

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт управления бизнес – процессами и экономики
Кафедра «Экономика и организация предприятий энергетического и
транспортного комплексов»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.В. Кашина

«____» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

38.03.01.02.09 «Экономика предприятий и организаций (энергетика)»

**Повышение эффективности систем передачи и потребления электрической
энергии (на примере ПАО «МРСК Сибири»)**

Пояснительная записка

Руководитель _____ доц. каф., канд. экон. наук. В.А.Финоченко
подпись, дата

Выпускник _____ В.В.Григорьева
подпись, дата

Нормоконтролер _____ Т.М. Руденко
подпись, дата

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт управления бизнес–процессами и экономики
Кафедра «Экономика и организация предприятий энергетического
и транспортного комплексов»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е. В. Кашина

«__» _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Григорьевой Валентине Валерьевне

Группа УБ 14 – 02

Направление подготовки: 38.03.01 «Экономика», профиль подготовки 38.03.01.02.09 «Экономика предприятий и организаций (энергетика)»

Тема выпускной квалификационной работы: «Повышение эффективности систем передачи и потребления электрической энергии (на примере ПАО «МРСК Сибири)»

Утверждена приказом по университету № 5714/с от «19» апреля 2018.

Руководитель ВКР: В.А. Финоченко, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и организация предприятий энергетического и транспортного комплексов» ИУБПЭ СФУ

Исходные данные для ВКР:

- нормативные документы;
- производственно – экономические и финансовые показатели и сведения о работе предприятия;
- бухгалтерская и финансовая отчетность ПАО «МРСК Сибири»;
- отраслевые показатели.

Перечень разделов ВКР:

- Теоретические аспекты деятельности предприятий электроэнергетической отрасли
- Характеристика исследуемых объектов
- Мероприятия, направленные на снижение потерь электрической энергии

Перечень презентационного материала: цель и задачи бакалаврской работы; объект исследования; классификация потерь электрической энергии в сетях; структура мероприятий по снижению потерь электроэнергии; характеристика ПАО «МРСК Сибири»: территория обслуживания предприятия, основные характеристики передающих мощностей организации, фактические потери ПАО «МРСК Сибири»; характеристика воздушной линии 10 кВ ф. 00–

00 N–ной РЭС Красноярского края: схема фидера, структура потерь электроэнергии на рассматриваемом объекте, результаты мероприятий, направленных на снижение потерь, ПАО «МРСК Сибири»; описание разработанного мероприятия по снижению потерь электроэнергии – замены неизолированного провода на самонесущий изолированный провод; оценка экономической эффективности данного мероприятия; перечень организационных мероприятий по снижению потерь электрической энергии.

Руководитель ВКР

В.А. Финоченко

подпись

Задание принял к исполнению

В.В. Григорьева

подпись

« ____ » _____ 2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Повышение эффективности систем передачи и потребления электрической энергии (на примере ПАО «МРСК Сибири»)» содержит 79 страницы текстового документа, 14 рисунков, 11 таблиц, 20 формул, 72 использованных источника.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, ФИДЕР, ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ, КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ, МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, УЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, БЕЗУЧЁТНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, СТРУКТУРА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

Объект исследования – ПАО «МРСК Сибири».

Цель работы – разработка мероприятий по повышению эффективности систем передачи и потребления электрической энергии ПАО «МРСК Сибири».

В соответствии с поставленной целью в дипломном проекте были раскрыты теоретические основы структуры и причин возникновения потерь электрической энергии в сетях, дана характеристика структуры потерь на исследуемом объекте, разработаны мероприятия по снижению потерь электроэнергии, проведена оценка экономической эффективности разработанных мероприятий.

В итоге был разработан ряд рекомендаций и предложений по повышению эффективности систем передачи и потребления электрической энергии ПАО «МРСК Сибири» и посчитан экономический эффект от предлагаемых мероприятий.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Теоретические аспекты деятельности предприятий электроэнергетической отрасли.....	10
1.1 Факторы, оказывающие влияние на развитие энергетической отрасли России.....	10
1.2 Нормативное регулирование энергосберегающей политики в энергетической отрасли.....	16
1.3 Структура потерь электрической энергии.....	26
2 Характеристика исследуемых объектов	37
2.1 Характеристика ПАО «МРСК Сибири»	37
2.2 Характеристика воздушной линии N–ной РЭС Красноярского края.....	43
2.3 Методы и средства учета электроэнергии.....	48
3 Мероприятия, направленные на снижение потерь	59
3.1 Мероприятия по снижению потерь, проводимые ПАО «МРСК Сибири».....	59
3.2 Оценка эффективности мероприятий по снижению потерь.....	64
Заключение	77
Список использованных источников	79

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика – отрасль энергетики, включающая в себя производство, передачу и сбыт электроэнергии. Электроэнергетика является наиболее важной отраслью энергетики, что объясняется такими преимуществами электроэнергии перед энергией других видов, как относительная лёгкость передачи на большие расстояния.

Электроэнергетика обеспечивает электрификацию страны на основе рационального расширения производства и использования электрической энергии.

Передача электрической энергии от электрических станций до потребителей осуществляется по электрическим сетям. Электросетевое хозяйство – естественно–монопольный сектор электроэнергетики. С технической точки зрения, электрическая сеть представляет собой совокупность линий электропередач и трансформаторов, находящихся на подстанциях.

Линии электропередач представляют собой металлический проводник, по которому проходит электрический ток. Электроснабжение в подавляющем большинстве случаев – трехфазное, поэтому линия электропередачи, как правило, состоит из трёх фаз, каждая из которых может включать в себя несколько проводов. Конструктивно линии электропередачи делятся на воздушные и кабельные.

Воздушные линии подвешены над поверхностью земли на безопасной высоте на специальных сооружениях, называемых опорами. Как правило, провод на воздушной линии не имеет поверхностной изоляции; изоляция имеется в местах крепления к опорам. Основным достоинством воздушных линий электропередачи является их относительная дешевизна по сравнению с кабельными. Также гораздо лучше ремонтпригодность. Однако, у воздушных ЛЭП имеется ряд недостатков:

– широкая полоса отчуждения: в окрестности ЛЭП запрещено ставить

какие–либо сооружения и сажать деревья; при прохождении линии через лес, деревья по всей ширине полосы отчуждения вырубаются;

– незащищённость от внешнего воздействия, например, падения деревьев на линию и воровства проводов; несмотря на устройства грозозащиты, воздушные линии также страдают от ударов молнии;

– эстетическая непривлекательность – одна из причин повсеместного перехода на кабельный способ электропередачи в городской черте.

Кабельные линии проводятся под землёй. Они менее доступны для визуального наблюдения их состояния (а в случае бесколлекторной укладки вообще недоступны), что также является существенным эксплуатационным недостатком.

В линиях электропередач возникают потери электрической энергии, что является важным показателем экономичности их работы. Поэтому предприятия энергетической отрасли разрабатывают мероприятия по снижению потерь.

Целью выпускной квалификационной работы является выявление наиболее эффективных путей повышения эффективности потребления и передачи электрической энергии.

Объектом исследования является публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири», основным видом деятельности которой является передача электрической энергии и технологическое присоединение к электрическим сетям.

Для достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

– изучены теоретические аспекты нормативно–правовой базы в отношении передачи, потребления электроэнергии и энергосбережения;

– изучена структура потерь электрической энергии, проанализирована воздушная линия 10 кВ N–ной РЭС Красноярского края;

– изучены мероприятия ПАО «МРСК Сибири» по снижению потерь электрической энергии;

– предложены мероприятия по снижению коммерческих потерь

электроэнергии, оценена их экономическая эффективность.

1 Теоретические аспекты деятельности предприятий электроэнергетической отрасли

1.1 Факторы, оказывающие влияние на развитие энергетической отрасли России

Историческое развитие электроэнергетики России проходило на основе поэтапной организации параллельной работы региональных энергетических систем с образованием межрегиональных объединенных энергосистем и формированием на их основе Единой электроэнергетической системы (ЕЭС). Создание целостной системы, несмотря на сохраняющуюся проблему слабости сетевых связей между Европейской частью России и Сибирью, между Сибирью и Дальним Востоком, является важнейшим завоеванием отечественной электроэнергетики. Целостность сетевого хозяйства в электроэнергетике, возможность управления системой из единого центра являются важнейшими факторами интеграции хозяйственного комплекса страны.

В настоящее время ЕЭС России остается самым крупным в мире высокоавтоматизированным комплексом, обеспечивающим производство, передачу и распределение электроэнергии и централизованное оперативно-технологическое управление этими процессами. Единая энергетическая система России состоит из 70 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220–500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно).

В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит 748 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На 1 января 2018 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 239812,2 МВт.

Увеличение установленной мощности электростанций ЕЭС России за

счет вводов нового, а также модернизации действующего генерирующего оборудования электростанций составило 3468,57 МВт в 2017 г. Ввод новой мощности в 2017 году на электростанциях ЕЭС России с учетом электростанций промышленных предприятий составил 3607,54 МВт. Выведено из эксплуатации 1435,35 МВт неэффективного и устаревшего генерирующего оборудования.

По объёму производства Россия является четвертым энергетическим рынком в мире после Китая, США и Индии в 2017 году. Выработка в этом году составила 1074 млрд Квт·ч. Динамику выработки электрической энергии 2015 – 2017 гг. можно наблюдать на рисунке 1.

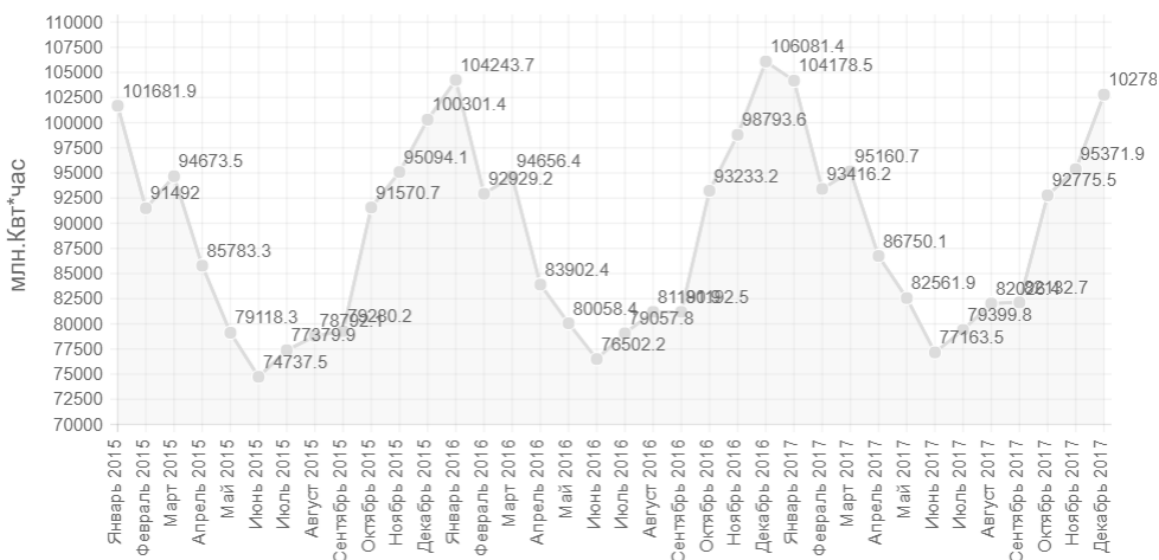


Рисунок 1 – Выработка э/э в России 2015–2017 гг.

В свою очередь по потреблению электроэнергии Россия занимает пятое место, уступая кроме вышеупомянутых стран также Японии. В 2017 г. оно составило 1059,7 млрд кВт·ч, что на 0,5% выше чем в 2016 году. Наибольший вклад в потребление электрической энергии внёс сектор обрабатывающего производства. На его долю пришлось около 30% от всего объёма потребления электроэнергии в России за 2017 год. Подробнее с потреблением электрической

энергии можно ознакомиться на рисунке 2.

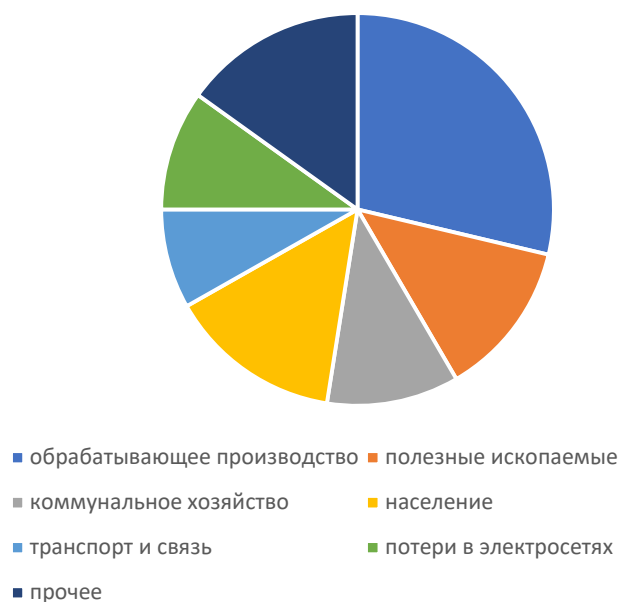


Рисунок 2 – Потребление электроэнергии в РФ в разрезе секторов экономики за 2016 год

Следует обратить внимание, что процент потерь в электросетях составляет 9,9%. В большинстве стран с развитой экономикой уровень 10–12% считается максимально возможным для потерь электроэнергии. Рост данного показателя свидетельствует о том, что существуют проблемы, которые требуют безотлагательного решения.

Потери в электрических сетях возникают в следствии такого сдерживающего фактора, как высокая степень изношенности основных фондов.

Снижение потребления электроэнергии на фоне спада промышленного производства в 1990–х годах, а также нерегулярный и неполный характер расчетов за предоставленную электроэнергию способствовали систематическому дефициту собственных средств, выделяемых на обновление основных фондов электроэнергетики. В результате много лет сектор электроэнергетики не получал достаточного объема инвестиций, что на текущий момент привело к критическому износу оборудования.

Согласно Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики

до 2035 года, основу возрастной структуры генерирующего оборудования составляет оборудование, введенное в эксплуатацию в 1961 – 1970 годах установленной мощностью 47,2 млн кВт, в 1971 – 1980 годах – установленной мощностью 61,1 млн кВт и в 1981 – 1990 годах – установленной мощностью 51,2 млн кВт. Суммарная установленная мощность генерирующего оборудования, введенного в эксплуатацию до 1961 года, составляет 17,5 млн кВт, т.е. около 46% установленных мощностей в России были введены до 1980 года, они имеют возраст более 38 лет. Возрастная структура генерирующего оборудования наглядно продемонстрирована на рисунке 3.

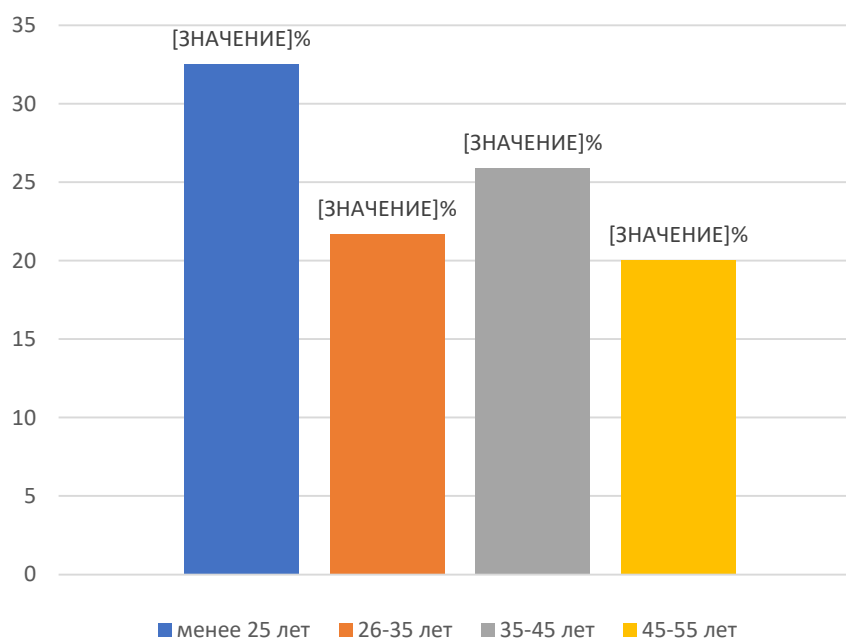


Рисунок 3 – Возрастная структура генерирующего оборудования

Говоря об энергетической отрасли в России следует отметить ряд других сдерживающих факторов, влияющих на её развитие в целом. Кроме вышеупомянутой высокой степени износа основного генерирующего и сетевого оборудования к проблемам можно отнести такой фактор как перекрестное субсидирование.

Перекрестное субсидирование – это ценовая дискриминация, при которой для одних покупателей (потребителей) цена устанавливается ниже предельных издержек за счет других покупателей (потребителей), для которых цена устанавливается выше предельных издержек (при этом средние цены соответствуют средним издержкам). Данный механизм вносит значительные искажения в конечную цену электрической и тепловой энергии и в тарифы на услуги по ее передаче.

Наиболее ярким примером тарифной политики последних лет является перекрестное субсидирование между категориями потребителей, приводящее к перераспределению платежного бремени, часть которого переносится с населения на промышленность. Указанное перераспределение реализуется через стоимость услуг по передаче электроэнергии для промышленных предприятий и групп.

Стоит отметить, что помимо этого существуют и другие виды перекрестного субсидирования: межтерриториальное, между видами товаров (тепловая и электрическая энергия). Такое субсидирование реализуется на оптовом рынке электроэнергии (мощности) с применением тарифов по регулируемым договорам. Однако данные виды субсидирования по объему в денежном выражении значительно уступают перекрестному субсидированию между промышленностью и населением [40].

Перекрестное субсидирование между категориями потребителей в сфере электроэнергетики возникло в России в начале 1990–х годов, когда в период экономического спада государством были приняты меры социальной поддержки населения. В конце 1990–х годов Правительство России поставило цели по ликвидации перекрестного субсидирования. К 2007 году экономическая справедливость цен для различных категорий потребителей была практически достигнута, однако после кризиса 2008 года динамика ухудшилась: расхождение тарифов для населения и промышленности снова увеличилось [40].

Данный фактор в существенной мере негативно влияет на отрасль. Среди

его основных недостатков можно выделить:

- стимулирование крупных потребителей к уходу из «большой» энергетики и к постройке собственных генерирующих объектов, что приводит к росту тарифной нагрузки для остальных потребителей, снижению эффективности энергокомпаний и необходимости консервации мощностей;
- непрозрачность распределения нагрузки по перекрестному субсидированию между группами потребителей.

Для обеспечения прозрачности и справедливости распределения нагрузки по перекрестному субсидированию, постепенного снижения его объема и изменения его структуры с целью обеспечения более эффективной адресной поддержки малоимущих и социально защищаемых категорий потребителей в 2013 году Правительством РФ была принята Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации. В рамках реализации данной стратегии в 2013 году законодательно определен порядок установления и применения социальной нормы потребления электроэнергии, что способствует адресному распределению субсидий.

В 2013 году в законодательство были внесены изменения, направленные на ликвидацию одного из способов перекрестного субсидирования – договоров «последней мили», в соответствии с которыми промышленные предприятия, подключенные напрямую к сетям, оплачивали услуги по более высоким тарифам. Ликвидация «последней мили» призвана способствовать более справедливому распределению нагрузки между населением и промышленными потребителями. Однако в настоящее время, в соответствии с ФЗ «Об электроэнергетике», проблема «последней мили» для ряда регионов до сих пор не решена.

В 2014 году впервые была законодательно закреплена предельная величина перекрестного субсидирования, учитываемая в тарифах на услуги по передаче электрической энергии всем потребителям, кроме населения.

Проект энергетической стратегии России на период до 2035 года предусматривает постепенную ликвидацию всех видов перекрестного

субсидирования между отдельными группами потребителей и услугами.

Следующей проблемой энергетической отрасли России можно выделить «проблему неплатежей». По данным Ассоциации «НП Совет рынка», на конец декабря 2017 года на оптовом рынке задолженность составила 65,2 млрд руб., а на розничном – 243 млрд руб. Динамику задолженности оплаты за электроэнергию можно увидеть на рисунке 4.

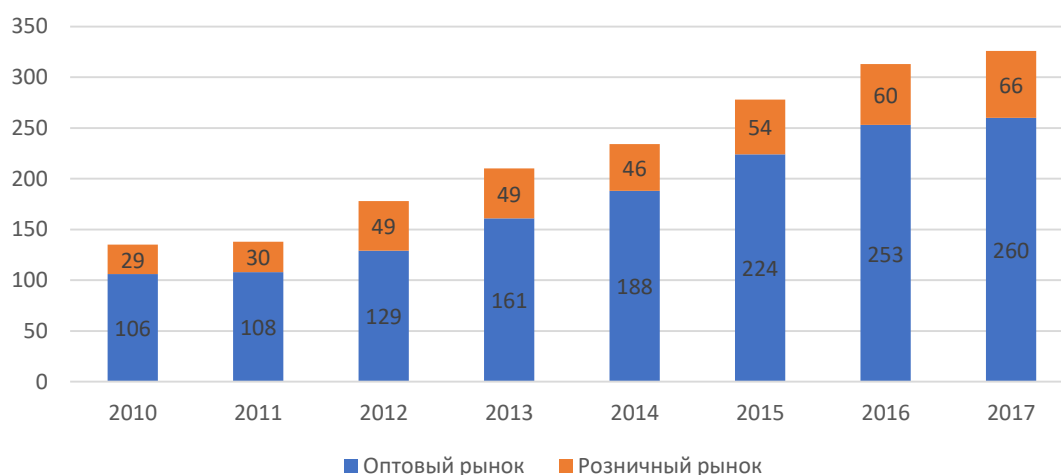


Рисунок 4 – Динамика задолженности оплаты за электроэнергию, млрд руб.

Если на оптовом рынке электроэнергии есть ряд законодательных мер, которые позволяют воздействовать на неплательщика, то на розничном рынке такой механизм практически отсутствует. Фактически отключить электроэнергию населению и приравненной к нему группе потребителей не представляется возможным из-за особого статуса предоставляемой услуги – ее высокой социальной значимости.

1.2 Нормативное регулирование энергосберегающей политики в энергетической отрасли

Федеральный закон от 26.03.2003 №35–ФЗ (ред. от 29.12.2017) «Об электроэнергетике» даёт следующее определение электроэнергетике:

«Электроэнергетика – отрасль экономики Российской Федерации, включающая в себя комплекс экономических отношений, возникающих в процессе производства (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии), передачи электрической энергии, оперативно–диспетчерского управления в электроэнергетике, сбыта и потребления электрической энергии с использованием производственных и иных имущественных объектов (в том числе входящих в Единую энергетическую систему России), принадлежащих на праве собственности или на ином предусмотренном федеральными законами основании субъектам электроэнергетики или иным лицам. Электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения» [46].

Электроэнергетика является важнейшей базовой отраслью промышленности России. Поэтому необходимо регулировать её деятельность. Это является причиной возникновения государственной энергосберегающей политики.

«Энергосберегающая политика государства – правовое, организационное и финансово–экономическое регулирование деятельности в области энергосбережения» [49].

Энергосбережение – начальный этап структурной перестройки всех отраслей хозяйства страны. Для создания условий, определяющих интерес к энергосбережению всех участников процесса добыча – потребление – утилизация, разработана нормативно–правовая база.

По своей юридической силе все нормативно–правовые документы можно построить в следующем порядке:

- Конституция Российской Федерации;
- Федеральные законы, принимаемые Государственной Думой Российской Федерации;
- Указы Президента Российской Федерации;
- Постановления и решения Правительства Российской Федерации;
- Региональные законы, постановления и решения администрации

регионов;

- Постановления и решения муниципальных образований;
- Приказы и распоряжения руководителей предприятий и организаций всех форм собственности.

Конституция Российской Федерации (12 декабря 1993 г.) разделила полномочия между федеральными и иными органами власти. Согласно Конституции РФ субъекты РФ обладают всей полнотой государственной власти. Вопросы регулирования в области электроэнергетики на уровне АО–энергетики и ниже переданы в ведение субъектов Федерации [45].

Важную роль в регулировании отношений по энергосбережению играет Гражданский кодекс РФ, который предусматривает:

- правила заключения договоров энергоснабжения, в том числе с населением;
- правила изменения и расторжения такого договора;
- методы учёта качества поданной потребителю энергии;
- необходимость поддержания стандарта качества электрической энергии;
- обязанность покупателя по содержанию эксплуатации сетей, приборов и оборудования;
- ответственность по договору энергоснабжения;
- экономическую ответственность энергоснабжающей организации за нанесённый ущерб потребителю при перерыве энергоснабжения;
- ответственность руководителей предприятий, организаций, учреждений за расточительное расходование электрической и тепловой энергии [43].

Во исполнение федеральных законов приняты ряд постановлений правительства, связанных с энергетикой и энергосбережением. Государственный контроль за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности организациями, независимо от их организационно–правовых форм и форм собственности, их руководителями, должностными лицами, а также физическими лицами осуществляется федеральными органами исполнительной

власти (федеральный государственный контроль), органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации (региональный государственный контроль), уполномоченными на осуществление такого государственного контроля в соответствии с правилами, установленными Правительством Российской Федерации (ст. 28 ФЗ № 261–ФЗ) [48].

Выработка государственной политики и нормативно–правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности возложены на:

– Министерство экономического развития РФ (в сфере повышения энергетической эффективности экономики РФ; обеспечения энергетической эффективности при размещении заказов для государственных или муниципальных нужд; обеспечения энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетными учреждениями, организациями, осуществляющими регулируемые виды деятельности);

– Министерство промышленности и торговли РФ (в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности при обороте товаров, в том числе утверждение правил определения классов энергетической эффективности товаров, определение категорий товаров и их характеристик в установленных Правительством РФ пределах и решения ряда других вопросов в пределах сферы деятельности министерства);

– Министерство регионального развития РФ (в сфере обеспечения энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, в том числе в жилищном фонде, в садовых, огороднических и дачных некоммерческих объединениях граждан; в сфере повышения энергетической эффективности экономики субъектов РФ и муниципальных образований);

– Министерство энергетики РФ (по вопросам проведения энергетических обследований, информационного обеспечения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, учета использования энергоресурсов).

Лица, виновные в нарушении законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, несут административную, дисциплинарную и гражданскую ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации (ст. 29 ФЗ №261–ФЗ) [48].

Административная ответственность за нарушение законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности предусмотрена ст. 9.16 Кодекса РФ об административных правонарушениях. Так, несоблюдение лицами, ответственными за содержание многоквартирных домов, требований энергетической эффективности, предъявляемых к многоквартирным домам, требований их оснащённости приборами учета используемых энергетических ресурсов, требований о проведении обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности общего имущества собственников помещений в многоквартирных домах – влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 5 до 10 тыс. руб.; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, – от 10 до 15 тыс. руб.; на юридических лиц – от 20 до 30 тыс. руб. [44].

Правовое положение в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

- эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно–технологических, экологических и социальных условий (ст. 4 ФЗ № 261) [48].

Анализ вышеуказанного закона позволяет сделать вывод, что роль

государства не должна сводиться только к проблеме финансирования. Органы государственной власти Российской Федерации наделены следующими полномочиями в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности:

- формирование и осуществление государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- разработка и реализация федеральных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением федеральными бюджетными учреждениями, федеральными государственными унитарными предприятиями, государственными компаниями, государственными корпорациями, а также юридическими лицами, имущество которых более чем 50 % акций или долей в уставном капитале, которые принадлежат государственным корпорациям;

- определение товаров, которые должны содержать информацию об энергетической эффективности, и правил нанесения такой информации;

- установление правил определения классов энергетической эффективности товаров, многоквартирных домов;

- определение требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;

- установление принципов определения перечня обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;

- установление требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд;

- установление порядка осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о

повышении энергетической эффективности;

– установление правил создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и обеспечение ее функционирования;

– установление требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

– установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в случае если цены (тарифы) на товары, услуги таких организаций подлежат установлению федеральными органами исполнительной власти;

– определение форм и методов государственной поддержки в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и ее осуществление;

– осуществление федерального государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности;

– осуществление иных полномочий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, отнесенных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации к полномочиям органов государственной власти Российской Федерации.

Аналогичные полномочия закреплены за органами государственной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления.

Производимые, передаваемые, потребляемые энергетические ресурсы подлежат обязательному учету с применением приборов учета используемых энергетических ресурсов. Требования к характеристикам приборов учета используемых энергетических ресурсов определяются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Установленные в соответствии с требованиями законодательства

Российской Федерации приборы учета используемых энергетических ресурсов должны быть введены в эксплуатацию не позднее месяца, следующего за датой их установки, и их применение должно начаться при осуществлении расчетов за энергетические ресурсы не позднее первого числа месяца, следующего за месяцем ввода этих приборов учета в эксплуатацию. Расчеты за энергетические ресурсы могут осуществляться без учета данных, полученных при помощи установленных и введенных в эксплуатацию приборов учета используемых энергетических ресурсов, по договору поставки, договору купли–продажи энергетических ресурсов, включающим в себя условия энергосервисного договора (контракта).

Предметом энергосервисного договора (контракта) является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком.

Энергосервисный договор (контракт) должен содержать:

– условие о величине экономии энергетических ресурсов (в том числе в стоимостном выражении), которая должна быть обеспечена исполнителем в результате исполнения энергосервисного договора (контракта);

– условие о сроке действия энергосервисного договора (контракта), который должен быть не менее чем срок, необходимый для достижения установленной энергосервисным договором (контрактом) величины экономии энергетических ресурсов;

– иные обязательные условия энергосервисных договоров (контрактов), установленные законодательством Российской Федерации.

Для получения объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов, определения показателей энергетической эффективности; определения потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности; разработки перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки может проводиться

энергетическое обследование.

При этом энергетическое обследование может проводиться как в отношении продукции или технологического процесса, так и в отношении юридического лица или индивидуального предпринимателя.

Деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций в области энергетического обследования.

Создание и функционирование саморегулируемых организаций в области энергетического обследования в РФ осуществляется в соответствии с требованиями Федерального закона от 1 декабря 2007 г. № 315–ФЗ «О саморегулируемых организациях» [49] и другими нормативно–правовыми актами. Энергетическое обследование проводится, как правило, в добровольном порядке.

По результатам энергетического обследования проводившее его лицо составляет энергетический паспорт, который содержит следующую информацию:

- об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении;
- о показателях энергетической эффективности;
- о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов);
- о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении;
- о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Проведение энергетического обследования является обязательным для следующих лиц:

- органов государственной власти, органов местного самоуправления, наделенных правами юридических лиц;

- организаций с участием государства или муниципального образования;
- организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности;
- организаций, осуществляющих производство и (или) транспортировку воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии; добычу природного газа, нефти, угля; производство нефтепродуктов; переработку природного газа, нефти; транспортировку нефти, нефтепродуктов;
- организаций, совокупные затраты которых на потребление природного газа, дизельного и иного топлива, мазута, тепловой энергии, угля, электрической энергии превышают 10 млн руб. за календарный год;
- анализ практики применения организаций, проводящих мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, финансируемых полностью или частично за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов.

Каждая саморегулируемая организация в области энергетического обследования один раз в три месяца обязана направлять заверенные ею копии энергетических паспортов в уполномоченный федеральный орган исполнительной власти.

Государство оказывает поддержку в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, содействуя в осуществлении инвестиционной деятельности, в разработке и использовании объектов, технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность, пропагандируя необходимость заключения энергосервисных договоров (контрактов) и т.д.

Одновременно государство осуществляет контроль за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности организациями, независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, их руководителями, должностными лицами, а также физическими лицами.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод о том, что одним из условий надлежащего выполнения законодательства об энергосбережении является осуществление качественного государственного и муниципального контроля

уполномоченными органами.

1.3 Структура потерь электрической энергии

При передаче электроэнергии с шин электростанций до потребителей часть электроэнергии неизбежно расходуется на нагрев проводников, создание электромагнитных полей и другие эффекты. Этот расход и называется потерями электроэнергии. Термин «потери электроэнергии» следует понимать как технологический расход электроэнергии на ее передачу. В связи с существованием такого термина возникает актуальность задачи проведения анализа небалансов электроэнергии по элементам распределительной сети и выявление участков, где величина потерь наиболее значима.

Баланс электроэнергии – это система показателей, характеризующая соответствие потребления электроэнергии в энергосистеме, расхода её на собственные нужды и потерь в электрических сетях величине выработки электроэнергии в энергосистеме с учётом перетоков мощностей из других энергосистем. Данное определение можно применить к участку распределительной сети. Баланс электроэнергии на участке сети определяется соотношением [4]:

$$W_{\text{пс}} = \Delta W_{\text{п}} + W_{\text{пн}} + W_{\text{по}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{пс}}$ – приём электроэнергии в сеть, кВт·ч;

$\Delta W_{\text{п}}$ – суммарные расчётные потери, кВт·ч;

$W_{\text{пн}}$ – расход электроэнергии на производственные и хозяйственные нужды, кВт·ч;

$W_{\text{по}}$ – полезный отпуск, кВт·ч.

Суммарные расчётные потери электроэнергии можно определить по формуле (2):

$$\Delta W_{\Pi} = \Delta W_{\text{ТП}} + \Delta W_{\text{ПН}} + \Delta W_{\text{КП}}, \quad (2)$$

где ΔW_{Π} – то же, что и в формуле (1);

$\Delta W_{\text{ТП}}$ – технические потери электроэнергии, кВт·ч;

$\Delta W_{\text{ПН}}$ – потери, обусловленные нормативными инструментальными погрешностями измерения электроэнергии, кВт·ч;

$\Delta W_{\text{КП}}$ – коммерческие потери, кВт·ч.

Из формул (1) и (2) коммерческие потери определяются как:

$$\Delta W_{\text{КП}} = W_{\text{ПС}} - W_{\text{ПН}} - W_{\text{ПО}}, \quad (3)$$

где $\Delta W_{\text{КП}}$ – то же, что и в формуле (2);

$W_{\text{ПС}}$ – то же, что и в формуле (1);

$W_{\text{ПН}}$ – то же, что и в формуле (2);

$W_{\text{ПО}}$ – то же, что и в формуле (1).

Структура баланса электрической энергии в распределительной сети представлена на рисунке 5 [13].



Рисунок 5 – Структура баланса электрической энергии

Фактические (отчетные) потери электроэнергии включают в себя составляющие различной природы: потери в элементах сети, имеющие чисто физический характер, расход электроэнергии на работу оборудования, установленного на подстанциях и обеспечивающего передачу электроэнергии, погрешности фиксации электроэнергии приборами ее учета и, наконец, хищения электроэнергии путем воздействия на счетчики, неуплату или неполную оплату показаний счетчиков и т. п.

Система учета электроэнергии состоит из измерительных трансформаторов тока (ТТ), напряжения (ТН) и собственно приборов учета. Эти устройства не могут быть идеальными и отрицательные погрешности измерительных устройств, приводящие к недоучету электроэнергии, являются объективным, физически объяснимым их свойством.

Разделение потерь на составляющие может проводиться по разным критериям: характеру потерь (постоянные, переменные), классам напряжения, группам элементов, производственным подразделениям и т. п. Для целей анализа и нормирования потерь целесообразно использовать укрупненную структуру потерь электроэнергии, в которой потери разделены на составляющие исходя из их физической природы и специфики методов определения их количественных значений.

На основе такого подхода фактические потери могут быть разделены на четыре составляющие [10]: технические потери, расход электроэнергии на собственные нужды, недоучет электроэнергии, коммерческие потери.

Технические потери электроэнергии, обусловленные физическими процессами, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям и выражающимися в преобразовании части электроэнергии в тепло в элементах сетей. Теоретически технические потери могут быть измерены при установке соответствующих приборов, фиксирующих поступление и отпуск электроэнергии на рассматриваемом объекте. Практически же оценить действительное их значение с приемлемой точностью с помощью средств измерения нельзя. Для отдельного элемента это объясняется сравнительно

малым значением потерь, сопоставимым с погрешностью приборов учета. Например, измерение потерь в линии, фактические потери энергии в которой составляют 2 %, с помощью приборов, имеющих погрешность $\pm 0,5$ %, может привести к результату от 1,5 до 2,5 %. Для объектов, имеющих большое количество точек поступления и отпуска электроэнергии (электрическая сеть), установка специальных приборов во всех точках и обеспечение синхронного снятия их показаний практически нереальна (особенно для определения потерь мощности). Во всех этих точках счетчики электроэнергии и так установлены, однако мы не можем сказать, что разность их показаний и есть действительное значение технических потерь. Это связано с территориальной разбросанностью многочисленных приборов и невозможностью обеспечения полного контроля правильности их показаний и отсутствия случаев воздействия на них других лиц. Разность показаний этих приборов представляет собой фактические потери, из которых следует выделить искомую составляющую. Поэтому можно утверждать, что измерить технические потери на реальном сетевом объекте нельзя. Их значение можно получить только расчетным путем на основе законов электротехники.

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, необходимый для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала. Этот расход регистрируется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд подстанций.

Потери электроэнергии, обусловленные погрешностями ее измерения (недоучет электроэнергии, метрологические потери). Эти потери получают расчетным путем на основе данных о метрологических характеристиках и режимах работы приборов, используемых для измерения энергии (ТТ, ТН и самих электросчетчиков). В расчет метрологических потерь включают все приборы учета отпуска электроэнергии из сети, в том числе и приборы учета расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций.

Коммерческие потери, обусловленные хищениями электроэнергии,

несоответствием показаний счетчиков оплате электроэнергии бытовыми потребителями и другими причинами в сфере организации контроля за потреблением энергии. Значение коммерческих потерь определяют как разницу между фактическими потерями и суммой первых трех составляющих.

Три первые составляющие укрупненной структуры потерь обусловлены технологическими потребностями процесса передачи электроэнергии по сетям и инструментального учета ее поступления и отпуска. Сумма этих составляющих хорошо описывается термином технологические потери. Четвертая составляющая – коммерческие потери – представляет собой воздействие «человеческого фактора» и включает в себя все проявления такого воздействия: сознательные хищения электроэнергии некоторыми абонентами с помощью изменения показаний счетчиков, потребление энергии помимо счетчиков, неуплату или неполную оплату показаний счетчиков, определение поступления и отпуска электроэнергии по некоторым точкам учета расчетным путем (при несовпадении границ балансовой принадлежности сетей и мест установки приборов учета) и т. п.

Структура потерь, в которой укрупненные составляющие потерь сгруппированы по различным критериям, приведена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Структура фактических потерь электроэнергии

Каждая составляющая потерь имеет свою более детальную структуру.

Нагрузочные потери включают в себя потери:

- в проводах линий передачи;
- силовых трансформаторах и автотрансформаторах;
- токоограничивающих реакторах;
- заградителях высокочастотной связи;
- трансформаторах тока;
- соединительных проводах и шинах распределительных устройств;
- (РУ) подстанций [16].

Последние две составляющие в силу отсутствия практики их поэлементных расчетов и незначительной величины обычно определяют на основе удельных потерь, рассчитанных для средних условий, и включают в состав условно–постоянных потерь.

Потери холостого хода включают в себя постоянные (не зависящие от нагрузки) потери:

- в силовых трансформаторах (автотрансформаторах);
- компенсирующих устройствах (синхронных и тиристорных компенсаторах, батареях конденсаторов и шунтирующих реакторах);
- оборудовании системы учета электроэнергии (ТТ, ТН, счетчиках и соединительных проводах);
- вентильных разрядниках и ограничителях перенапряжения;
- устройствах присоединения высокочастотной связи (ВЧ–связи);
- изоляции кабелей.

Потери, обусловленные погодными условиями (климатические потери) включают в себя три составляющие:

- потери на корону в воздушных линиях электропередачи (ВЛ) по кВ и выше;
- потери от токов утечки по изоляторам ВЛ;

– расход электроэнергии на плавку гололеда.

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций обусловлен режимами работы различных (до 23) типов ЭП. Этот расход можно разбить на шесть составляющих:

- на обогрев помещений;
- вентиляцию и освещение помещений;
- системы управления подстанцией и вспомогательные устройства синхронных компенсаторов;
- охлаждение и обогрев оборудования;
- работу компрессоров воздушных выключателей и пневматических приводов масляных выключателей;
- текущий ремонт оборудования, устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), дистилляторы, вентиляцию закрытого распределительного устройства (ЗРУ), обогрев и освещение проходной (прочий расход).

Погрешности учета электроэнергии включают составляющие, обусловленные погрешностями измерительных ТТ, ТН и электрических счетчиков. Коммерческие потери также могут быть разделены на многочисленные составляющие, отличающиеся причинами их возникновения.

Критерии отнесения части электроэнергии к потерям могут быть физического и экономического характера. Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций можно относить к отпуску электроэнергии, а остальные составляющие – к потерям [16]. Расход на собственные нужды подстанций по характеру использования электроэнергии действительно ничем не отличается от ее использования потребителями. Однако, это не является основанием считать его полезным отпуском, под которым понимают электроэнергию, отпущенную потребителям. Расход же электроэнергии на собственные нужды подстанций является внутренним потреблением сетевого объекта.

Приборы учета не изменяют потоков мощности по сети, они лишь не

совсем точно их регистрируют. Поэтому некоторые специалисты считают теоретически неверным относить недоучет электроэнергии, обусловленный погрешностями приборов, к потерям (ведь объем электроэнергии не изменяется от того, каким образом приборы ее регистрируют) [12]. Поэтому для анализа отчетных потерь следует применять экономические критерии. С экономических позиций потери – это та часть электроэнергии, на которую ее зарегистрированный полезный отпуск потребителям оказался меньше электроэнергии, полученной сетью от производителей электроэнергии. Под полезным отпуском электроэнергии понимается не только та электроэнергия, денежные средства за которую действительно поступили на расчетный счет энергоснабжающей организации, но и та, на которую выставлены счета, то есть потребление энергии зафиксировано. Выставление счетов является практикой, применяемой к юридическим лицам, потребление энергии которыми фиксируется ежемесячно. В отличие от этого ежемесячные показания счетчиков, фиксирующих потребление энергии бытовыми абонентами, обычно неизвестны. Полезный отпуск электроэнергии бытовым абонентам определяют по поступившей за месяц оплате, поэтому вся неоплаченная энергия автоматически попадает в потери.

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций не является продукцией, оплачиваемой конечным потребителем, и с экономической точки зрения ничем не отличается от расхода электроэнергии в элементах сетей на передачу остальной ее части потребителям.

Занижение объемов полезно отпущенной электроэнергии приборами учета (недоучет) имеет такой же экономический характер, как и две описанные выше составляющие. То же самое можно сказать и о хищениях электроэнергии. Поэтому все четыре описанные выше составляющие потерь с экономической точки зрения одинаковы.

Фактические потери являются строго детерминированной величиной, связанной с денежными средствами, полученными за проданную энергию. Чтобы принять наиболее эффективные меры по снижению потерь, необходимо

знать, где и по каким причинам они происходят. В связи с этим основной задачей расчета и анализа потерь является определение их детальной структуры, выявление конкретных очагов потерь и оценка возможностей их снижения до экономически оправданных значений.

Увеличение потерь электроэнергии в электрических сетях сверх рационального уровня – это прямые финансовые убытки электросетевых компаний. Таким образом, снижение потерь электрической энергии – одно из основных мероприятий по энергосбережению в электроэнергетике. Решение данной проблемы требует значительных капиталовложений, оптимизации развития, модернизации систем учёта электроэнергии, повышение уровня обслуживающего персонала и обеспечение его современными средствами поверки электроэнергии.

Для снижения потерь электроэнергии разработано множество мероприятий, однако их единой классификации до сих пор нет. Все мероприятия можно разделить на две большие группы. Структура мероприятий представлена на рисунке 7 [42].



Рисунок 7 – Структура мероприятий по снижению потерь электроэнергии

В мероприятиях по снижению потерь выделяют:

– организационные мероприятия, практически не требующие дополнительных денежных средств для внедрения;

– технические мероприятия, которые требуют дополнительных капитальных вложений.

К мероприятиям по совершенствованию системы учёта электроэнергии относят мероприятия по снижению коммерческих потерь, поскольку основное направление снижения коммерческих потерь – это совершенствование учёта отпущенной в сеть и полезно отпущенной потребителям электроэнергии. Внутри этой группы также можно выделить как технические мероприятия, требующие дополнительных капиталовложений, так и организационные мероприятия.

К организационным мероприятиям относят: оптимизацию режимов работы электрических сетей по напряжению и реактивной мощности; оптимизацию рабочих схем сетей и состава включенного оборудования: выбор мест размыкания замкнутых сетей, перераспределение нагрузок между подстанциями, отключение в режиме малых нагрузок части параллельно включенного оборудования, выравнивание загрузки фаз линий; совершенствование уровня технического обслуживания электрических сетей, снижение расхода электроэнергии на собственные нужды.

К техническим мероприятиям относят мероприятия, связанные с установкой дополнительного оборудования для снижения потерь: компенсации реактивной мощности; регулирование потоков мощностей в замкнутых сетях с помощью установки устройств продольной компенсации и регулировочных трансформаторов; установку РПН на силовых трансформаторах; замена действующих перегруженных трансформаторов и проводов линий электропередачи; строительство разукрупняющих линий и подстанций; повышение номинального напряжения сети.

Снижение потерь – это одно из основных мероприятий по энергосбережению в электроэнергетике. В совокупности со специфическими территориальными и климатическими условиями расположения России

внедрение и исполнение мероприятий по энергосбережению становится насущной необходимостью. Они позволяют существенно сократить потребление топлива, сократить расходы на энергосистему и уменьшить тарифную планку, давая тем самым толчок к дальнейшему развитию.

2 Характеристика исследуемых объектов

2.1 Характеристика ПАО «МРСК Сибири»

Публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания» – дочернее общество ПАО «Россети», осуществляющее передачу и распределение электрической энергии. В состав ПАО «МРСК Сибири» входят филиалы:

- «Алтайэнерго»;
- «Бурятэнерго»;
- «Горно–Алтайские электрические сети»;
- «Красноярскэнерго»;
- «Кузбассэнерго–региональные электрические сети»;
- «Омскэнерго»;
- «Хакасэнерго»;
- «Читаэнерго».

Сети компании обслуживают потребителей на территории Сибирского федерального округа. Это республики Алтай, Бурятия, Хакасия, Алтайский, Забайкальский, Красноярский края, Кемеровская и Омская области. Территория присутствия Компании превышает 1,85 млн квадратных километров. Ежедневно Общество обеспечивает энергией почти 11,1 млн человек.

Компания обеспечивает работу промышленности Сибирского федерального округа, представленную крупнейшими предприятиями черной и цветной металлургии, тяжелого и точного машиностроения, горнодобывающей и транспортной отраслей. Территория обслуживания ПАО «МРСК Сибири» представлена на рисунке 8.

Филиалы МРСК Сибири

- 1 филиал «Алтайэнерго»
- 2 филиал «Бурятэнерго»
- 3 филиал «ГАЗС»
- 4 филиал «Красноярскэнерго»
- 5 филиал «Кузбассэнерго-РЭС»
- 6 филиал «Омскэнерго»
- 7 филиал «Хакасэнерго»
- 8 филиал «Читаэнерго»

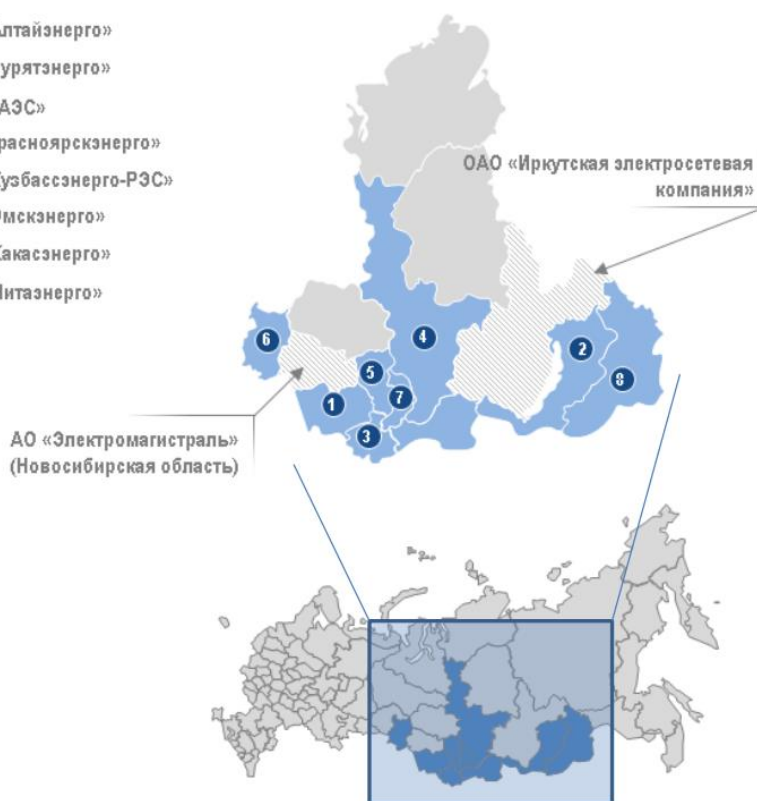


Рисунок 8 – Территория обслуживания МРСК Сибири

На настоящий день МРСК Сибири – одна из крупнейших электросетевых компаний России. Общество является субъектом естественной монополии в сфере оказания услуг по передаче электрической энергии.

Услуги по передаче электрической энергии и технологическому присоединению энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям является основным видом хозяйственной деятельности. Доля выручки от передачи электроэнергии в общем объеме выручки Компании по итогам 2017 года составила более 98%.

В Обществе внедрена и действует Система менеджмента качества. Ключевые ориентиры данной системы включают в себя:

- повышение надежности и качества энергоснабжения до уровня, соответствующего запросу потребителей;
- увеличение безопасности энергоснабжения, обеспечение безопасности

труда и охраны здоровья при осуществлении производственной деятельности, в том числе снижение общего количества несчастных случаев при соблюдении требований законодательства в области охраны труда и охраны окружающей среды;

– обеспечение экологической безопасности.

Надежное и качественное снабжение электрической энергией потребностей экономики и социального сектора по экономически обоснованной цене, за счет эффективного управления распределительными сетями является миссией Общества.

Энергосистема МРСК Сибири представляет собой комплекс воздушных и кабельных линий электропередачи и трансформаторных подстанций разного класса напряжения, связанных общностью режима работы, имеющих общий резерв мощности и централизованное оперативно – диспетчерское управление.

Таблица 1 – Основные характеристики передающих мощностей

Вид актива	Ед. изм.	2014	2015	2016
Подстанции 6–110(220) кВ	шт.	51 202	51 202	50 573
Установленная мощность (итого)	МВА	40 961,9	41 372,5	41 555,8
ПС 35–110(220) кВ	шт.	1 734	1 738	1 744
	МВА	29 763,6	29 935,9	30 075,9
Трансформаторные подстанции, РТП 6–10(35)/0,4 кВ	шт.	49 468	49 634	48 829
	МВА	11 198,3	11 436,6	11 479,9
Распределительные пункты 6–20 кВ	шт.	187	195	216
Протяженность воздушных линий 0,4–110(220) кВ по трассе	км	231 428	231 992,7	230 945,4
ВЛ 220 кВ и выше	км	9,6	9,6	9,6
ВЛ 110 –150 кВ	км	25 100,1	25 192,0	25 178,2
ВЛ 35 кВ	км	22 046,7	22 036,8	22 156,6
ВЛ 6–10 кВ	км	107 084,2	107 259,3	106 382,1
ВЛ 0,4 кВ	км	77 187,4	77 495,0	77 218,9
Протяженность кабельных линий 0,4–110 кВ	км	5 749,6	5 802,8	5 651,6
КЛ 110 кВ	км	16,4	15	19,5
КЛ 35 кВ	км	26	18,2	23,4
КЛ 6–10 кВ	км	3 352,5	3 409,5	3 070,3

КЛ 0,4 кВ	км	2 354,7	2 360,1	2 538,4
-----------	----	---------	---------	---------

Общая протяженность воздушных линий электропередачи 0,4–110 (220) кВ Общества по трассе составляет более 231 тыс. км., общее количество трансформаторных подстанции 35– 110 кВ и ТП 6–10–35/0,4 кВ более 50 тыс. шт.

Что касается производственной деятельности, рассмотрим эти результаты подробно таблице 2.

Таблица 2 – Результаты производственной деятельности за 2016–2017 гг.

Наименование филиала	2016 г.		2017 г.		Изменение (отпуск из сети)	
	Отпуск в сеть, млн кВт·ч	Отпуск из сети, млн кВт·ч	Отпуск в сеть, млн кВт·ч	Отпуск из сети, млн кВт·ч	млн кВт·ч	%
Алтайэнерго	7627,86	7051,85	7570,94	7028,22	-26,63	-0,38
ГАЭС	539,97	449,01	530,23	447,42	-1,59	-0,35
Бурятэнерго	4410,15	4101,10	4446,64	4147,06	45,96	1,12
Красноярскэнерго	14406,96	12491,69	14,089,11	12456,062	-35,628	-0,29
Кузбассэнерго–РЭС	16309,99	15588,76	16123,93	15431,76	-157	-1,01
Омскэнерго	8531,14	7912,68	8597,51	7951,80	39,12	0,49
Хакасэнерго	11670,02	11419,87	7196,99	6967,01	-4452,86	-38,99
Читаэнерго	6238,45	5585,82	6240,77	5625,81	39,99	0,72
Итого	69734,54	64601,06	64797,12	60055,14	-4545,92	-7,04

По итогам работы ПАО «МРСК Сибири» в 2017 году объем отпуска электрической энергии из сети потребителям и смежным ТСО в границах балансовой и эксплуатационной ответственности составил 60 055,14 млн кВт·ч, что в сравнении с показателями 2016 года (64 601,06 млн кВт·ч) на 4 545,92 млн кВт·ч или 7,04% меньше.

Основное снижение объема отпуска электрической энергии из сети в 2017 году по сравнению с 2016 годом зафиксировано по следующим филиалам:

– по Алтайэнерго снижение обусловлено снижением уровня потребления

по АО СК «Алтайкрайэнерго» (65 млн кВт·ч), ЗАО «Система» (12 млн кВт·ч), ООО ХК «СДС–Энерго» (11 млн кВт·ч);

– по Кузбассэнерго–РЭС снижение обусловлено переводом питания объектов ООО «ЕвразЭнергоТранс» с собственной ПС Опорная – 4 на ПС 220 кВ Metallург, а также снижением уровня потребления по ООО «Кокс» (51 млн кВт·ч), АО «Азот» (11 млн кВт·ч), ООО ХК «СДС–Энерго» (11 млн кВт·ч);

– по Хакасэнерго снижение обусловлено исключением объемов «последней мили» в полном объеме с июля. Объем ухода составил 4 396,866 млн кВт·ч.

В целом величина фактических потерь уменьшилась в 2017 г. по сравнению с 2016 г. В электрических сетях МРСК Сибири потери составили 4740,97 млн кВт·ч (7,32% от отпуска в сеть), что на 392,52 млн кВт·ч (0,04%) меньше, чем было в 2016 г. Эта разница незначительна и данный показатель всё равно остаётся в пределах нормы. В 3 таблице показаны фактические потери по филиалам в 2016 г. и 2017 г.

Таблица 3 – Фактические потери электрической энергии в 2016–2017 гг

Наименование филиала	2016 г		2017 г		Изменение	
	Млн кВт·ч	%	Млн кВт·ч	%	Млн кВт·ч	%
Алтайэнерго	576,01	7,55	542,71	7,17	–33,29	–0,38
Бурятэнерго	309,05	7,01	299,57	6,74	–9,48	–0,27
Горно–Алтайские электрические сети	90,96	16,84	82,81	15,62	–8,14	–1,23
Красноярскэнерго	1914,99	13,29	1633,05	11,59	–281,94	–1,70
Кузбассэнерго–РЭС	721,24	4,42	692,17	4,29	–29,07	–0,13
Омскэнерго	618,46	7,25	645,71	7,51	27,25	0,26
Хакасэнерго	250,15	2,14	229,99	3,20	–20,16	1,06
Читаэнерго	652,62	10,46	614,96	9,85	–37,67	–0,61
Итого по «МРСК Сибири»	5133,49	7,36	4740,97	7,32	–392,52	–0,04

Основное увеличение объема потерь электрической энергии в

электрических сетях МРСК Сибири по итогам 2016 года по сравнению с 2015 годом зафиксировано по филиалам: «Хакасэнерго» и «Омскэнерго».

По филиалу «Хакасэнерго» – потери составили 229,99 млн кВт·ч (3,2% от отпуска в сеть), что выше факта 2015 года на 1,06% (20,16 млн кВт·ч). Превышение уровня потерь обусловлено снижением объема выявленного безучетного потребления.

По филиалу «Омскэнерго» – потери составили 645,71 млн кВт·ч (7,51% от отпуска в сеть), что выше факта 2015 года на 0,26% (27,25 млн кВт·ч). Превышение уровня потерь обусловлено расторжением с 01.11.2016 договора аренды открытого распределительного устройства по филиалу «Омскэнерго» в связи с вступлением в силу Постановления Правительства РФ от 30.09.2016 №989 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования территориальных сетевых организаций».

В ПАО «МРСК Сибири» реализуется комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию (снижение) уровня потерь электрической энергии. Все мероприятия разделяются на целевые и сопутствующие. С экономическим эффектом, эффектом в натуральном выражении, затратами на мероприятия можно ознакомиться в таблице 4.

Таблица 4 – Целевые и сопутствующие мероприятия по снижению потерь электрической энергии 2016 г

Наименование	Эффект в натуральном выражении, млн кВт·ч	Экономический эффект, млн руб.	Затраты на мероприятия
Целевые мероприятия	154,2	517,7	3,5
Сопутствующие мероприятия	131,3	497,3	1364,7
Итого	285,5	1015,0	1368,1

К основным целевым мероприятиям по снижению потерь электрической энергии относятся такие организационные мероприятия, как отключение в режимах малых нагрузок трансформаторов на подстанциях с двумя и более трансформаторами; отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной

нагрузкой; выравнивание нагрузок фаз в электросетях; включение в полезный отпуск актов безучетного потребления электрической энергии; оплата актов бездоговорного потребления электрической энергии. Важно, что вышеперечисленные мероприятия почти не требуют материальных затрат, но экономический эффект от них составляет 517,7 млн руб. Кроме того следует отметить мероприятия, направленные на снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, которые включают в себя оптимизацию времени работы средств освещения зданий и территорий подстанций; монтаж приборов автоматического включения/отключения систем обогрева/вентиляции/охлаждения оборудования ПС, РУ подстанций.

По итогам 2016 года эффект от реализации целевых мероприятий по снижению потерь электрической энергии составил 154,2 млн кВт·ч или 517,7 млн руб. Эффект от реализации мероприятий «сопутствующих» составил 131,3 млн кВт·ч. на сумму 497,3 млн руб. Общий эффект составил 285,5 млн кВт·ч на сумму 1015,0 млн руб.

Затраты на реализацию мероприятий по снижению потерь электрической энергии в целом составили 1 368 млн руб. Источниками финансирования программы энергосбережения являлись: инвестиционная программа в объеме 1 130 млн руб., ремонтная программа (себестоимость) в объеме 114,6 млн руб. и внеарифные источники (услуги энергосервисных компаний) в объёме 123,5 млн руб.

2.2 Характеристика воздушной линии N-ной РЭС Красноярского края

Применение высоких напряжений при передаче электроэнергии, обусловлено меньшими потерями на высоковольтных ЛЭП, и возможностью применять провода меньшего сечения. При передаче электричества на большие расстояния, это немаловажный экономический фактор. Повышение напряжения

ведет к снижению силы протекающего тока, а именно от силы тока зависят потери. Стандартное напряжение на магистральных ЛЭП – 110 кВ и выше.

Местные распределительные сети используют напряжение 10 кВ (старый стандарт для сельской местности 6 кВ). 110 кВ понижается до 10 кВ подстанцией, где расположены главный фидер, фидерные ячейки и аппаратура релейной защиты. По типу распределения их можно разделить на магистральные, где к одному фидеру подключается несколько трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ, и радиальные. Во втором случае к каждой ТП идет отдельная линия электропередачи.

Распределительные сети обычно работают при напряжении от 6 до 10 кВ. В них регулярно каждый месяц выполняются расчеты потерь электроэнергии. Точность этих расчетов имеет существенное значение для формирования тарифов на электрическую энергию. Загрузка фидеров 10 кВ оказывает влияние на результаты расчетов потерь электроэнергии, как и на анализ технических потерь.

Фидер – это линия питающая трансформатор или ближайший распределитель. Главный фидер подстанции, это линия, соединяющая вторичную обмотку трансформатора 110/10 кВ с распределительным устройством. Распределительное устройство состоит из фидерных ячеек, к которым подключены отходящие фидерные линии [36].

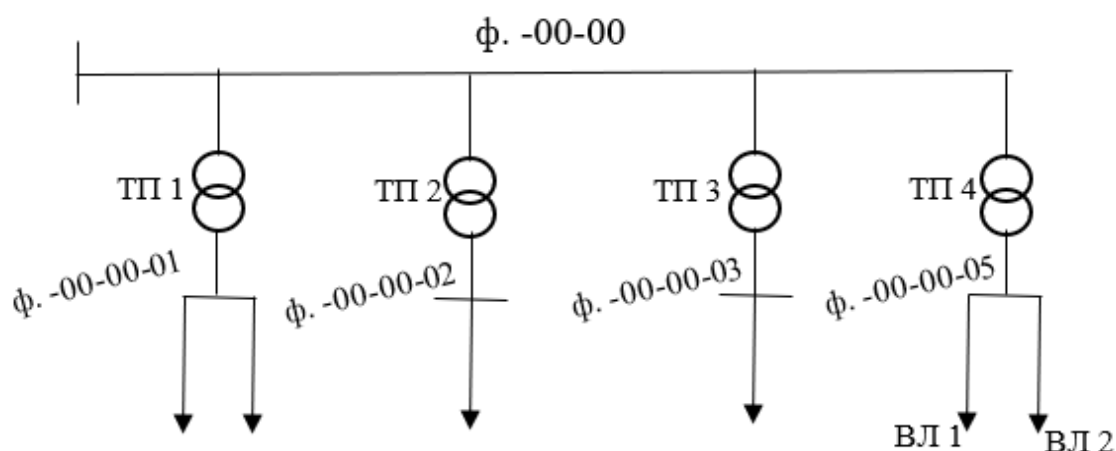


Рисунок 9 – Схема ф. –00–00

На рисунке 9 представлена схема фидера 00–00, находящегося на N–ной РЭС Красноярского края. От него питаются четыре трансформаторных подстанции. На ТП 1 установлена система шин, от которой отходят две воздушные линии. Потребителями являются юридические лица, и сама трансформаторная подстанция находится на участке абонента, поэтому протяженность этих линий можно принять равной 0. Также можно охарактеризовать протяженность линий, выходящих из ТП 2 и ТП 3, абонентами также являются юридические лица. Говоря о ТП 4, от системы шин отходят две воздушные линии, ВЛ2 предназначена для пользования физическими лицами. Протяженность ВЛ1=2.5 км, ВЛ2=2,085 км. Результаты производственной деятельности этой линии за первый квартал 2017 и 2018 года можно увидеть в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты производственной деятельности ВЛ 10 кВ ф. 00–00

Наименование присоединения	Степень напряжения	Поступление в фидер, кВт·ч	Полезный отпуск, кВт·ч
Январь–март 2017 г			
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ 10 кВ ф.00–00	0	0	0
Январь–март 2018 г			
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ	0	0	0

10 кВ ф. 00–00			
----------------	--	--	--

За первый квартал 2018 года в ф. 00–00 поступило 229560 кВт·ч, что на 6460 кВт·ч (2,74%) меньше, чем за аналогичный период прошлого года. Полезный отпуск за рассматриваемый период 2018 года составил 148019 кВт·ч (64,48%), а за 2017 – 152630 кВт·ч (64,67%), то есть в 2018 году полезный отпуск уменьшился на 0,19%. Следовательно величина потерь увеличилась на 0,19%. Структура потерь за первый квартал 2017 г. и 2018 г. представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Структура потерь ВЛ 10 кВ ф. 00–00 за I квартал 2017–2018 гг.

Наименование присоединения	Потери общие, кВт·ч	Потери общие, %	Потери технические, кВт·ч	Потери технические, %	Потери коммерческие, кВт·ч	Потери коммерческие, %
Январь–март 2017 г						
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
Окончание ТП–00–00–03	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ 10 кВ ф.00–00	0	0	0	0	0	0
Январь–март 2018 г						
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0

Из таблицы 6 видно, что в 2018 году потери незначительно увеличились

по сравнению с 2017. Важно отметить, что технические потери на воздушной линии составляют 0%. Это значит, что ПАО «МРСК Сибири» нужно реализовывать мероприятия по снижению коммерческих потерь.

Таблица 7 – Результаты мероприятий по снижению потерь на ВЛ 10 кВ ф. 00–00 ПАО «МРСК Сибири»

Наименование присоединения	Количество абонентов	ЮЛ	ФЛ	Количество совершенных тех. проверок	Количество АСКУЭ	Количество не АСКУЭ
Январь–март 2017 г						
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ 10 кВ ф.00–00	0	0	0	0	0	0
Апрель–декабрь 2017 г						
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ 10 кВ ф.00–00	0	0	0	0	0	0
Январь–март 2018 г						
ВЛ 10 кВ ф. 00–00	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–01	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–03	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–05	0	0	0	0	0	0
ТП–00–00–02	0	0	0	0	0	0
Итого по фидеру ВЛ	0	0	0	0	0	0

10 кВ ф.00–00						
---------------	--	--	--	--	--	--

Из таблицы 7 можно сделать следующий вывод: высокий уровень коммерческих потерь по фидеру 00–00 обусловлен отсутствием автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии и частотой проведения проверок на линии. За второй, третий и четвертый квартал 2017 года было проведено всего 14 технических проверок на 76 абонентов. В итоге уровень потерь электрической энергии за первый квартал 2018 года остался неизменным по сравнению с тем же периодом 2017 г.

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель энергетической эффективности, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности энергосбытовой деятельности, оперативного, эксплуатационного и ремонтного обслуживания электрических сетей, оптимальности их развития. Существует норма величины данного показателя: потери электрической энергии не должны превышать 10%. Если учёт производится автоматизированной системой коммерческого учёта электроэнергии, то и 10% потерь величина значительная.

2.3 Методы и средства учета электроэнергии

Учет электрической энергии является неотъемлемой составляющей процесса ее производства, передачи, распределения и потребления, особенно на последней стадии этого процесса – стадии продажи – покупки. Основной целью учета электроэнергии является получение достоверной информации о количестве произведенной, отпущенной и потребленной электроэнергии и мощности для решения следующих технико–экономических задач:

- финансовых расчетов за электроэнергию и мощность между субъектами рынка с учетом ее качества;
- определения и прогнозирования технико–экономических показателей производства, передачи и распределения электроэнергии в энергетических

системах;

– определения и прогнозирования технико–экономических показателей потребления электроэнергии на предприятиях промышленности, транспорта, сельского хозяйства, коммунальнобытовым сектором и др.;

– обеспечения энергосбережения и управления электропотреблением.

Вопросам повышения точности учета электроэнергии в условиях рыночных взаимоотношений уделяется повышенное внимание, так как от достоверности и точности информации о количестве выработанной, отпущенной потребителям и потребленной ими электроэнергии зависит решение многих задач, связанных с энергосбережением, снижением оплаты потребляемой электроэнергии, достоверностью определения ее потерь, выбором рациональных режимов работы электроустановок и т.д.

Несовершенство приборов учета электроэнергии, неудовлетворительное техническое состояние измерительных ТТ и ТН, некачественное исполнение схем первичной и вторичной коммутации средств учета создают условия для хищения электроэнергии. С этой точки зрения важным показателем качества работы приборов учета является минимизация погрешности измерительных комплексов.

Счетчики электроэнергии можно классифицировать по типу измеряемых величин, типу подключения и по типу конструкции. Классификация счётчиков наглядно показана на рисунке 10 [50].

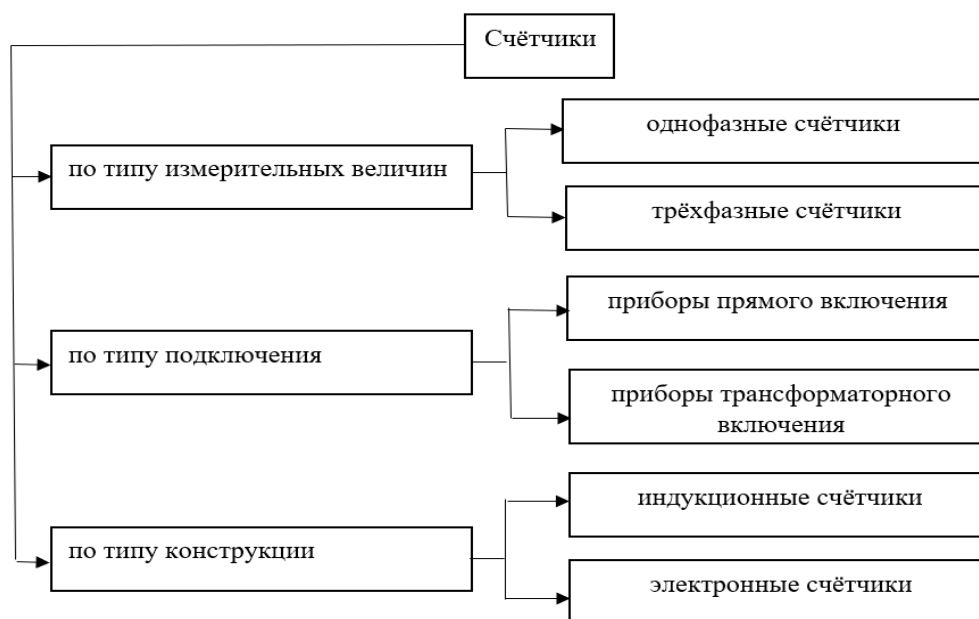


Рисунок 10 – Классификация счётчиков

По типу подключения все счетчики разделяют на приборы прямого включения в силовую цепь и приборы трансформаторного включения, подключаемые к силовой цепи через специальные измерительные трансформаторы.

По измеряемым величинам электросчетчики разделяют на однофазные (измерение переменного тока 220 В, 50 Гц) и трехфазные (380 В, 50 Гц). Все современные электронные трехфазные счетчики поддерживают однофазный учёт.

Также существуют трехфазные счетчики для измерения тока напряжением в 100 В, которые применяются только с трансформаторами тока в высоковольтных (напряжением выше 660 В) цепях.

Индукционным называется электросчетчик, в котором магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала. Подвижный элемент представляет собой диск, по которому протекают токи, индуцированные магнитным полем катушек. Количество оборотов диска в этом случае прямо пропорционально потребленной электроэнергии. Индукционные счётчики электроэнергии имеют ряд недостатков: отсутствие дистанционного автоматического снятия

показаний, однотарифность, погрешности учёта, плохая защита от краж электроэнергии, а также низкой функциональности, неудобства в установке и эксплуатации по сравнению с современными электронными приборами. На рисунке 11 изображено устройство индукционного счётчика [54].

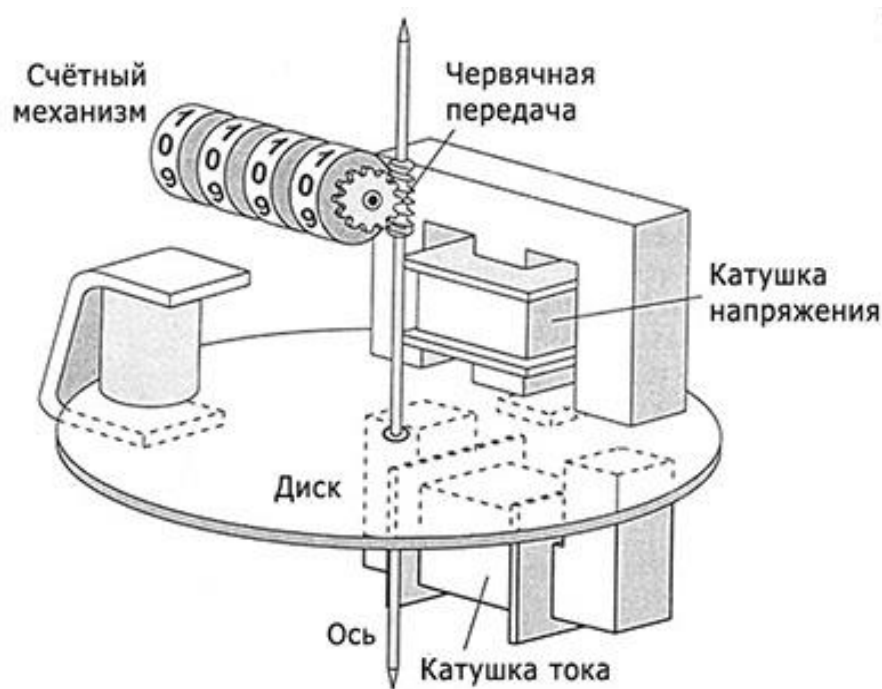


Рисунок 11 – Устройство индукционного счётчика

В электрическом счетчике электронного типа переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии [54].

Электронным называется электросчетчик, в котором переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. То есть измерения активной энергии такими электросчетчиками основаны на преобразовании аналоговых входных сигналов тока и напряжения в счетный импульс. Измерительный элемент электронного электросчетчика служит для создания на выходе импульсов, число которых

пропорционально измеряемой активной энергии. Счетный механизм представляет собой электромеханическое или электронное устройство, содержащее как запоминающее устройство, так и дисплей [54].

Основными достоинствами электронных электросчетчиков является возможность учёта электроэнергии по дифференцированным тарифам (одно-, двух- и более тарифный), то есть возможность запоминать и показывать количество использованной электроэнергии в зависимости от запрограммированных периодов времени, многотарифный учёт достигается за счет набора счетных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам [52]. Электронные электросчетчики имеют большой межповерочный период (4–16 лет).

С появлением и совершенствованием электронных счетчиков автоматизация учета электроэнергии стала возможной. Ключевым элементом электронного счетчика является микропроцессор, который обеспечивает высокоточное измерение электрической энергии и множества параметров электрической сети (напряжения, токов, частоты, сдвигов фаз и др.). Счетчики АСКУЭ обеспечивают автоматическую передачу информации на следующий уровень системы, что исключает необходимость человеческого участия в сборе данных.

Смысл создания и использования АСКУЭ заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов предприятия при минимальных начальных денежных затратах. Величина экономического эффекта от использования АСКУЭ достигает по предприятиям в среднем 15 – 30% от годового потребления энергоресурсов, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2 – 3 квартала.

АСКУЭ расшифровывается как «автоматизированная система контроля и учёта электроэнергии»; это комплекс технических и программных средств, предназначенных для организации автоматического учета электроэнергии и автоматизированного управления процессом энергопотребления.

В структуре АСКУЭ в общем случае можно выделить четыре уровня (рисунок 12):

– первый уровень – первичные измерительные приборы (ПИП) (как правило счетчики) с телеметрическими или цифровыми выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров энергоучета потребителей (потребление электроэнергии, мощность и др.) по точкам учета;

– второй уровень – устройства сбора и подготовки данных (УСПД), специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи со встроенным программным обеспечением энергоучета, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхние уровни;

– третий уровень – персональный компьютер (ПК) или сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с УСПД (или группы УСПД), итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам – по подразделениям и объектам предприятия, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия;

– четвертый уровень – сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с ПК и/или группы серверов центров сбора и обработки данных третьего уровня, дополнительное агрегирование и структурирование информации по группам объектов учета, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений персоналом службы главного энергетика и руководством территориально распределенных средних и крупных предприятий или энергосистем, ведение договоров на

поставку энергоресурсов и формирование платежных документов для расчетов за энергоресурсы.

Уровни АСКУЭ показаны на рисунке 12.

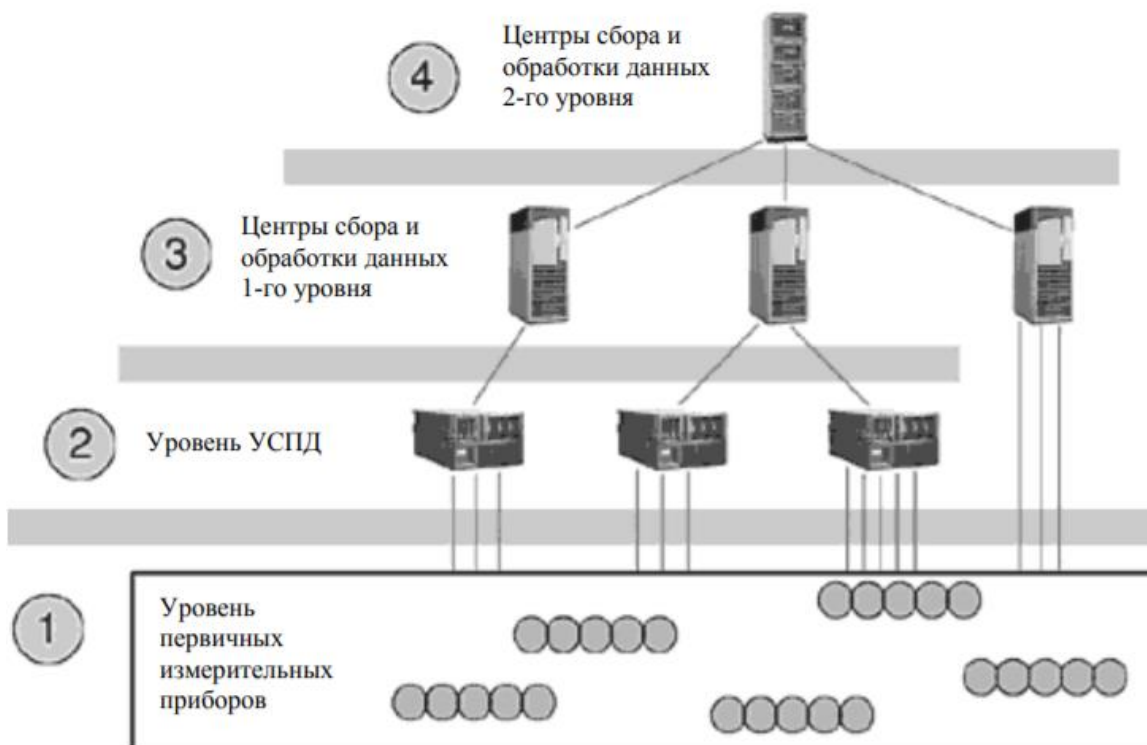


Рисунок 12 – Уровни АСКУЭ

Все уровни АСКУЭ связаны между собой каналами связи. Для связи уровней ПИП и УСПД или центров сбора данных, как правило, используется прямое соединение по стандартным интерфейсам (типа RS-485, ИРПС и т.п.). УСПД с центрами сбора данных 3-го уровня, центры сбора данных 3-го и 4-го уровней могут быть соединены по выделенным, коммутируемым каналам связи или по локальной сети.

К задачам систем контроля и учёта относятся:

– точное измерение параметров поставки/потребления энергоресурсов с целью обеспечения расчетов за энергоресурсы в соответствии с реальным объемом их поставки/потребления и минимизации непроизводительных затрат

на энергоресурсы, в частности за счет использования более точных измерительных приборов или повышения синхронности сбора первичных данных;

– диагностика полноты данных с целью обеспечения расчетов за энергоресурсы в соответствии с реальным объемом их поставки/потребления за счет повышения достоверности данных, используемых для финансовых расчетов с поставщиками энергоресурсов и субабонентами предприятия и принятия управленческих решений;

– комплексный автоматизированный коммерческий и технический учет энергоресурсов и контроль их параметров по предприятию, его инфраструктурам (котельная и объекты жилкомбыта) и инфраструктурам (цеха, подразделения, субабоненты) по действующим тарифным системам с целью минимизации производственных и непроизводственных затрат на энергоресурсы;

– контроль энергопотребления по всем энергоносителям, точкам и объектам учета в заданных временных интервалах (5, 30 минут, зоны, смены, сутки, декады, месяцы, кварталы и годы) относительно заданных лимитов, режимных и технологических ограничений мощности, расхода, давления и температуры с целью минимизации затрат на энергоресурсы и обеспечения безопасности энергоснабжения;

– фиксация отклонений контролируемых параметров энергоресурсов, их оценка в абсолютных и относительных единицах для анализа как энергопотребления, так и производственных процессов с целью минимизации затрат на энергоресурсы и восстановление производственных процессов после их нарушения из-за выхода контролируемых параметров энергоресурсов за допустимые пределы;

– сигнализация (цветом, звуком) об отклонениях контролируемых величин от допустимого диапазона значений с целью минимизации производственных затрат на энергоресурсы за счет принятия оперативных решений;

– прогнозирование (кратко–, средне– и долгосрочное) значений величин энергоучета с целью минимизации производственных затрат на энергоресурсы за счет планирования энергопотребления;

– автоматическое управление энергопотреблением на основе заданных критериев и приоритетных схем включения/отключения потребителей–регуляторов с целью минимизации производственных затрат на энергоресурсы за счет экономии ручного труда и обеспечения качества управления;

– поддержание единого системного времени с целью минимизации непроизводственных затрат на энергоресурсы за счет обеспечения синхронных измерений. Большинство действующих АСКУЭ промышленных предприятий в силу своих структурных и функциональных ограничений решают только часть рассмотренных задач.

Подводя итог вышесказанному, используя АСКУЭ можно значительно снизить потери электрической энергии, то есть неавтоматизированная система учёта электроэнергии является сдерживающим фактором для эффективной передачи электроэнергии.

К вышесказанному можно добавить, что существуют и расчётные способы учёта электроэнергии. Они применяются в случае непредставления потребителем показаний прибора учёта или при его отсутствии, двукратного недопуска для проведения контрольного снятия показаний или проведения проверки приборов учёта.

Если в договоре, обеспечивающем продажу электрической энергии на розничном рынке, имеются данные о величине максимальной мощности энергопринимающих устройств, объём потребления электрической энергии в соответствующей точке поставки определяется по формуле (4).

$$W = P_{max} \cdot T, \quad (4)$$

где W – объём потребления электроэнергии, кВт·ч;

P_{max} – максимальная мощность энергопринимающих устройств, Вт;

T – количество часов в расчётном периоде, ч.

Если в договоре отсутствуют данные о величине максимальной мощности энергопринимающих устройств, то объём потребления электрической энергии в соответствующей точке поставки определяется по формулам (5) и (6).

– для однофазного ввода:

$$W = \frac{I_{\text{доп.дл.}} * U_{\text{ф.ном.}} * \cos\varphi * T}{1.5 * 1000}, \quad (5)$$

где W – то же, что и в формуле (4);

$I_{\text{доп.дл.}}$ – допустимая длительная токовая нагрузка вводного провода, А;

$U_{\text{ф.ном.}}$ – номинальное фазное напряжение, А;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности при максимуме нагрузки (при отсутствии данных принимается равным 0,95);

T – то же, что и в формуле (4).

– для трёхфазного ввода:

$$W = \frac{3 * I_{\text{доп.дл.}} * U_{\text{ф.ном.}} * \cos\varphi * T}{1.5 * 1000}, \quad (6)$$

где W – то же, что и в формуле (4);

$I_{\text{доп.дл.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$U_{\text{ф.ном.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$\cos\varphi$ – то же, что и в формуле (5);

T – то же, что и в формуле (4).

Объём бездоговорного потребления электроэнергии определяется по формулам (4) и (5).

– для однофазного ввода:

$$W = \frac{I_{\text{доп.дл.}} * U_{\text{ф.ном.}} * \cos\varphi * T^{\text{бд}}}{1000}, \quad (7)$$

где W – то же, что и в формуле (4);

$I_{\text{доп.дл.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$U_{\text{ф.ном.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$\cos\varphi$ – то же, что и в формуле (5);

$T^{\text{бд}}$ – количество часов, в течение которого осуществлялось бездоговорное потребление электроэнергии (но не более 26280 часов).

– для трёхфазного ввода:

$$W = \frac{3 * I_{\text{доп.дл.}} * U_{\text{ф.ном.}} * \cos\varphi * T^{\text{бд}}}{1000}, \quad (8)$$

где W – то же, что и в формуле (4);

$I_{\text{доп.дл.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$U_{\text{ф.ном.}}$ – то же, что и в формуле (5);

$\cos\varphi$ – то же, что и в формуле (5);

$T^{\text{бд}}$ – то же, что и в формуле (7).

Объём бездоговорного потребления электроэнергии определяется за период времени, в течение которого осуществлялось хищение, но не более, чем за три года. При этом период времени определяется с даты предыдущей контрольной проверки технического состояния объектов до даты выявления факта бездоговорного потребления.

Подводя итог вышеизложенному, можно сказать, что корректный учёт электрической энергии оказывает влияние на экономические показатели деятельности предприятий энергетической отрасли. Поэтому важно уделять внимание средствам учёта электроэнергии, так, например, АСКУЭ помогает выявлять факты бездоговорного потребления электрической энергии.

3 Мероприятия, направленные на снижение потерь

3.1 Мероприятия по снижению потерь, проводимые «МРСК Сибири»

Мероприятия по снижению потерь электрической энергии включают в себя организационные мероприятия, технические мероприятия и мероприятия, направленные на снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, мероприятия с сопутствующим эффектом.

Организационные мероприятия по снижению потерь электроэнергии – это, как правило, мероприятия, не требующие каких либо материальных затрат, а также повышающие точность расчетов показателей баланса электроэнергии, в т.ч. полезного отпуска потребителям. Источником финансирования организационных мероприятий, проводимых ПАО «МРСК Сибири» является себестоимость производимой продукции. В 2017 году организационные мероприятия по снижению потерь электроэнергии включали в себя следующее:

а) Оптимизация распределения нагрузки между подстанциями основной электрической сети за счёт переключений в её схеме.

Задача состоит в том, что требуется определить, какие именно подстанции и в каком режиме должны работать, чтобы добиться наиболее экономичного режима энергоснабжения. При этом полагается, что известны взаимосвязи между элементами энергетической системы и известны точные функции потерь генераторов. Если рассматривать задачу распределения нагрузки подробно, то становится ясно, что это распределение является динамическим, а не статическим. Учитывая динамику системы, задача представляет собой распределение заранее заданной нагрузки между различными подстанциями в различные периоды времени. Помимо «обычных» трудностей задач распределения нагрузки, таких как высокая размерность задачи, невыпуклость и разрывность оптимизируемой функции, добавляются проблемы взаимодействия элементов системы во времени, что делает задачу

значительно труднее.

б) Отключение в режимах малых нагрузок на подстанциях с двумя и более трансформаторами.

При работе подстанции по заданному графику минимум приведенных затрат на трансформацию электроэнергии соответствует минимуму потерь мощности в трансформаторах. Поэтому граничное значение нагрузки, при котором целесообразно отключение одного из параллельно работающих трансформаторов, определяется из равенства потерь мощности в n и $(n - 1)$ трансформаторах [33].

Плановое и фактическое снижение потерь электроэнергии при отключении трансформатора определяется по формуле (9).

$$\delta W = (\delta W_x - \delta W_n) * 10^{-3}, \quad (9)$$

где δW – снижение потерь, кВт·ч;

δW_x – снижение потерь холостого хода, кВт·ч;

δW_n – увеличение нагрузочных потерь, кВт·ч.

Как правило, отключение одного из двух трансформаторов, установленных на подстанции, целесообразно, если максимальная нагрузка не превышает 40–45% номинальной подстанции.

в) Отключение трансформаторов с сезонной нагрузкой.

Нагрузочные потери и потери холостого хода в трансформаторах сопоставимы между собой. В периоды низких нагрузок трансформаторов потери холостого хода превышают потери в обмотках трансформатора. Поэтому целесообразно отключать часть параллельно работающих трансформаторов в периоды сезонного снижения электропотребления.

Следует отметить, что отключение по экономическим соображениям части трансформаторов не должно отражаться на надежности электроснабжения потребителей. С этой целью выводимые из работы трансформаторы должны сопровождаться устройствами автоматического ввода

резерва. Целесообразно автоматизировать операции отключения и включения трансформаторов. Для сокращения числа оперативных переключений частота вывода трансформаторов в резерв не должна превышать 2–3 раз в сутки. Кроме того, нагрузка трансформаторов не должна превышать допустимые значения.

г) Выравнивание нагрузок фаз в электросетях 0,38 кВ.

Характерной особенностью режима работы электрических сетей 0,38кВ является неравномерность загрузки фаз. Выравнивание нагрузок производится путем переключения нагрузки с более загруженной фазы на менее загруженные после проведения замеров нагрузок по фазам линии и анализа результатов [41].

д) Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, например:

- оптимизация режимов потребления энергоресурсов (оптимизация режима обогрева оборудования и помещений коммутационных пунктов);

- автоматизация режимов работы освещения (установка датчиков движения освещения, замена ламп накаливания на менее мощные или энергосберегающие с учетом необходимой освещенности помещения);

- оптимизация режимов работы систем отопления, замена теплоизоляции трубопроводов, ревизия существующей запорно–регулирующей арматуры (изменение схемы отопления хозяйственно–бытовых помещений с установкой запорно–регулирующей арматуры на отопительные приборы. Монтаж теплоизоляционного материала на отдельных участках системы отопления);

- установка приборов учёта на вводах в арендуемые здания, распределительные устройства и коммутационные пункты;

- замена сигнальной арматуры с постоянным свечением в распределительных устройствах (преимущество установки светодиодной арматуры низкое энергопотребление и высокий ресурс работы).

е) Выявление неучтенной электроэнергии в результате проведения рейдов.

Ожидаемый экономический эффект от реализации этих мероприятий за период 2016–2020 гг. оценивается в 314,3 млн руб. и 13 тыс. т у.т. при

суммарных затратах 57,7 млн руб.

Мероприятия с сопутствующим эффектом включают в себя техническое перевооружение и реконструкцию, технологическое присоединение, программу развития средств учета и контроля электроэнергии и прочие программы и мероприятия. Примеры таких мероприятий приведены ниже.

а) Замена проводов на перегруженных линиях.

Целесообразность замены проводов перегруженных линий должна оцениваться по минимуму приведенных затрат на замену. При этом необходимо учитывать фактическую нагрузку линий, предполагаемое её увеличение на ближайшую перспективу и стоимость замены проводов.

б) Замена ответвлений от воздушных линий 0,38 кВ к зданиям.

Фактическое снижение потерь электроэнергии при проведении мероприятия определяется суммой снижений потерь в заменяемых ответвлениях, рассчитываемых по формуле (10).

$$\delta W_0 = \left(\frac{P_1}{F_1} - \frac{P_2}{F_2} \right) \cdot m \cdot l \cdot I^2 \tau 10^6 K_{\text{п}}, \quad (10)$$

где δW_0 – снижение потерь, кВт·ч;

P_1 – удельное сопротивление старого материала, Ом·мм²/км;

P_2 – удельное сопротивление нового материала, Ом·мм²/км;

F_1 – сечение старого материала, мм²;

F_2 – сечение нового материала, мм²;

m – количество фаз в ответвлении, шт.;

l – длина ответвления, км.;

I – ток в ответвлении, А.

в) Замена перегруженных и установка и ввод в работу дополнительных силовых трансформаторов на эксплуатируемых подстанциях.

Замена перегруженных или ввод в работу дополнительных разгрузочных трансформаторов на подстанции производится, если коэффициент загрузки

трансформаторов больше верхнего предела экономически целесообразной загрузки, согласно формуле (11).

$$K_{3l} > K_{3l}^B, \quad (11)$$

где K_{3l} – коэффициент загрузки трансформаторов;

K_{3l}^B – верхний предел загрузки трансформаторов.

Верхний предел загрузки определяется по формуле (12).

$$K_{3l}^B = \frac{(P_{x(1+1)} \tau_{3_{\text{э}1x}} + (P_{\Sigma} + P_{\text{н}}) K_{\text{зам}})}{(P_{\text{к}1} - K_{\text{вт}}^2 * P_{\text{k}(1+1)}) \tau_{3_{\text{э}1\text{к}}}}, \quad (12)$$

где K_{3l} – то же, что и в формуле (11);

P_x – паспортные данные потерь холостого хода, кВт·ч;

P_k – паспортные данные потерь короткого замыкания, кВт·ч;

$3_{\text{э}1x}$ – удельные замыкающие затраты на потери электроэнергии холостого хода, руб.;

$3_{\text{э}1\text{к}}$ – удельные замыкающие затраты на потери электроэнергии короткого замыкания, руб.;

l – характеризует заменяемые трансформатор;

$(l+1)$ – характеризует заменяющий трансформатор большей мощности;

$K_{\text{вт}}$ – отношение номинальных мощностей ($S_{\text{н}l}/S_{\text{н}(l+1)}$);

$K_{\text{зам}}$ – стоимость замены трансформаторов, руб.;

$P_{\text{н}} = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

В результате замены перегруженного трансформатора или установки дополнительного происходит снижение нагрузочных потерь и увеличение потерь холостого хода, а суммарным снижением потерь электроэнергии является разница первого и второго.

г) Замена недогруженных силовых трансформаторов.

Замена недогруженного трансформатора на подстанции трансформатором меньшей мощности производится, если прогнозируемый на 4–5 лет коэффициент его загрузки в режиме наибольших нагрузок меньше нижнего предела экономически целесообразной загрузки, а установка трансформатора меньшей мощности не приводит к его перегрузке в нормальном режиме работы.

При выполнении этих условий и осуществлении замены недогруженного трансформатора на трансформатор меньшей мощности, снижаются потери электроэнергии холостого хода и увеличиваются нагрузочные потери. Однако суммарное снижение потерь электроэнергии получаемое при замене недогруженного трансформатора на подстанции на трансформатор меньшей мощности получается из-за того, что абсолютная величина снижения потерь электроэнергии холостого хода трансформатора меньшей мощности больше чем величина увеличения нагрузочных потерь этого трансформатора.

Ожидаемый экономический эффект от реализации этих мероприятий за период 2016–2020 гг. оценивается в 4830,7 млн руб. и 145,6 тыс. т у.т. при суммарных затратах 12663,1 млн руб.

В программе запланированы организационные и технические мероприятия, направленные на снижение расхода энергетических ресурсов и воды на хозяйственные нужды зданий административно–производственного назначения. Общий ожидаемый экономический эффект от реализации данных мероприятий за период 2016–2020 гг. составит 219,6 млн руб. при суммарных затратах 122,8 млн руб.

3.2 Оценка эффективности мероприятий по снижению потерь

ПАО «МРСК Сибири» в ходе своей деятельности сталкивается с рядом проблем, которые приводят к высоким потерям электроэнергии в сетях. Как видно в таблице 6, технические потери равны нулю, а более 30% отпущенной электроэнергии по рассмотренному фидеру 00–00–00 N-ной РЭС

Красноярского края является коммерческими. В выпускной квалификационной работе рассмотрены мероприятия по снижению потерь для этого фидера. Наглядно с данными мероприятиями можно ознакомиться в таблице 8.

Таблица 8 – Мероприятия по снижению коммерческих потерь ПАО «МРСК Сибири»

Наименование мероприятий
Замена неизолированного провода ВЛ 2 ф. 00–00–05 на изолированные
Организация рейдов по выявлению безучётного потребления электроэнергии
Разработка системы стимулирования инспекторов и контроллеров ПАО «МРСК Сибири»
Усовершенствование работы программы «телефона доверия»

а) Для реализации замены неизолированного провода ВЛ 2 ф. 00–00–05 на изолированные для потребителей, являющихся физическими лицами, потребуются капитальные вложения. Вместо нескольких разделённых друг от друга голых алюминиевых проводов, прикрученных к изоляторам, используют провод Самонесущий Изолированный Провод (СИП). СИП представляет собой один или жгут из нескольких изолированных проводов, который крепится к опорам специальными креплениями за одну или за все жилы одновременно. СИП имеет несколько разновидностей:

– СИП–1 – несущая нулевая жила без изоляции, фазные жилы заизолированы. Изоляция – термопластичный светостабилизированный полиэтилен. Крепится за нулевую жилу. Рабочее напряжение: до 0,66/1 кВ с частотой 50 Гц;

– СИП–1А – то же, что и СИП–1, но все жилы заизолированы;

– СИП–2 – несущая нулевая жила без изоляции, фазные жилы заизолированы. Изоляция – сшитый светостабилизированный полиэтилен (полиэтилен с поперечными молекулярными связями). Крепится за нулевую жилу. Рабочее напряжение: до 0,66/1 кВ с частотой 50 Гц;

– СИП–2А – то же, что и СИП–2, но все жилы заизолированы;

– СИП–3 – одножильный провод. Жила выполнена из уплотнённого

сплава или уплотнённой сталеалюминовой конструкции проволок. Изоляция – сшитый светостабилизированный полиэтилен. Рабочее напряжение: до 35 кВ;

– СИП–4 – все жилы заизолированы. Изоляция – термопластичный светостабилизированный полиэтилен. Не имеет несущей жилы. Крепится за все жилы одновременно. Рабочее напряжение: до 0,66/1 кВ с частотой 50 Гц;

– СИП–5 – то же, что и СИП–4, но изоляция – сшитый светостабилизированный полиэтилен.

Для прокладки воздушных линий в СНТ наиболее приемлемым является провод СИП–2А. Стоит выделить недостатки других типов СИП, чтобы обосновать выбор:

– у СИП–1 и СИП–2 на неизолированной нулевой жиле при её обрыве возможно присутствие опасного для людей потенциала;

– у СИП–1, СИП–1А и СИП–4 менее прочная изоляция;

– СИП–3 предназначен для напряжений свыше 1000 вольт. Кроме того, это одиночный провод, его не сворачивают в жгут;

– СИП–4 и СИП–5 могут применяться только для отводов к домам. Из-за отсутствия упрочнённой несущей жилы могут растягиваться со временем.

При расчёте сечения проводов нужно учитывать длину линий, которая суммарно равна 4,585 км, максимальную мощность энергопринимающих устройств – 72 кВт. Чтобы подобрать соответствующий СИП, нужно вычислить максимальный ток, который может протекать в проводах.

Вычислим максимальную мощность, приходящую на одну фазу:

$$\frac{72 \text{ кВт}}{3 \text{ фазы}} = 24 \text{ кВт}$$

Вычислим максимальный ток одной фазы. На выходе из трансформатора по стандарту 230 В. При подсчёте учитываем также емкостную и индуктивную нагрузку от бытовых приборов, используя $\cos \varphi = 0,95$.

$$\frac{24000 \text{ Вт}}{230 \text{ В} \cdot 0,95} = 110 \text{ А}$$

Итак, провод должен держать 110 А. Согласно этому, нужно выбрать подходящее сечение провода. Провод типа СИП–2А изображен на рисунке 13.

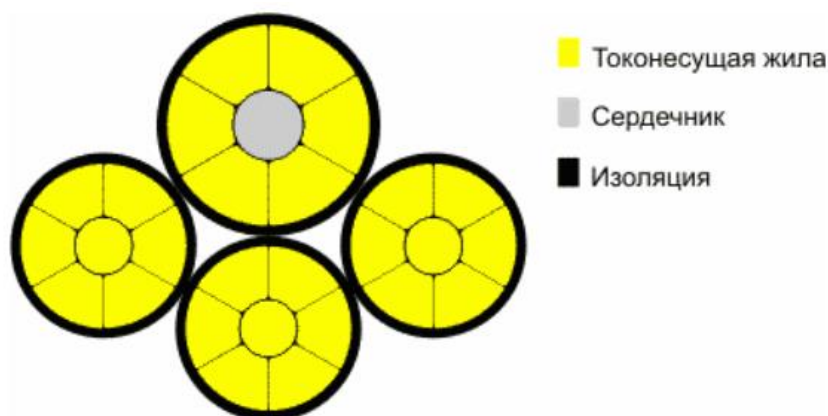


Рисунок 13 – Провод марки СИП–2А

В таблице 9 приведены технические характеристики провода СИП–2А.

Таблица 9 – Параметры проводов марки СИП–2А

Число и сечение проводников	Число и сечение несущего троса	Допустимый ток нагрузки (А)	Односекундный ток к.з. (кА)
4·16	1·25	100	1,5
1·16	1·25	105	1,5
3·16	1·25	110	1,5
3·25	1·35	130	2,3
3·35	1·50	160	3,2
3·50	1·70	195	4,6
3·70	1·95	240	6,5
3·120	1·95	340	7,2

Можно выбрать СИП с сечением фазных жил 25 кв.мм., так как он выдержит ток в 110 А. Согласно допускам, падение напряжения на максимальной нагрузке в конце линии не должно превышать 5%. Посчитаем

падение напряжения для рассматриваемого случая с жилами 25 кв.мм.

Длина провода = 4,585 км = 4585 м

Удельное сопротивление алюминия = 0,000000287 Ом·м

Сечение провода = 0,000025 кв.м

Отсюда, удельное сопротивление провода рассчитывается:

$$\frac{0,000000287 \text{ Ом}\cdot\text{м}}{0,000025 \text{ кв.м}} = 0,001148 \text{ Ом/м}$$

Сопротивление 2085 м провода = 0,001148 Ом/м·2085 м = 2,96758 Ом.

На следующем этапе нужно рассчитать сопротивление нагрузки 24 кВт.

$$P = U \cdot I \cdot 0.95, \quad (13)$$

где P – мощность, Дж/с;

U – напряжение, А;

I – сила тока, А.

$$I = \frac{U}{R}, \quad (14)$$

где I – то же, что и в формуле (13);

U – то же, что и в формуле (13);

R – сопротивление, Ом.

Чтобы получить формулу сопротивления, нужно подставить формулу (14) в формулу (13). Получим формулы (14) и (15).

$$P = \frac{U^2 \cdot 0.95}{R}, \quad (15)$$

где P – то же, что и в формуле (13);

U – то же, что и в формуле (13);

R – то же, что и в формуле (14).

$$R = \frac{U^2 * 0.95}{P}, \quad (16)$$

где R – то же, что и в формуле (14);

U – то же, что и в формуле (13);

P – то же, что и в формуле (13).

Теперь подставляем значения в формулу (16):

Сопротивление нагрузки:

$$\frac{230 \text{ В}^2 * 0.95}{24000 \text{ Вт}} = 2,094 \text{ Ом}$$

Общее сопротивление всей цепи:

$$2,968 + 2,094 = 5,062 \text{ Ом}$$

Максимальный ток, который может возникнуть, исходя из полного сопротивления цепи:

$$\frac{230 \text{ В}}{5,062 \text{ Ом}} = 45,44 \text{ А.}$$

Падение напряжения в проводе:

$$45,44 \text{ А} \cdot 2,968 \text{ Ом} = 134,85 \text{ В.}$$

Падение напряжения в проводе, равное 134,85 В – это 58,63% от исходного напряжения 230 В, что значительно превышает допустимые 5%. Поэтому сечение жил надо увеличить до 120 кв.мм. Это существенно больше, чем необходимо по току, но при максимальной нагрузке на конце линии такое сечение даст падение напряжения 6,42 В, что соответствует 2,8% от исходного

напряжения, что вписывается в допустимое значение.

Таким образом, нам для линии 2085 метров и нагрузки по 24 кВт на фазу, необходим СИП–2А сечением фазных жил 120 кв.мм. Необходимо заменить 2085 м. неизолированного провода на СИП–2А стоимостью 342 руб/м. Значит затраты на материалы будут рассчитываться следующим образом:

$$342 \text{ руб/м} \cdot 2085 \text{ м.} = 713070 \text{ руб.}$$

Для установки проводов и монтажных работ не рекомендуется привлекать сторонние организации, поэтому затраты на монтажные работы можно не учитывать. В результате реализации мероприятия коммерческие потери на ф.00–00 снизятся до 5% (12000 кВт·ч). В среднем за квартал потери составляет 80000. кВт·ч, значит полезный отпуск увеличится на 68000 кВт·ч, стоимость которых можно рассматривать как потенциальный доход. По одноставочному тарифу в пределах социальной нормы 1 кВт·ч стоит 2,37 руб. Отсюда потенциальный доход рассчитывается следующим образом:

$$68000 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 2,37 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч} = 161160 \text{ руб.}$$

За один квартал с помощью реализации этого мероприятия можно привлечь 161160 рублей. Полезный отпуск за квартал в среднем равен 150000 кВт·ч, то есть стоимость потребленной электроэнергии за квартал будет рассчитываться путем умножения количества электроэнергии на тариф:

$$150000 \cdot 2,37 = 355500 \text{ руб.}$$

То есть потенциальный валовый доход за квартал будет равен:

$$355500 + 161160 = 516660 \text{ руб.}$$

Из потенциального дохода вычитаем налог на прибыль, равный 20%, чтобы рассчитать чистую прибыль.

$$516660 - 516660 \cdot 20\% = 413328 \text{ руб.}$$

Чистый денежный поток рассчитывается, как сумма чистой прибыли и амортизационных отчислений (6%):

$$413328 + 713070 \cdot 6\% = 456112,2 \text{ руб.}$$

Эффективность реализации проекта может быть охарактеризована следующими показателями:

– чистый дисконтированный доход (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - CF_0, \quad (17)$$

где NPV – чистый дисконтированный доход, руб.;

CF_t – денежный поток в период времени t, руб.;

CF_0 – первоначальные инвестиции, руб.;

r – ставка дисконтирования (25% условно).

Таблица 10 – показатели для расчета NPV

Период (квартал)	Первоначальные инвестиции	Денежный поток	Дисконтированный денежный поток
0	713070	456112,2	456112,2
1		456112,2	364889,8
2		456112,2	291911,8
3		456112,2	233529,4

Из таблицы 10 рассчитываем NPV:

$$NPV=(456112,2+364889,8+291911,8+233529,4)-713070=748723,5 \text{ руб.}$$

Так как NPV положительный, проект является привлекательным для вложения.

– внутренняя норма прибыли (IRR):

$$0=\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - CF_0, \quad (18)$$

где CF_t – то же, что и в формуле (17);

CF_0 – то же, что и в формуле (17);

IRR – внутренняя норма прибыли, %.

Данный показатель удобно считать в Excel. Расчет представлен на рисунке 14. Денежный поток за нулевой период принимаем равным разнице первоначальных затрат и валового дохода. $IRR=ВСД(C2;C5)$.

	А	В	С
1	Период (квартал)	Первоначальные затраты	Денежный поток
2	0	713070	-256957,8
3	1		456112,2
4	2		456112,2
5	3		456112,2
6		IRR	168%

Рисунок 14 – расчёт IRR в Excel

Для определения эффективности проекта нужно сравнить внутреннюю норму прибыли со ставкой дисконтирования (25%). Так как IRR больше ставки дисконтирования, вложенный в проект капитал будет создавать доходность выше, чем стоимость вложенного капитала, то есть этот проект можно считать привлекательным.

– индекс прибыльности (PI):

$$PI = \frac{NPV}{CF_0}, \quad (19)$$

где NPV – то же, что и в формуле (17);

CF_0 – то же, что и в формуле (17).

Отсюда индекс прибыльности рассчитывается следующим образом:

$$PI = \frac{748723,5}{713070} = 1,05$$

Так как индекс прибыльности больше 1, проект можно считать привлекательным для вложений, так как он сможет обеспечить дополнительную отдачу капитала.

– дисконтированный срок окупаемости:

$$DPP = \min n, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} > CF_0, \quad (20)$$

где DPP – дисконтированный срок окупаемости;

CF_t – то же, что и в формуле (17);

r – то же, что и в формуле (17);

CF_0 – то же, что и в формуле (17).

При расчёте дисконтированного периода срока окупаемости определяются дисконтированные денежные потоки от проекта, они представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Данные для определения DPP

Период (квартал)	Первоначальные затраты	Денежный поток	Денежный поток нарастающим итогом	Дисконтированный денежный поток	Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом
0	713070	456112,2	456112,2	456112,2	456112,2
1		456112,2	1033320	729779,52	1185891,72
2		456112,2	1549980	875735,42	2061627,14
3		456112,2	2066640	934117,79	2995744,93

Дисконтированный денежный поток нарастающим итогом в первом после нулевого периода стал превышать начальные затраты, это значит что дисконтированный срок окупаемости проекта равен двум кварталам, то есть DPP равно полгода.

б) Организация рейдов по выявлению безучётного потребления электроэнергии.

Данное мероприятие является организационным и не требует никаких затрат, но остаётся эффективным. Например, за 2017 год сотрудниками филиала «Красноярскэнерго» выявлено более 2600 фактов несанкционированного энергопотребления – это порядка 111,6 млн кВт·ч.

Рейды проводятся при участии работников подразделений безопасности и сотрудников органов внутренних дел и позволяют оперативно реагировать на самовольное подключение к электрическим сетям как физических, так и юридических лиц, а также пресекать незаконное вмешательство в работу приборов учета. При наличии доступа на объект, проводятся обследование питающей объект линии, токоприёмников, проверка узла учёта электроэнергии у потребителя. Если был выявлен факт бездоговорного потребления электроэнергии, необходимо составить акт о неучтенном потреблении электрической энергии. Также в отношении «энерговоров» должно осуществляться полное ограничение режима потребления электроэнергии. Также потребителю выписывается предписание на устранение допущенных нарушений и составляется акт вывода из расчёта узла учёта электрической энергии.

После составления акта о неучтенном потреблении электрической энергии в течение двух рабочих дней необходимо выполнить расчёт объема безучетного электропотребления за период, в течение которого это осуществлялось, но не более, чем за 3 года. Для юридических лиц – по максимально разрешенной по договору мощности, для физических – по мощности всех энергопринимающих устройств. На основании расчёта объёма

неучтенного потребления оформляется счёт для оплаты стоимости электроэнергии.

в) Разработка системы стимулирования инспекторов и контроллеров ПАО «МРСК Сибири».

Система морального и материального поощрения инспекторского состава и контроллеров энергосбытовых организаций при выявлении ими фактов хищения электроэнергии представляется действенной и быстро окупаемой мерой. Такая система может явиться дополнительным рычагом для мотивации персонала и повышения эффективности работы ПАО «МРСК Сибири» в целом и, в частности, за счет существенного снижения коммерческих потерь в электрических сетях и упорядочения взаиморасчетов с потребителями электрической энергии.

С этой целью можно, например, часть средств, полученных в результате обнаружения и предотвращения фактов хищения электроэнергии, направлять в премиальный фонд энергосбытовой или электросетевой компании для материального поощрения участвующих в этой работе.

г) Усовершенствование работы программы «телефона доверия».

Одним из мероприятий по выявлению хищений электроэнергии является модернизация работы программы «телефона доверия». Несомненно, многие готовы сообщать о фактах бездоговорного потребления электрической энергии. Например, в газете «Труд Енисея» был приведен факт необходимости такой программы. Впервые телефон доверия был организован в ОАО «Красноярскэнерго» в 2002 году и за полтора первых месяца его функционирования поступило 316 звонков, по которым компанией были приняты соответствующие меры и составлены акты на 56308 рублей.

Также можно предложить методы стимулирования потребителей, готовых рассказать о фактах безучётного потребления энергии. Существует много способов это сделать. Например, платить им за информацию об «энерговорах», делать им подарки или скидки на потребленную ими электроэнергию.

Стоит признать, что этот метод не может являться решающим фактором в борьбе с бездоговорным потреблением электрической энергии, так как могут быть ошибки, ложные звонки и т.п., но и положительный эффект несомненно будет получен в случае постоянно действующих оперативных бригад.

Организационные мероприятия, как правило, не требуют значительных первоначальных затрат, поэтому их проводить всегда целесообразно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенностью деятельности предприятий энергетической отрасли является одновременность производства и потребления электрической энергии. Передача электроэнергии производится по электрическим сетям от мест генерирования к местам потребления. Во время процесса передачи электроэнергии возникают её потери. Потери электроэнергии разделяются на технологические и коммерческие. Первые обусловлены физическими процессами при передаче электроэнергии, а вторые возникают из-за хищений электрической энергии, несоответствия показаний счётчиков оплате за электроэнергию потребителями и из-за других причин.

Уровень потерь в электросетях, равный 10 – 12% считается максимально возможным, однако на российских предприятиях рассматриваемый показатель часто не укладывается в эту норму.

В результате выпускной квалификационной работы были изучены теоретические и методологические основы нормативно-правовой базы в отношении передачи и потребления электроэнергии и энергосбережения, изучена структура потерь ПАО «МРСК Сибири», мероприятия, направленные на снижение потерь, проводимые исследуемым предприятием, охарактеризован конкретный фидер N-ной РЭС Красноярского края и разработаны мероприятия, повышающие эффективность передачи электрической энергии на рассматриваемом объекте. Также были предложены ряд организационных и технических мероприятий.

Во-первых, было разработано мероприятие по замене неизолированного провода на самонесущий изолированный провод марки СИП-2А на воздушной линии ф. 00-00-05, предназначенной для снабжения физических лиц электрической энергией. Проводилась оценка экономической эффективности данного мероприятия. В результате его реализации, чистая прибыль увеличится на 128928 рублей за один период (квартал), что составляет 27,5%. Затраты на замены проводов составили 713070 рублей, срок окупаемости два квартала, что

является приемлемым для организации, и один из главных показателей оценки эффективности проекта – чистый дисконтированный доход – положительный. В результате расчёта критериев эффективности предложенного мероприятия выяснилось, что оно является привлекательным для реализации.

Во-вторых были предложены ряд организационных мероприятий, направленных на снижение потерь. Достоинством такого типа мероприятий является отсутствие затрат и высокая эффективность. Чтобы повысить эффективность передачи и потребления электрической энергии, можно организовывать рейды по выявлению бездоговорного потребления электрической энергии по результатам прошедшего периода на линии с наиболее высокими значениями потерь электрической энергии. Также разработка системы стимулирования инспекторов и контроллеров ПАО «МРСК Сибири» является высокоэффективным методом, так как такая система мотивирует сотрудников организации, а снижение коммерческих потерь улучшает ряд важных экономических показателей ПАО «МРСК Сибири». Следующим мероприятием является усовершенствование работы программы «телефона доверия». Данная программа реализуется в настоящее время в «МРСК Сибири», но принцип её работы можно немного изменить с целью снижения хищения электрической энергии, стимулируя потребителей помогать компании выявлять факты бездоговорного потребления электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Годовой отчёт ПАО «МРСК Сибири» за 2015 год
- 2 Годовой отчёт ПАО «МРСК Сибири» за 2016 год
- 3 «Государственное регулирование тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» Сборник нормативно–правовых актов. А. Изотова, И.Мигунова, Е.Юдина, изд. Нестор Академик Паблишерз, 2018 г, 608 с
- 4 «Карусель энергетики» Ю.Г. Чирков изд. Академический проект 2016 г, 406 с
- 5 «Контроль и анализ качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» Сборник документов. В. Зацепин, изд. Альвис, 2013 г., 124 с
- 6 «Контроль показателей качества электрической энергии» В.В. Дубинин , LAP Lambert Academic Publishing, 2012 г., 164 с
- 7 «Методы расчета потерь энергии в электрических сетях» А.С. Степанов, Ю.Г. Кононов, В.М. Пейзель, изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2013 г., 140 с
- 8 «Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий» Н.К. Полуянович, Издательство: Лань. Год: 2018. Серия: Учебники для вузов. Специальная литература. 396 с
- 9 «Надежность электроснабжения. Учебное пособие» С.И. Малафеев, ред. Т.С. Спирина, Издательство: Лань. Год: 2017. Серия: Учебники для вузов. Специальная литература. 368 с
- 10 «Нормативы потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям территориальных сетевых организаций»2018 г, 4с
- 11 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» изд. Моркнига, 2018 г., 530 с.

- 12 «Общая электротехника» Учебное пособие Кривоногов Н.А., Маклаков В.П., Потапов Л.А., ред. Потапов Л.А, серия: Высшее образование, изд. феникс, 2016 г., 223 с
- 13 «Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии)» Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Гасангаджиев, В.С. Кожиченков, изд. КноРус, 2014 г., 408 с.
- 14 «Основное оборудование электрических сетей. Справочник» М.Н. Балдин, И.Г. Карапетян Издательство: НЦ ЭНАС. Год: 2014. Серия: Справочник. 208 с
- 15 «Основы расчета электрических сетей. Учебное пособие» Ю.Д. Сибикин, Издательство: НЦ ЭНАС. Год: 2018. 368 с
- 16 «Оценка потерь электрической энергии в электрических сетях» А. Лыкин., изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2014 г., 60 с
- 17 «Передача и распределение электрической энергии. Учебное пособие» А.А. Герасименко, В.Т. Федин, КниРус, 2014 г., 648 с.
- 18 «Пособие ПТЭ электрических станций и сетей. Электрическое оборудование» Издательство: НЦ ЭНАС. Год: 2017. Серия: ПТЭ. 520 с
- 19 «Правила оказания услуг на рынках электрической энергии в вопросах и ответах» Пособие для изучения и подготовке к проверке знаний. С.С. Рябов, изд. НЦ ЭНАС, 2014 г., 112 с.
- 20 «Правила оптового рынка электрической энергии и мощности» изд. Энергия, 2015 г., 246 с
- 21 «Правила проведения сертификации электрооборудования и электрической энергии» изд. Энергия, 2015 г., 56 с
- 22 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации» изд. Энергия, 2013 г., 348 с
- 23 «Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ–6 и ПУЭ–7» Серия: Кодексы. Законы. Нормы. изд: норматика

24 «Правила функционирования розничных рынков электрической энергии. В вопросах и ответах» Пособие для изучения и подготовке к проверке знаний. С.С. Рябов, изд. НЦ ЭНАС, 2014 г., 184 с.

25 «Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения» Учебное пособие. А.В.Суворин, изд. Инфра–М, 2018 г, 354 с.

26 «Прогноз развития мировой энергетики до 2035 года.» Макаров А. А., Григорьев Л. М. – общая редакция. М.; ИНЭИ РАН, 2012 г

27 «Секреты выживания потребителей на рынке электрической энергии. Подключение к электросетям в условиях ограничений» Практическое пособие. В.В Красник,ред. А.М. Меламед, изд. НЦ ЭНАС, 2013 г.

28 «Силовая электроника для управления качеством электрической энергии» Ю.К. Розанов, изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2015 г., 96 с.

29 «Снижение коммерческих потерь электроэнергии» Собрывина А.Е. // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XVI–XVII междунар. науч.–практ. конф. № 9–10(16). – Новосибирск: СибАК, 2014.

30 «Современный справочник электрика» А.В. Суворин, ред. Волкова Д. Издательство: Феникс. Год: 2017. Серия: Профессиональное мастерство. 526 с

31 «Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ и 110–1150 кВ.» Том 10, В. Дрозд, К. Горошкин, Я. Каминская, изд. Энергия, 2014 г., 816 с.

32 «Схемы включения счетчиков электроэнергии» производственно–практическое пособие, В.А. Рошин, 2015 г., 112 с

33 «Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств» Красник В.В. ред. А.М. Меламед, изд НЦ ЭНАС, 2017 г., 320 с

34 «Электрическая энергия. Как она добывается, как она передается, как она потребляется» В.Ф. Миткевич, изд. ЛКИ, 2015 г., 314 с.

35 «Электромонтажник электрических сетей и электрооборудования» А.И. Троицкий, ред. А.А. Боровиков, Издательство: Феникс. Год: 2017. Серия: Среднее профессиональное образование. 409 с.

36 «Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. Учебное пособие» А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева, Издательство: Инфра–Инженерия. Год: 2018. , 148 с

37 «Электроснабжение. Учебник» Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, М.Г. Ошурков, ред. Волкова Д. Издательство: Феникс. Год: 2018. Серия: Высшее образование. 382 с

38 «Электротехника» Практическое пособие Лихачев В.Л., серия: библиотека инженера, изд. Солон–пресс, 2016 г, 608 с

39 «Электроэнергетические системы и сети. Расчёты, анализ, оптимизация режимов работы» Учебное пособие Герасименко А.А., Федин В.Т. ред. Волкова Д. Серия: Высшее образование изд. Феникс 2018 г, 471 с

40 «Энергетика. Проблемы настоящего и возможности будущего» В.Г. Родионов ред. А.М. Меламед, изд. НЦ ЭНАС, 2014 г.,352 с

41 «Энергетические процессы в механических и электрических системах» Ю. Асанбаев., изд. LAP Lambert Academic Publishing, 2014 г., 144с.

42 «102 способа хищения энергоэнергии» В.В. Красник изд. ред. А.М. Меламед НЦ ЭНАС год: 2013 Серия: Рынок электроэнергии , 160 с

43 Гражданский кодекс Российской Федерации от 21.10.1994 года// Справочно–правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_d LAW_5142/

44 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 года № 195–ФЗ (ред. от 23.04.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.05.2018// Справочно–правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_d LAW_34661/

45 «Конституция Российской Федерации» (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6–ФКЗ, от 30.12.2008 N 7–ФКЗ, от 05.02.2014 N 2–ФКЗ, от 21.07.2014 N 11–ФКЗ) // Справочно–правовая система «Консультант Плюс».Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_d LAW_28399/

46 «Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 18.04.2018) Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, Правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям» Справочно-правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_d_c_LAW_51030/

47 Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 N 1172 (ред. от 30.04.2018) «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности»// Справочно-правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_112537/

48 Федеральный закон «Об особенностях функционирования электроэнергетики и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона Об электроэнергетике» от 26.03.2003 N 36-ФЗ (последняя редакция) // Справочно-правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41476/

49 Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 N 35-ФЗ (последняя редакция) // Справочно-правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/

50 Федеральный закон от 03.04.1996 N 28–ФЗ(последняя редакция) «Об энергосбережении» // Справочно–правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9906/

51 Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261–ФЗ (последняя редакция) // Справочно–правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/

52 Федеральный закон «О саморегулируемых организациях» от 01.12.2007 N 315–ФЗ (последняя редакция) // Справочно–правовая система «Консультант Плюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72967/

53 «Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ)»/ Дягилев А. А., Новиков П. П., Бутушин В. В. // Молодой ученый. — 2018. — №7. — С. 33–36. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/193/48370>

54 «Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии на современном рынке электроэнергии»/ Максимова А. М., Емельянова Д. К. // Молодой ученый. — 2016. — №21. — С. 177–179. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/125/34876/>

55 «АСКУЭ —Преимущества, Цели, Задачи» [Электронный ресурс]// ТОО «KazNetworks». [Электронный ресурс] —Режим доступа. — URL: <http://kaznetworks.kz/index.php?dn=inf·&pa=asmm–benefits–and–bjectives>

56 «АСКУЭ» // «ЭнергоСпектр». Группа энергетических компаний. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.energ·–spektr.ru/energ·save/askue/>

57 «Внедрение систем автоматизированного учета и контроля параметров энергопотребления (АСКУЭ, АИИСКУЭ)» [Электронный ресурс]// ООО ПВФ «Центр энергосберегающих технологий». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:<http://www.estc.dias.ru/askue/>

58 «Меры по снижению потерь электроэнергии на промышленных предприятиях» Бейтуллаева Р. Х., Халикова Х. А., Коржовова М. Ф. // Молодой ученый. — 2018. — №11. — С. 69–71. — URL <https://moluch.ru/archive/197/48538/>

59 Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России). [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.minenergo.gov.ru/>

60 «Основные проблемы энергетики и возможные способы их решения» В.Я. Ушаков/ Томский политехнический университет. 2017 год – [Электронный ресурс] // – Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/3936/1/bulletin_tpu-2011-319-4-01.pdf

61 Официальный сайт ПАО «МРСК Сибири» Режим доступа: <https://www.mrsk-sib.ru/index.php?lang=ru40>

62 Официальный сайт ПАО «Россети» Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/>

63 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>

64 «Потери электроэнергии и способы борьбы с ними»/ Шойимова С. П. // Молодой ученый. — 2015. — №23. — С. 278–280. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/103/23801/>

65 «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)» [Электронный ресурс] // – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98464/

66 «Проблема потерь электрической энергии в сети линии электропередач. Один из способов её решения» В. С. Мацора// Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XXXI междунар. студ. науч.-практ. конф. №4(30). [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://sibac.inf/archive/technic/4\(30\).pdf](http://sibac.inf/archive/technic/4(30).pdf)

67 «Расчёт потерь мощности в электрических сетях» Гиршин С.С., Монгуш Ч.П., Бирюков С.В.// Омский научный вестник – 2018 г. [Электронный

ресурс] // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-p-ter-m-schn-sti-v-elektricheskikh-setyah>

68 «Снижение коммерческих потерь электрической энергии в электрических сетях» Путилова Н.Н., Проскурякова М.М./ Новосибирский государственный технический университет. 2015 год – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25409326>

69 «Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях 0,4/6/10 кВ» В.В. Паскевич//Современные тенденции в науке, технике, образовании – Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, 2018 г. Изд.: Общество с ограниченной ответственностью «НОВАЛЕНСО» (Смоленск). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32861723>

70 «Современное состояние проблемы расчёта и анализа потерь электроэнергии» Кабаков А. А., Попов А. А. // Молодой ученый. — 2017. — №12. — С. 56–59. — [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://m-luch.ru/archive/146/41090/>

71 ««Умные» счетчики энергии снижают ее хищение и потери на 10–30%» 2017 г. [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://tass.ru/ek-n-mika/4231354>

72 «Эффективность использования электрической энергии» Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина, Е.В. Кузьмина/ Томский политехнический университет. 2015 год – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/14978/1/57.pdf>.