструкции

Линия	Марка проводника	Длина линии, км	Удельные сопротивления		I_p^H, A	$\Delta P^H, кВт$	$\Delta W_a^\Sigma, кВт\cdotч$
			$r_0, мОм/м$	$x_0, мОм/м$			
Питающая сеть 35 кВ							
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т1)	СИП-3 (1×50)	12,0	0,59	0,36	66,0	92,52	346585,3
Энергосистема – ПС-35/6 кВ «136» (Т2)	СИП-3 (1×50)	12,0	0,59	0,36	66,0	92,52	346585,3
Питающая сеть 6 кВ							
СШ1, 6 кВ							
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-04	АпвВн г-LS-6-3×50	0,5	0,59	0,08	62,5	1,15	4316,7
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-05	АпвВн г-LS-6-3×50	0,7	0,59	0,08	88,5	3,23	12117,3
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-06	АпвВн г-LS-6-3×50	0,4	0,59	0,08	72,2	1,23	4608,4
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-08	АпвВн г-LS-6-3×50	0,8	0,59	0,08	81,8	3,16	11830,9
СШ2, 6 кВ							
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-18	АпвВн г-LS-6-3×50	0,9	0,59	0,08	48,5	1,25	4678,9
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	АпвВн г-LS-6-3×50	0,4	0,59	0,08	72,2	1,23	4608,4
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	АпвВн г-LS-6-3×50	0,5	0,59	0,08	62,5	1,15	4316,7
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-17	АпвВн г-LS-6-3×50	0,5	0,59	0,08	62,5	1,15	4316,7
ПС-35/6 кВ «136» - КТП-136-16	АпвВн г-LS-6-3×50	0,5	0,59	0,08	62,5	1,15	4316,7
Итого по сети предприятия (после внедрения мероприятий)						199,74	748281,3

Итоговые результаты оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и

6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», представлены в форме таблицы 7 и графика рисунка 16.

Таблица 7 – Итоговые результаты оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Мероприятия	Уровень потерь электроэнергии, кВт·ч	
	До внедрения	После внедрения
Реконструкция питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»	883224,8	748281,3

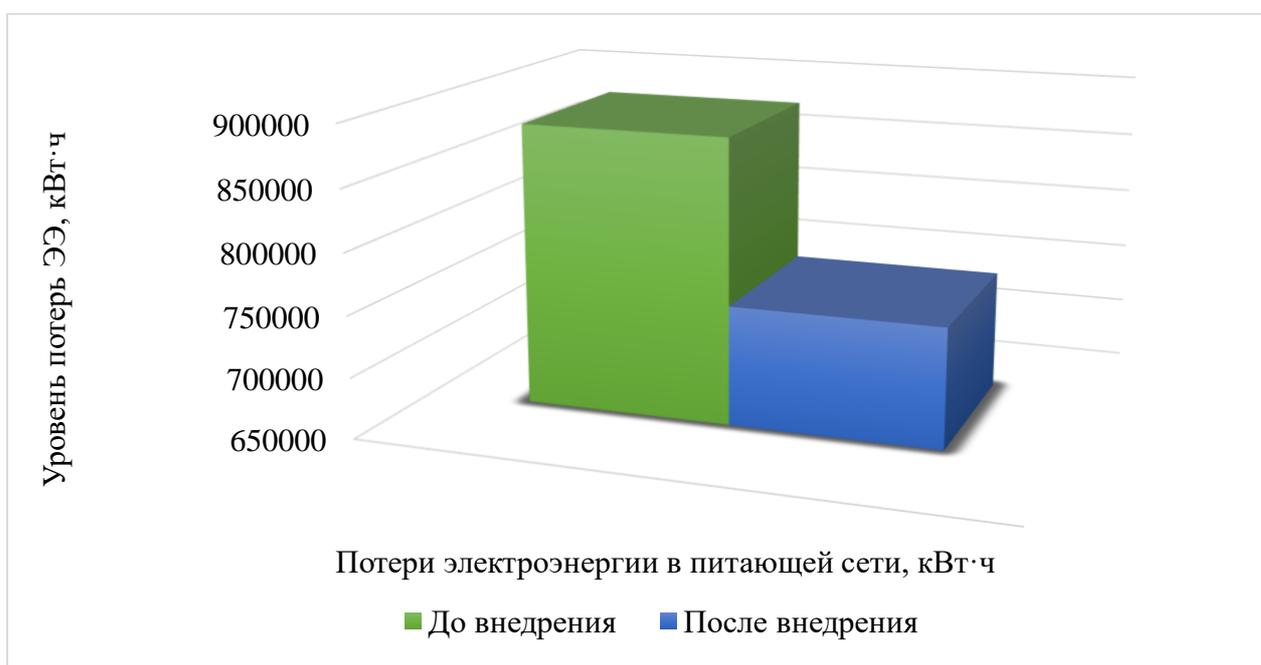


Рисунок 16 – Итоговые результаты оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

В результате проведения оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий

питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, потери электроэнергии уменьшились в среднем на 134943,5 кВт·ч, что составляет 15,28 %;

– учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно технически.

Полученные результаты говорят о технической целесообразности внедряемых мероприятий.

3.4 Экономическое обоснование внедрения комплекса мероприятий

Обоснование экономической эффективности внедрённых мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающих сетях напряжением 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» основано на расчёте разницы в затратах на оплату потерь электроэнергии до и после их реализации.

Замена устаревших кабельных линий на современные проводники с улучшенными электрическими характеристиками привела к сокращению потерь на 134943,5 кВт·ч, что составляет 15,28% от первоначальных значений. Для расчёта экономической выгоды необходимо умножить величину сокращённых потерь на тариф за электроэнергию, действующий для предприятия.

Таким образом, экономическая эффективность внедрения данных мероприятий:

$$\mathcal{E} = \Delta W_a^{\Sigma} \cdot C, \text{ руб.}, \quad (10)$$

где C – стоимость 1 кВт·ч, руб.

С учётом ранее полученных результатов:

$$\mathcal{E} = 134943,5 \cdot 5,57 = 751635,3 \text{ руб.}$$

Итоговые результаты оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», представлены в форме таблицы 8 и графика рисунка 17.

Таблица 8 – Итоговые результаты оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

Мероприятия	Стоимость потерь электроэнергии, руб.	
	До внедрения	После внедрения
Реконструкция питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»	4919562,1	4167926,8

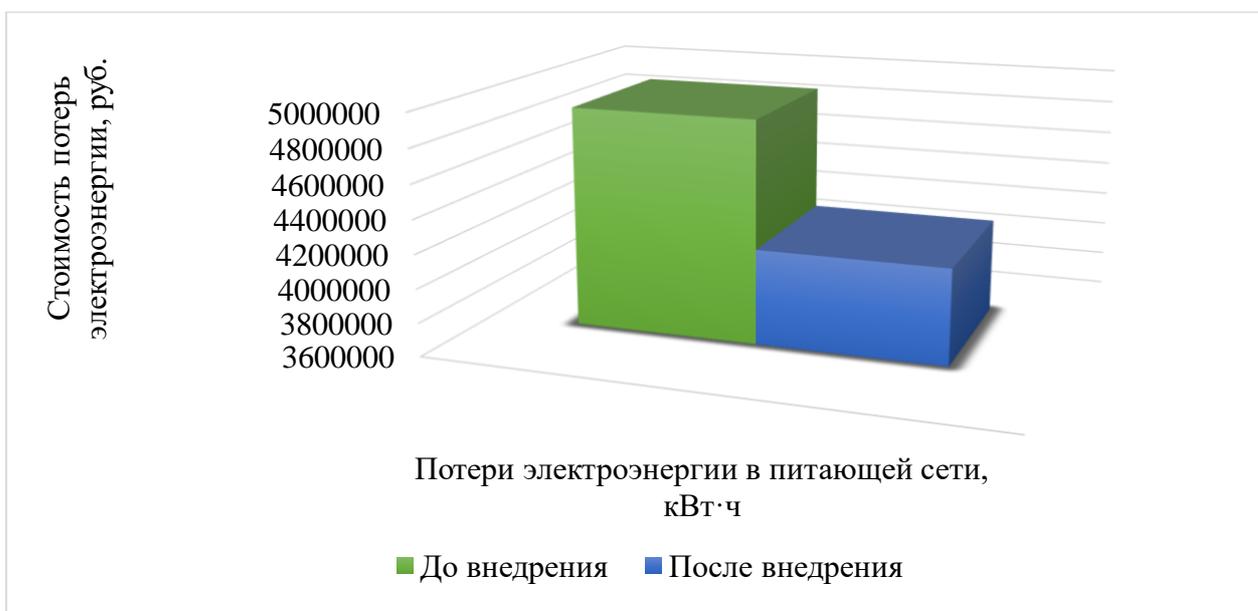


Рисунок 17 – Итоговые результаты оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз»

В результате проведения оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, затраты на оплату потерь электроэнергии уменьшились в среднем на 751635,3 руб.;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно экономически.

Полученные результаты говорят о экономической эффективности внедряемых мероприятий.

Выводы по третьему разделу.

В результате выполнения третьего раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», проведено технико-экономическое обоснование предложенных технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования.

В результате проведения оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, потери электроэнергии уменьшились в среднем на 134943,5 кВт·ч, что составляет 15,28 %;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации

потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно технически.

Полученные результаты говорят о технической целесообразности внедряемых мероприятий.

В результате проведения оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, затраты на оплату потерь электроэнергии уменьшились в среднем на 751635,3 руб.;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно экономически.

Полученные результаты говорят о экономической эффективности внедряемых мероприятий.

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий в системе электроснабжения объекта исследования способствует значительному повышению энергоэффективности и обеспечивает существенную экономию финансовых ресурсов предприятия.

Заключение

В результате выполнения работы, разработан комплекс мероприятий по минимизации технических потерь электрической энергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз», осуществляемый путём замены устаревших и неэффективных проводников питающей и распределительной сети предприятия на новые инновационные разработки, обладающие меньшим сопротивлением, большей пропускной способностью, повышенной надёжностью, а также прочими улучшенными техническими характеристиками.

В результате выполнения первого раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведён анализ состояния потерь электроэнергии в электрических сетях, рассмотрены факторы, приводящие к потерям электроэнергии и классификация потерь электроэнергии в электрических сетях, проанализированы основные мероприятия по минимизации потерь электроэнергии.

Перечислены выдающиеся отечественные и зарубежные учёные, внесшие вклад в развитие данного вопроса.

Установлено, что данная тематика актуальна в современных системах электроснабжения отечественных предприятий.

В результате рассмотрения вопроса и анализа текущего состояния проблематики потерь электроэнергии в мировой электроэнергетике, установлено, что проблема потерь электроэнергии является одной из наиболее актуальных проблем в энергетических системах развивающихся стран, а также в энергосистемах отдельных регионов Российской Федерации.

Таким образом, в результате рассмотрения данного вопроса и анализа текущего состояния проблематики потерь электроэнергии в

электроустановках, связанные с природой их возникновения, а также классификации потерь электроэнергии, сделаны следующие выводы:

- установлено, что природа возникновения потерь электроэнергии весьма разнообразна. В основе данного процесса лежат как технические, так и прочие факторы (организационные, экономические);
- рассмотрена классификация потерь электроэнергии по природе их возникновения. Установлено, что по данному критерию потери электроэнергии могут быть технологическими (обусловленные техническими процессами) и коммерческими (обусловленные влиянием человеческого фактора);
- установлено, что в принятой официальной классификации потерь электроэнергии выделяют четыре основные составляющие, а именно: технические, инструментальные, коммерческие потери, а также потери в системе собственных нужд подстанций.

По анализу материала по мероприятиям для минимизации потерь электроэнергии, сделаны следующие основные выводы:

- мероприятия по минимизации потерь электроэнергии являются основой для практической реализации данной проблематики в системах электроснабжения предприятий;
- существуют основная классификация мероприятий по минимизации потерь электрической энергии в электрических сетях, в основе которой лежат характерные виды мероприятий (технические, организационные и мероприятия по совершенствованию систем расчётного и технического учёта электроэнергии);
- наиболее эффективный результат при разработке мероприятий по снижению потерь электроэнергии получается при совместном одновременном использовании нескольких групп данных мероприятий;

- при разработке потерь электроэнергии на конкретном объекте, требуется комплексный подход к данной проблеме.

В результате выполнения второго раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», на основании анализа технической литературы по данной тематике, проведена разработка комплекса мероприятий по минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз».

Приведены основные технические и экономические характеристики ООО «РН-Пурнефтегаз». В результате проведения анализа состояния технических данных системы в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» было окончательно установлено, что основной проблемой на данном предприятии является проблема потерь электроэнергии в питающей сети напряжением 35 кВ, а также в распределительной сети напряжением 6 кВ.

Исходя из результатов анализа потерь электроэнергии за 5 последних лет, установлено следующее:

- средний суммарный уровень суммарных потерь электроэнергии в системе электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз» составляют около 7,68 %;
- средний уровень потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ объекта исследования составил 8,2%, в распределительной сети напряжением 6 кВ – 7,26 %.
- уровень потерь в распределительной сети 0,38/0,22 кВ объекта исследования составляет в среднем за последние 5 лет уровень 4,7 % и может считаться допустимым.

Данное обстоятельство приводит к необходимости соискания, разработки и внедрения организационных, организационно-технических, технико-технологических мероприятий, направленных на снижение

технологических потерь в электрической энергии в электрических сетях системы электроснабжения участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз».

В результате проведения расширенного анализа методов и мероприятий по снижению потерь электроэнергии, в питающих и распределительных сетях ООО «РН-Пурнефтегаз» предложено реализовать следующие основные технические мероприятия по минимизации потерь электроэнергии:

- заменить устаревшие провода марки АС-50/8 на питающей воздушной линии 35 кВ, которая питает ПС 35/6 кВ «136» предприятия, на провода современных марок, обладающих меньшим сопротивлением и большей пропускной способностью (например, предлагается использовать для данной цели провода марки АЕРО-Z и его модификации);
- заменить устаревшие кабельные линии распределительной сети 6 кВ марки АСБ на кабели современных марок, обладающие пониженным сопротивлением и большей надёжностью, а также прочими улучшенными характеристиками (предлагается использовать кабели с изоляцией со сшитого полиэтилена, а также другие аналогичные разработки).

В результате выполнения третьего раздела магистерской диссертации «Минимизация потерь электроэнергии в системе электроснабжения ООО «РН-Пурнефтегаз»», проведено технико-экономическое обоснование предложенных технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования.

В результате проведения оценки технической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий

питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, потери электроэнергии уменьшились в среднем на 134943,5 кВт·ч, что составляет 15,28 %;

- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно технически.

Полученные результаты говорят о технической целесообразности внедряемых мероприятий.

В результате проведения оценки экономической эффективности внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии в питающей сети 35 кВ и 6 кВ участка бурения ООО «РН-Пурнефтегаз», были получены следующие результаты:

- при внедрении практических мероприятий, заключающихся в замене устаревших кабельных линий питающей сети 35 кВ с провода марки АС-50/8 на провод марки СИП-3 (1×50) и кабельных линий питающей сети 6 кВ с кабелей марки АСБ-6(3×25) на кабели марки АпВнг-LS-6-3×50, затраты на оплату потерь электроэнергии уменьшились в среднем на 751635,3 руб.;
- учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что внедрение перечисленных мероприятий с целью минимизации потерь электроэнергии в системе электроснабжения объекта исследования, эффективно экономически.

Полученные результаты говорят о экономической эффективности внедряемых мероприятий.

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий в системе электроснабжения объекта исследования способствует значительному повышению энергоэффективности и обеспечивает существенную экономию финансовых ресурсов предприятия.

Список используемых источников

1. Войтов О. Н. Алгоритмы оценки потерь электроэнергии в электрической сети и их программная реализация. // О. Н. Войтов – Электричество. 2015. № 10.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения от 1 июля 2014 г. [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301/> (дата обращения: 21.10.2024).
3. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Энергоатомиздат, 2015. 261 с.
4. Железко Ю. С. Методы расчёта нагрузочных потерь электроэнергии в радиальных сетях 0,38-20 кВ по обобщённым параметрам сети. Электрические станции. 2016. № 1.
5. Железко Ю. С. Потери электроэнергии в оборудовании сетей и подстанций. Электрические станции. 2015. № 7.
6. Железко Ю. С. Статистические характеристики погрешностей измерительных комплексов и их использование при расчёте недоучёта электроэнергии. Электрические станции. 2015. № 7.
7. Кабель АВББШвнг (3×25+1×16) [Электронный ресурс]: URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/avbbshng-ls/kabel-avbbshng-ls-3x25-1x16.html](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/avbbshng-ls/kabel-avbbshng-ls-3x25-1x16.html) (дата обращения: 31.10.2024).
8. Кабель АПвВнг(А)-LS [Электронный ресурс]: URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-izolyacziej-iz-sshitogo-polietilena-\(6kv\)/apvvng-ls-6kv/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyie/s-izolyacziej-iz-sshitogo-polietilena-(6kv)/apvvng-ls-6kv/) (дата обращения: 25.10.2024)
9. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2021. 400 с.

10. Куксин А.В. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2021. 156 с.

11. Мирошник А. А. Уточненные алгоритмы расчета потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ в реальном времени. Проблемы региональной энергетики. 2015. 2 (13).

12. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.

13. ООО «РН-ПУРНЕФТЕГАЗ». [Электронный ресурс]: URL: <https://checko.ru/company/rn-purneftegaz-1058901407707> (дата обращения: 01.11.2024).

14. ООО «РН-ПУРНЕФТЕГАЗ». [Электронный ресурс]: URL: <https://companium.ru/id/1058901407707-rn-purneftegaz> (дата обращения: 01.11.2024).

15. Порядок расчета и обоснования нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. Утв. приказом Минпромэнерго России от 4 октября 2005 г, № 267 [Электронный ресурс]: URL: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/530146> (дата обращения: 01.11.2024)

16. Постановление Правительства РФ от 9 сентября 2023 г. № 1473 «Об утверждении комплексной государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» [Электронный ресурс]: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407532842/> (дата обращения: 01.11.2024).

17. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 321 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: [Электронный ресурс]: URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70544238/> (дата обращения: 01.11.2024)

18. Потребич А.А. Методы расчёта потерь энергии в питающих электрических сетях энергосистем. Электричество. 2015. №19.

19. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям» [Электронный ресурс]: URL: <http://base.garant.ru/195516/> (дата обращения: 01.11.2024).

20. Приказ Минпромэнерго РФ от 03.02.2005 №21 «Об утверждении методики расчета нормативных (технологических) потерь электроэнергии в электрических сетях. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.zakonprost.ru/content/base/78095> (дата обращения: 01.11.2024).

21. Рогалев Н.Д. Энергосбережение: учебное пособие для ВУЗов. Москва: МЭИ, 2020. 242 с.

22. Самарин О. Д. Энергосбережение. Энергоэффективность. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. 296 с.

23. СИП-3 - 20/35 кВ [Электронный ресурс]: URL: <https://k-ps.ru/spravochnik/provoda-izolirovannyie/dlya-vozdushnyix-linij-peredach/sip-3/> (дата обращения: 25.10.2024)

24. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

25. Энергетическая стратегия РФ на период до 2035 года // РД РАО «ЕЭС России». Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р – М.: Министерство энергетики, 2020.

26. Araujo, Whester J Monocriteria and multicriteria based placement of re-active power sources in distribution systems / Whester J Araujo, Petr Ya. Ekel, Rafael P. Falcao Filho, Illya Kokshenev, Henrique S Schuffner. // International journal of applied mathematics and informatics. 2017. Vol. 5. №3. P.240-248.

27. Kamboj, S.; Dahiya, R. «Evaluation of DTLR of power distribution line from sag measured using GPS», Energy, Automation, and Signal (ICEAS), 2021 International Conference on, On page(s): 1 – 6.

28. Krontiris T., Wasserrab A., Balzer G., «Weather-based loading of overhead lines-Consideration of conductor's heat capacity» in Proc. 2020 MEPS Conf., pp. 1-8.

29. Raniga J.K., Rayadu R.K., «Dynamic rating of transmission lines - a New Zeland experience», IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2020.

30. Ren L., Jiang X., Shenh G., Bo W., «Design and calculation method for dynamic increasing transmission line capacity», WSEAS Transactions on Circuits and Systems, vol. 7, issue 5, pp.348-357, May 2018.