

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н.Чистяков
Подпись, инициалы, фамилия
« » 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (код и наименование специальности)

Мониторинг коммерческих потерь и распределение электрической энергии на
примере Бейского РЭС
(наименование темы)

Н.В.Дулесова
ициалы , фамилия

Выпускник _____ «__» ____ 2019 г.
подпись _____ дата _____

А.В.Малыхина

Нормоконтролер _____ «___» ____ 2019 г.
подпись, дата

И.А.Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____Г.Н. Чистяков
Подпись, инициалы, фамилия
«_____» _____ 2019 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту _____ Малыхиной Анастасии Викторовне
(фамилия, имя, отчество)

Группа XЭн-15-02 (15-2) Направление (специальность) 13.03.02
номер _____ код _____
«Электроэнергетика и электротехника»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Мониторинг коммерческих потерь и распределение электрической энергии на примере Бейского РЭС

Утверждена приказом по институту № 303 от 06.05.2019.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., к.э.н. доцент кафедры Электроэнергетика»
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Статистические данные по отпуску электрической энергии, поопорные схемы электрических сетей, пофидерный баланс.

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

- 1.1 Коммерческие потери электрической энергии
- 1.2 Разработка и применение математических инструментов

2 Аналитическая часть

- 2.1 Характеристика предприятия
- 2.2 Исходные данные для анализа коммерческих потерь
- 2.3 Математическая модель описания расхождения показателей

3 Практическая часть

- 3.1 Мероприятия по снижению коммерческих потерь в Бейских РЭС
- 3.2 Пути снижения коммерческих потерь электроэнергии
- 3.3 Результат мероприятий по снижению потерь электроэнергии

Заключение

Список используемых источников

Перечень графического материала:

1. Анализ коммерческих потерь
2. Применение математического аппарата
3. Мероприятия по снижению коммерческих потерь

Руководитель ВКР

/Н.В. Дулесова

ициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

/А.В.Малыхина

ициалы, фамилия

20.02.2019г.

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа на тему «Мониторинг коммерческих потерь и распределение электрической энергии на примере Бейского РЭС» содержит 59 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ, НОРМИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ДИВЕРГЕНЦИЯ.

Актуальность выбранной темы заключается в необходимости выявления коммерческих потерь и поиске путей их снижения в электрических сетях энергоснабжающих организаций.

Объектом исследования являются коммерческие потери в районных распределительных электрических сетях, питающих потребителей Бейского района.

Предметом исследования являются: технологии анализа и сопоставления плановых и фактических показателей электропотребления.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы заключается в анализе структуры и последующей оценке коммерческих потерь в электрических сетях с применением современных информационных технологий.

В течение проработки проекта были получены следующие результаты:

- сформированы исходные данные для анализа и оценки коммерческих потерь электрической энергии;
- выполнен анализ коммерческих потерь;
- выполнена оценка и предложены мероприятия по снижению коммерческих потерь в районных электрических сетях.

Практическая значимость исследования обусловлена тем, что теоретические и практические рекомендации могут быть использованы специалистами Бейских РЭС.

ABSTRACT

The bachelor's thesis on "Monitoring of commercial losses and distribution of power in terms of the Beysky power distribution zone" consist of 59 pages of text document, 25 used sources, 3 sheets of graphical material.

**COMMERCIAL LOSSES, NORMALIZATION, MONITORING,
MATHEMATICAL MODEL, DIVERGENCY.**

Applicability of the chosen theme is determined by the need to reveal commercial losses and look for ways of reducing them in electric power systems of power providers.

The research is concerned with commercial losses in district power distribution zones providing consumers of Beysky District.

The subject of the research is technologies of analysis and comparison of planned and actual power consumption.

The aim of this study is to analyze the structure and thereafter assess commercial losses in electric power system using modern informational technologies.

During the project work the following results were obtained:

- source data for analysis and assessment of commercial losses of electric power are development;
- commercial losses are analysed;
- assessment of commercial losses is made and measures to reduce commercial losses in the district electric power systems are proposed.

The practical relevance of the research is determined by the opportunity of Beysky power distribution zones specialists to adopt the theoretical and practical recommendations.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	9
1.1 Коммерческие потери электрической энергии	9
1.1.1 Потери при выставлении счетов	11
1.1.2 Потери из-за несоответствия дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом.....	11
1.1.3 Потери из-за расчетов потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления	12
1.1.4 Потери из-за ограничения потребляемой мощности.....	12
1.1.5 Потери при востребовании оплаты за потребленную электроэнергию	12
1.1.6 Потери от хищений электроэнергии.....	13
1.1.7 Потери из-за нарушения качества электроэнергии	14
1.2 Нормирование потерь электроэнергии	14
1.2.1 Понятие норматива потерь. Методы установления нормативов на практике	15
1.2.2 Нормативные характеристики потерь	17
1.3 Разработка и применение математических инструментов	18
2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1. Характеристика предприятия.....	19
2.2. Исходные данные для анализа коммерческих потерь	20
2.3. Математическая модель описания расхождения показателей.....	36
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	45
3.1. Мероприятия по снижению коммерческих потерь в Байских РЭС .45	
3.1.1 Применение математической модели для выявления расхождения между показателями.....	45
3.1.2 Перенос приборов учета на границу балансовой принадлежности потребителей электроэнергии частных владений.....	46
3.1.3 Замена голого провода на самонесущий изолированный провод (СИП)	47
3.2. Пути снижения коммерческих потерь электроэнергии.....	48
3.2.1 ф.2 от ТП-61-05-03	48
3.2.2 ф.1 от ТП-65-02-03	51
3.3. Результат мероприятий по снижению потерь электроэнергии	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ВВЕДЕНИЕ

Коммерческие потери электроэнергии – важнейший показатель экономичности работы электрических сетей, наглядный показатель состояния системы учета потребления электроэнергии, эффективности электросетевых организаций.

Коммерческие потери невозможно рассчитать и замерить приборами, они определяются как разность между фактическими и плановыми показателями потерь электроэнергии. Затраты, связанные с оплатой не компенсируются тарифным регулированием, но согласно действующему законодательству, сетевые организации обязаны оплачивать фактические потери электроэнергии, возникшие в принадлежащих им объектах сетевого хозяйства. Сетевые организации в большей степени заинтересованы в максимально точном учете электроэнергии, так как коммерческие потери являются прямым финансовым убытком сетевых компаний.

Актуальность выбранной тематики исследования обусловлена необходимостью выполнения учета и анализа коммерческих потерь. Одним из направлений в области снижения уровня неплатежей за потребленную электроэнергию можно считать разработку и применение математических инструментов.

Объектом исследований являются коммерческие потери в районных распределительных электрических сетях, питающих потребителей Бейского района.

Цель работы заключается в анализе структуры и оценке коммерческих потерь в электрических сетях с применением современных информационных технологий.

Цель достигается решением следующих задач:

1. Оценка динамики коммерческих потерь при потреблении электроэнергии;

2. Выполнение анализа основных показателей деятельности предприятия за рассматриваемый период;

3. Определение и анализ степени отклонения фактических потерь от плановых

В ходе работы были применены методы комплексного исследования коммерческих потерь в электрических сетях. К ним можно отнести: анализ динамики реализации электрической энергии с разделением ее на отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям; сопоставление динамики фактических потерь и нормативных потерь с динамикой отпуска электроэнергии в сеть; анализ и оценка структуры коммерческих потерь в динамике; выявление причин повышенных коммерческих потерь с детальным анализом.

Научная новизна работы заключается в возможностях применения математической модели сопоставления коммерческих потерь с использованием исходной информации по результатам деятельности распределительных сетей.

Практическая значимость заключается в необходимости выполнения анализа коммерческих потерь с целью последующего снижения риска неплатежей за потребленную электроэнергию.

Обоснованность работы заключается в заинтересованности предприятия в выявлении факторов снижения коммерческих потерь.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Коммерческие потери электрической энергии

Коммерческие потери – потери, обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием показаний счетчиков оплате за электроэнергию и другими причинами в сфере контроля потребления энергии.

Коммерческие потери невозможно измерить приборами и рассчитать по самостоятельным формулам. Они определяются математически как разность между фактическими и технологическими потерями электроэнергии и не подлежат включению в норматив потерь электроэнергии. Затраты, связанные с их оплатой, не компенсируются тарифным регулированием. [20]

Применяемое определение «коммерческие» (англ. «commerce» – «торговля»), подчеркивает связь убытка с процессом оборота товара, в нашем случае, которым является электроэнергия. Потери электроэнергии, относимые к категории коммерческих, большей частью являются электропотреблением, которое по разным причинам не зафиксировано документально. Поэтому оно не учтено как отпуск из сетей, и никому из потребителей не предъявлено к оплате. [5]

Коммерческие потери электроэнергии являются упущенной выгодой от неоплаченной электроэнергии, сетевых компаний. Поэтому они в большей степени заинтересованы в максимально точном учете и уменьшении коммерческих потерь в точках балансовой принадлежности предприятия. [14]

В идеальном случае коммерческие потери электроэнергии в электрической сети, должны быть равны нулю. Однако, в реальных условиях отпуск в сеть, полезный отпуск и технические потери определяются с погрешностями. Разности этих погрешностей фактически и являются структурными составляющими коммерческих потерь. [7]

Представим обобщенную структуру коммерческих потерь на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура коммерческих потерь

Перечисленные показатели являются структурными составляющими коммерческих потерь. Своевременный анализ и устранение которых, позволит сформулировать основные направления повышения эффективности функционирования предприятия. [12]

Это разработка и внедрение мероприятий, связанных с:

- совершенствованием внутриорганизационной деятельности на энергопредприятии;
- предотвращением и выявлением фактов хищения электроэнергии, в том числе обнаружением мест несанкционированного подключения к линиям электроснабжения;
- контролем своевременности и полноты платежей за потребленную электроэнергию;

- реализацией функций оперативного диспетчерского управления на уровне каждого энергопотребителя;
- контролем качества электроэнергии и оперативным устранением причин, вызывающих нарушение качества электроэнергии. [4]

1.1.1 Потери при выставлении счетов

Потери при выставлении счетов вызваны рядом причин, таких как:

- неточностью данных о потребителях электроэнергии, в том числе, недостаточной или ошибочной информацией о заключенных договорах на пользование электроэнергией;
- ошибками при выставлении счетов, в том числе невыставленными счетами потребителям из-за отсутствия точной информации по потребителям и постоянного контроля за актуализацией этой информации;
- отсутствием контроля и ошибками в выставлении счетов клиентам, пользующимся специальными тарифами;
- отсутствием контроля и учета откорректированных счетов и т.п. [7]

1.1.2 Потери из-за несоответствия дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом

Наличие большого количества потребителей и, как правило, недостаточная укомплектованность предприятий персоналом, а также весьма ограниченное использование АСКУЭ приводят к тому, что показания счетчиков у большинства потребителей снимаются раньше расчетного периода или же передаются самим потребителем. В обоих случаях снижается полезный отпуск и, в большей степени это характерно для случая, когда показания снимаются самим потребителем, что позволяет ему занижать потребление и относить платежи на поздние сроки. [21]

1.1.3 Потери из-за расчетов потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления

При нарушении установленного договора электроэнергии, у абонента, определение потребления осуществляется расчетным образом, что сказывается на правильности определения полезного отпуска и, как следствие, на значении коммерческих потерь. [19]

1.1.4 Потери из-за ограничения потребляемой мощности

Потери, вызванные действиями диспетчерского персонала энергосетевой компании (оптового поставщика электроэнергии) и связанные с введением режима ограничения потребляемой мощности для энергоснабжающего предприятия (ограничение мощности при возникновении угрозы потери устойчивости энергосистемы из-за дефицита генерирующих мощностей или при возникновении большой задолженности у энергоснабжающего предприятия перед оптовым поставщиком электроэнергии). [21]

1.1.5 Потери при востребовании оплаты за потребленную электроэнергию

Данная составляющая обусловлена задержками в оплате позже установленной даты. Существенная составляющая коммерческих потерь электроэнергии заключается в том, что бытовые потребители объективно не в состоянии одновременно снять показания счетчиков и оплатить за электроэнергию. Как правило, платежи отстают от реального электропотребления, что, вносит весомую погрешность в определение полезного отпуска бытовым потребителем и в расчет фактического небаланса электроэнергии. Реальный отпуск электроэнергии населению достаточно сложно прогнозируем в силу ряда причин:

- значительная часть населения, особенно в сельской местности, производит оплату с периодичностью один раз в 2–3 месяца;
- уровень оплаты подвержен сезонности из-за потребителей, осуществляющих какие-либо единовременные платежи в летний период;
- уровень коммерческих потерь возрастает после повышения тарифов, население завышает показания счетчиков и оплачивает большее количество электроэнергии по старым, более низким тарифам. В результате в месяц, предшествующий повышению тарифа, полезный отпуск населению возрастает, а в последующие 1–3 месяца он ниже.

Вторая составляющая коммерческих (финансовых) потерь – долговременные долги и неоплаченные счета. Сюда включается часть абонентов, являющихся злостными неплатильщиками, имеющими многомесячную задолженность, которую невозможно востребовать даже по решению суда ввиду отсутствия доходов согласно заключениям судебных приставов. [24]

1.1.6 Потери от хищений электроэнергии

Это одна из наиболее существенных составляющих коммерческих потерь. Обобщение опыта, электросетевых организаций, по борьбе с хищениями электроэнергии говорит о том, что в основном хищениями занимаются потребители, проживающие в частном секторе. Имеют место кражи электроэнергии, осуществляемые промышленными и торговыми предприятиями, но объем этих краж не является определяющим. [24]

Хищения электроэнергии имеют достаточно четкую тенденцию к росту, в холодные периоды года, а также практически во всех регионах в осенне-весенние периоды, когда температура воздуха уже сильно понизилась, а отопление еще не включено. [9]

Хищение электроэнергии в многоквартирных жилых домах не рассматриваются, так как данные потери учитывает общедомовой прибор

учета. И оплата производится жителями дома в виде общедомовых нужд. В частном секторе убытки от хищений электроэнергии перекладываются на сетевую организацию. Хищение электроэнергии различают на:

- 1) Бездоговорное потребление электроэнергии — самовольное подключение энергопринимающих устройств к объектам электросетевого хозяйства и (или) потребление электрической энергии в отсутствие заключенного в установленном порядке договора.
- 2) Безучетное потребление электроэнергии — потребление электрической энергии с нарушением установленного договором энергоснабжения, проявившимся во вмешательстве в работу прибора учета, в том числе в повреждении пломб или знаков визуального контроля, нанесенных на прибор учета, в несоблюдении установленных договором сроков извещения об неисправности прибора учета, а также в совершении потребителем иных действий или же бездействий, которые привели к изменению данных об объеме потребления электрической энергии или мощности.[24]

1.1.7 Потери из-за нарушения качества электроэнергии

Потери из — за нарушения качества электроэнергии заключаются в законном отказе потребителя от полной оплаты некачественной электроэнергии или дополнительными затратами энергоснабжающей организации на ликвидацию последствий нарушения качества электроэнергии (ремонт электрооборудования, проведение мероприятий по локализации и ликвидации причин нарушения качества электроэнергии и др.). [11]

1.2 Нормирование потерь электроэнергии

Прежде чем давать понятие норматива потерь электроэнергии, следует уточнить сам термин "норматив", даваемый энциклопедическими словарями.

Под нормативами понимаются расчетные величины затрат материальных ресурсов, применяемые в планировании и управлении хозяйственной деятельностью предприятий. Нормативы должны быть научно обоснованными, прогрессивными и динамичными, т.е. систематически пересматриваться по мере организационно-технических сдвигов в производстве.

1.2.1 Понятие норматива потерь. Методы установления нормативов на практике

Нормирование - это процедура установления для рассматриваемого периода времени приемлемого (нормального) по экономическим критериям уровня потерь (норматива потерь), значение которого определяют на основе расчетов потерь, анализируя возможности снижения в планируемом периоде каждой составляющей их фактической структуры [3].

Под нормативом отчетных потерь необходимо понимать сумму нормативов четырех составляющих структуры потерь, каждая из которых имеет самостоятельную природу и, как следствие, требует индивидуального подхода к определению ее приемлемого (нормального) уровня на рассматриваемый период. Норматив каждой составляющей должен определяться на основе расчета ее фактического уровня и анализа возможностей реализации выявленных резервов ее снижения.

Если вычесть из сегодняшних фактических потерь все имеющиеся резервы их снижения в полном объеме, результат можно назвать оптимальными потерями при существующих нагрузках сети и существующих ценах на оборудование. Уровень оптимальных потерь меняется из года в год, так как меняются нагрузки сети и цены на оборудование. Если же норматив потерь определен по перспективным нагрузкам сети (на расчетный год) с учетом эффекта от реализации всех экономически обоснованных мероприятий, его можно назвать перспективным нормативом. В связи с постепенным

уточнением данных перспективный норматив также необходимо периодически уточнять.

Очевидно, что для внедрения всех экономически обоснованных мероприятий требуется определенный срок. Поэтому при определении норматива потерь на предстоящий год следует учитывать эффект лишь от тех мероприятий, которые реально могут быть проведены за этот период. Такой норматив называют текущим нормативом.

Норматив потерь определяют при конкретных значениях нагрузок сети. Перед планируемым периодом эти нагрузки определяют из прогнозных расчетов. Поэтому для рассматриваемого года можно выделить два значения такого норматива:

- прогнозируемое (определенное по прогнозируемым нагрузкам);
- фактическое (определенное в конце периода по состоявшимся нагрузкам).

Что касается норматива потерь, включаемых в тариф, то здесь всегда используется его прогнозируемое значение. Фактическое же значение норматива целесообразно использовать при рассмотрении вопросов премирования персонала. При существенном изменении схем и режимов работы сетей в отчетном периоде потери могут, как существенно снизиться (в чем нет никакой заслуги персонала), так и увеличиться. Отказ от корректировки норматива несправедлив в обоих случаях.

В силу существенных различий в структуре сетей и в их протяженности норматив потерь для каждой энергоснабжающей организации представляет собой индивидуальное значение, определяемое на основе схем и режимов работы электрических сетей и особенностей учета поступления и отпуска электроэнергии.

В связи с тем, что тарифы устанавливают дифференцированно для трех категорий потребителей, получающих энергию от сетей напряжением 110 кВ и выше, 35-6 кВ и 0,38 кВ, общий норматив потерь должен быть разделен на три составляющие. Это деление должно производиться с учетом степени

использования каждой категорией потребителей сетей различных классов напряжения [3].

Временно допустимые коммерческие потери, включаемые в тариф, распределяют равномерно между всеми категориями потребителей, так как коммерческие потери, представляющие собой в значительной степени хищения энергии, не могут рассматриваться как проблема, оплата которой должна возлагаться только на потребителей, питающихся от сетей 0,38 кВ.

1.2.2 Нормативные характеристики потерь

Характеристика потерь электроэнергии - зависимость потерь электроэнергии от факторов, отражаемых в официальной отчетности.

Нормативная характеристика потерь электроэнергии - зависимость приемлемого уровня потерь электроэнергии (учитывающего эффект от МСП, проведение которых согласовано с организацией, утверждающей норматив потерь) от факторов, отражаемых в официальной отчетности.

Параметры нормативной характеристики достаточно стабильны и поэтому, однажды рассчитанные, согласованные и утвержденные, они могут использоваться в течение длительного периода - до тех пор, пока не произойдет существенных изменений схем сетей. При нынешнем, весьма низком уровне сетевого строительства нормативные характеристики, рассчитанные для существующих схем сетей, могут использоваться в течение 5-7 лет. При этом погрешность отражения ими потерь не превышает 6-8%. В случае же ввода в работу или вывода из работы в этот период существенных элементов электрических сетей такие характеристики дают надежные базовые значения потерь, относительно которых может оцениваться влияние проведенных изменений схемы на потери. [12]

1.3 Разработка и применение математических инструментов

Для анализа коммерческих потерь используется математическая модель распределения случайной величины. Математическая модель – приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

Среди математических моделей, основанных на обработке статистических данных, можно выделить методы, которые позволяют определить размах колебаний параметров, процент отклонения, математическое ожидание, дисперсию и среднеквадратичное отклонение случайной величины. [3]. При подборе математического аппарата для анализа статистических данных, были рассмотрены несколько математических аппаратов, такие как: дисперсия случайной величины и функция Лагранжа.

Эти модели справедливы, если случайная величина, ее распределение подчиняется случайному нормальному закону Гаусса. Поэтому они не всегда применимы и, следовательно, не гарантируют получения точных оценок. В настоящее время находит все большее применение энтропийный подход к анализу данных. [6] Среди энтропийных можно выделить метод Кульбака-Лейблера. Он позволяет рассчитать дивергенцию (расстояние) между двумя распределениями одной и той же случайной величины. [2]

Поскольку дебиторская задолженность приводит к неудовлетворительному финансовому состоянию, поэтому предприятия заинтересованы в выявлении факторов снижения коммерческих потерь. Применение математической модели учета потерь, позволит контролировать фактов снижения дебиторской задолженности.

2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Характеристика предприятия

Публичное акционерное общество «Межрегиональная распределительная сетевая компания Сибири» (ПАО «МРСК Сибири») — дочернее общество ПАО «Россети». Осуществляет передачу и распределение электрической энергии на территориях республик Алтай, Бурятия, Тыва и Хакасия, Алтайского, Забайкальского, Красноярского краев, Кемеровской и Омской областей.

Миссия Бейского РЭС – филиала ПАО «МРСК Сибири»:

Производственное отделение ЮЭС Бейский РЭС – филиал ПАО «МРСК Сибири» стремится к обеспечению максимальной надежности и доступности распределительной сетевой инфраструктуры для потребителей на всей территории присутствия за счет предоставления услуг, соответствующих высоким стандартам качества.

Учредительные документы, регламентирующие деятельность предприятия: владелец фирмы имеет учредительный договор, который определяет круг реализуемых услуг, права и обязанности учредителя. Вторым учредительным документом является Устав, в котором определяется порядок внутренней организации и функционирования предприятия. Согласно Уставу предприятие обязано:

- ежемесячно уплачивать единый социальный налог;
- зарегистрировать своих работников в налоговой инспекции;
- все торговые операции проводить с оформлением чека;
- вести коммерческую деятельность, не нарушая трудовой кодекс РФ.

За время существования предприятие зарекомендовало себя как поставщик качественной и хорошо пользующейся на рынке спросом услуг. [18]

Цель деятельности РЭС проведение технического и оперативного обслуживания ВЛ(КЛ) 0,4-110(220)кВ, ТП 6-10/0,4кВ, СП и РП и ПС 35-110(220)кВ и их ремонта, технического и оперативного обслуживания ПС 35-110(220) кВ с целью содержания оборудования, зданий и сооружений в

состоянии эксплуатационной готовности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации, ведения требуемого режима сетей, обеспечивающих транспорт и распределение электрической энергии в зоне деятельности РЭС при оптимальных трудовых и материальных затратах.

По результатам анализа потерь по Бейскому РЭС за 2018 год потери составили 54343,9 тыс. кВт·ч (26,3%) при плане 4384,9 тыс.кВт·ч (23,24%), что выше плановых показателей на 10494,9 тыс. кВт·ч, в процентном отношении на 3,06 %.

По результатам пофидерного баланса за октябрь 2018 года было выявлено 20 фидеров, по которым потери превысили 30%. Потери в них составляют 1508,305 тыс.кВт·ч – 81 % от общих. [23]

В данной работе объектом анализа является фидеры 61-05 и 65-02, подстанции «Бея 220/110/10 кВ» Бейских районных электрических сетей, на примере которого проведен анализ технических и коммерческих потерь в течение 2018 года.

2.2. Исходные данные для анализа коммерческих потерь

Основными показателями, характеризующими эффективность работы электросетевой организации, являются:

- отпуск электрической энергии в сеть;
- полезный отпуск электрической энергии из сети;
- потери электрической энергии в сети;
- доход предприятия.

Нами были применены методы комплексного исследования коммерческих потерь в электрических сетях. К ним можно отнести: анализ динамики реализации электрической энергии с разделением ее на отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям; сопоставление динамики фактических потерь и нормативных потерь с динамикой отпуска электроэнергии в сеть; анализ и оценка структуры коммерческих потерь в

динамике; выявление причин повышенных коммерческих потерь с детальным анализом.

Следует отметить, что величина коммерческих потерь электроэнергии также зависит и от других показателей баланса электроэнергии.

Для того чтобы узнать объем коммерческих потерь электроэнергии за определенный период, необходимо сначала составить баланс электроэнергии рассматриваемого участка электрической сети, определить фактические потери и рассчитать все составляющие коммерческих потерь электроэнергии.

Дальнейший анализ потерь электроэнергии помогает локализовать их участки и выявить причины их возникновения для последующей выработки мероприятий по их снижению.

Пользуясь данными о распределении электрической энергии на предприятии за период 2013-2018 г.г., был выполнен общий анализ работы Байских электрических сетей. При этом учитывались как фактические данные, так и плановые величины, разработанные отделом транспорта электрической энергии предприятия.

Данные для анализа представлены ниже в таблице 1

Таблица 1 – Распределение электрической энергии за период 2013–2018 г.г.

Год	План				Факт				Отклонение		
	Отпуск эл.энергии в сеть, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, %	Отпуск эл.энергии в сеть, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, %	Отпуск эл.энергии в сеть, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, тыс.кВт·ч	Потери эл.энергии в сети, %	Отклонение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2013	127760	32767	25,6	126044	41607,8	33,01	-1716,5	8840,8	7,41		
2014	181155	43755	24,15	197354	66846,8	33,87	16198,6	23091,8	9,71		
2015	179580	43640	24,3	189808	59034	31,1	10228,2	15394	6,8		
2016	179628	43508	24,22	190539	57447,4	30,15	10910,5	13939,4	5,93		
2017	179585	43298	24,11	184107	49366,4	27,81	4522,35	6068,4	3,7		
2018	188662	43849	23,24	206604	54343,9	26,3	17942,3	10494,9	3,06		

Анализируя графики фактического отпуска электрической энергии в сеть и фактических потерь, а также их плановые величины, в течение исследуемого периода (шести лет), можно заметить, что, начиная с 2014 года фактический отпуск в сеть превышает запланированный, как следствие ежегодного превышения фактических потерь электроэнергии над плановыми. Полученный график представлен ниже на рисунке 2.

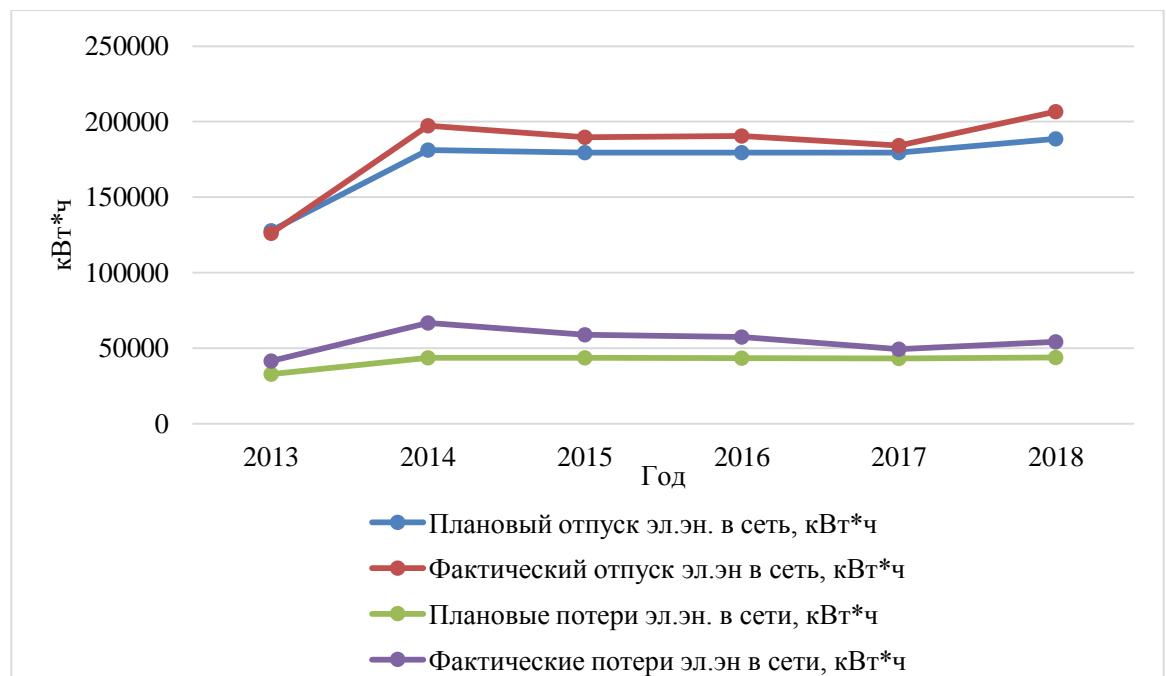


Рисунок 2 – Анализ основных показателей деятельности предприятия за 2013-2018 г.г.

На рисунке 3 представим фактические и плановые потери электрической энергии, в процентном отношении от отпуска в сеть.

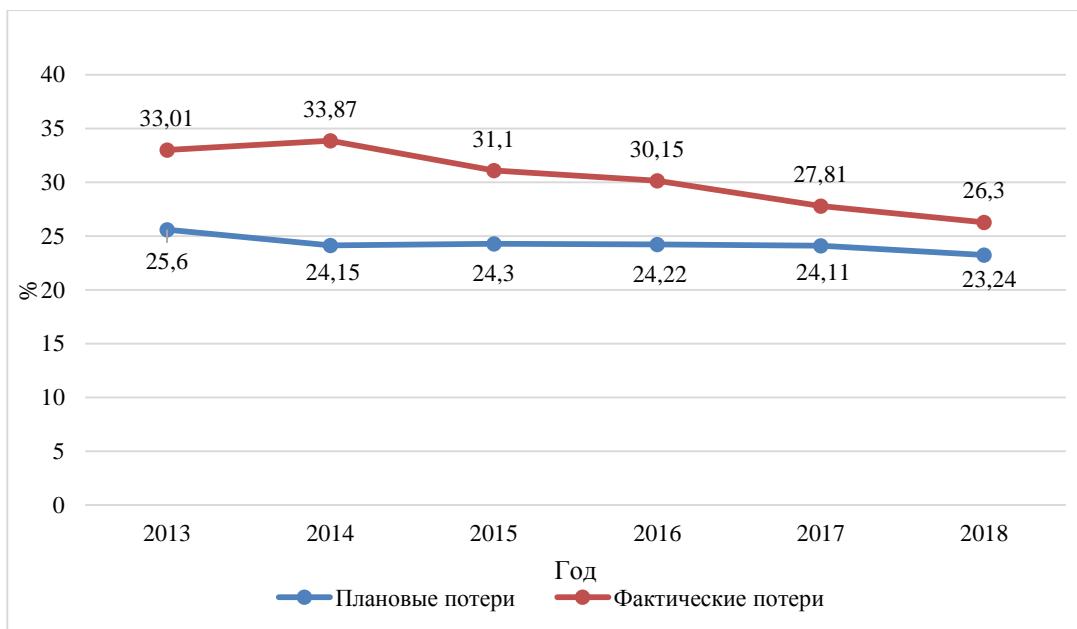


Рисунок 3 – Процентное соотношение потерь электроэнергии

Отклонение фактических потерь от плановых в процентном соотношении представим на рисунке 4.

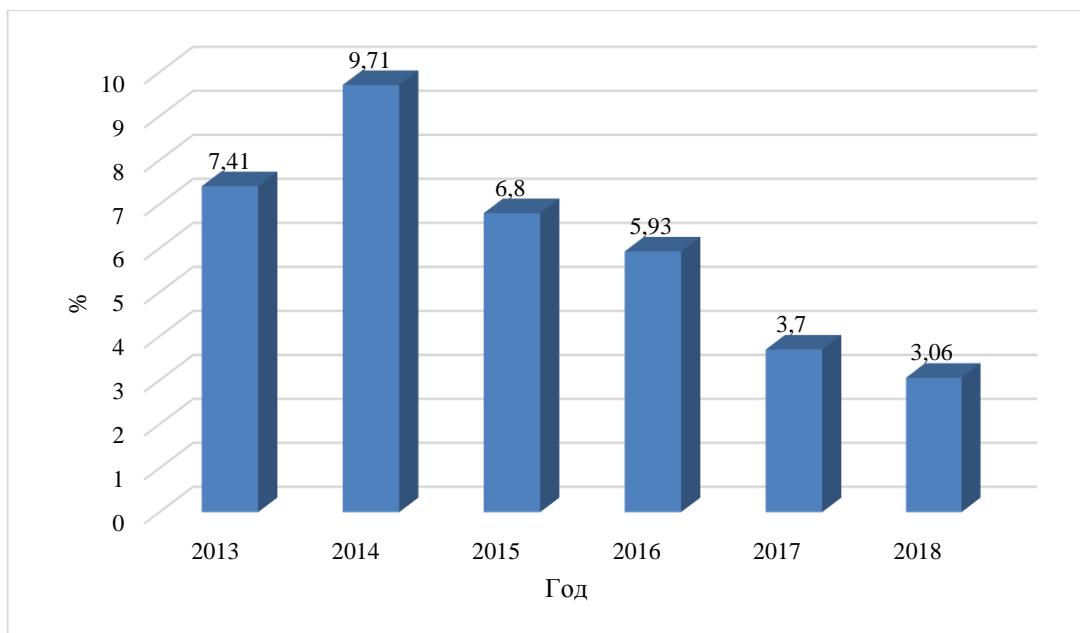


Рисунок 4 – Отклонение фактических показателей от плановых, %

В качестве исходных данных при анализе используются данные о нормативных потерях и выкладки из годовых отчетов о полезном отпуске и фактических потерях на предприятии, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для анализа коммерческих потерь

Месяц	Показатель	Отчетный период					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7	8
Январь	Отпуск в сеть, кВт*ч	8873874	8310324	8031992	8052252	6947386	7897008
	Фактические потери, кВт*ч	3833023	3614767	3216545	3752570	2469202	3517971
	Плановые потери, кВт*ч	2583184,7	2248773,7	2371044,4	2371388,2	2199542,4	2289342,6
Февраль	Отпуск в сеть, кВт	6957416	8582380	7550382	7111426	6349728	7018676
	Фактические потери, кВт	3435043	3899629	3163951	2833758	2317789	2314395
	Плановые потери, кВт*ч	1664213,9	2018575,8	1983485,4	1863193,6	1652199,2	1809414,7
Март	Отпуск в сеть, кВт	6807324	7284996	6836866	5908476	6043062	6147844
	Фактические потери, кВт	3118516	3034972	2864722	2084750	2120840	1981220
	Плановые потери, кВт*ч	1773434,5	1857673,9	1727676	1488345,1	1522247,3	1551101
Апрель	Отпуск в сеть, кВт	4437100	5095952	4990424	4288228	4523458	4520328
	Фактические потери, кВт	1657733	1679066	1785016	1107480	925987	1001078
	Плановые потери, кВт*ч	1059579	1273988	1233632	1055332	1113223	1115616
Май	Отпуск в сеть, кВт	3786516	4157668	4536904	4437286	3839028	4221642
	Фактические потери, кВт	848799	958983	1485571	1211517	600238	985394
	Плановые потери, кВт*ч	864461,6	893898,6	955925,7	930055,1	804660,3	889499,9
Июнь	Отпуск в сеть, кВт	2797950	2944406	3281728	3471174	3235624	3186768
	Фактические потери, кВт	435754	393223	321655	200583	275344	118315
	Плановые потери, кВт*ч	651922,4	657485,9	717713,9	759145,8	522876,8	696627,5
Июль	Отпуск в сеть, кВт	2911474	3010314	3051763	3007492	3205596	3215392
	Фактические потери, кВт	689687	237964	400310	331076	416933	511072
	Плановые потери, кВт*ч	585788,6	609889,6	583802,3	570521,2	424741,5	602242,9
Август	Отпуск в сеть, кВт	2955558	3173986	3143297	3057128	3234152	3361304
	Фактические потери, кВт	434895	976394	522068	603845	558208	780268
	Плановые потери, кВт*ч	655247,2	655247,2	612628,6	591554,2	598641,5	642009,1
Сентябрь	Отпуск в сеть, кВт	3875172	3891304	4468090	4371146	4168910	3798576
	Фактические потери, кВт	1043559	1465336	1845141	1413892	1216655	1018618
	Плановые потери, кВт*ч	943604,4	921849,9	1019171	1013809	945925,7	803018,97
Октябрь	Отпуск в сеть, кВт	4727682	5578364	5512110	5289240	5077412	5844846
	Фактические потери, кВт	1855736	5578364	2300592	2000212	2059379	2464966
	Плановые потери, кВт*ч	1272691,99	1391243,9	1378027,8	1316491,8	1252597,5	1363602,6
Ноябрь	Отпуск в сеть, кВт	6382890	6550083	6045574	6144274	6505432	6506390
	Фактические потери, кВт	2905077	2823095	2577731	2438072	2538059	2567787
	Плановые потери, кВт*ч	1749550,1	1628350,6	1466051,7	1484456,6	1571712,4	1409934,7
Декабрь	Отпуск в сеть, кВт	7796330	9269624	6770172	7207192	6719738	6963240
	Фактические потери, кВт	3515661	4613978	3027307	2998427	2349842	2967541
	Плановые потери, кВт*ч	2383338,1	2332237,4	1659369,1	1769365,6	2096558,3	1478992,2

В ходе анализа были построены графики изменений плановых и фактических показателей в течение года за шестилетний период. Полученные графики изображены на рисунках 5 – 10.

Исходя из исходных данных и полученных графиков видно, что наибольшее число фактических потерь приходится на зимние периоды. Наибольшие фактические потери достигают максимума в феврале 2013 года.

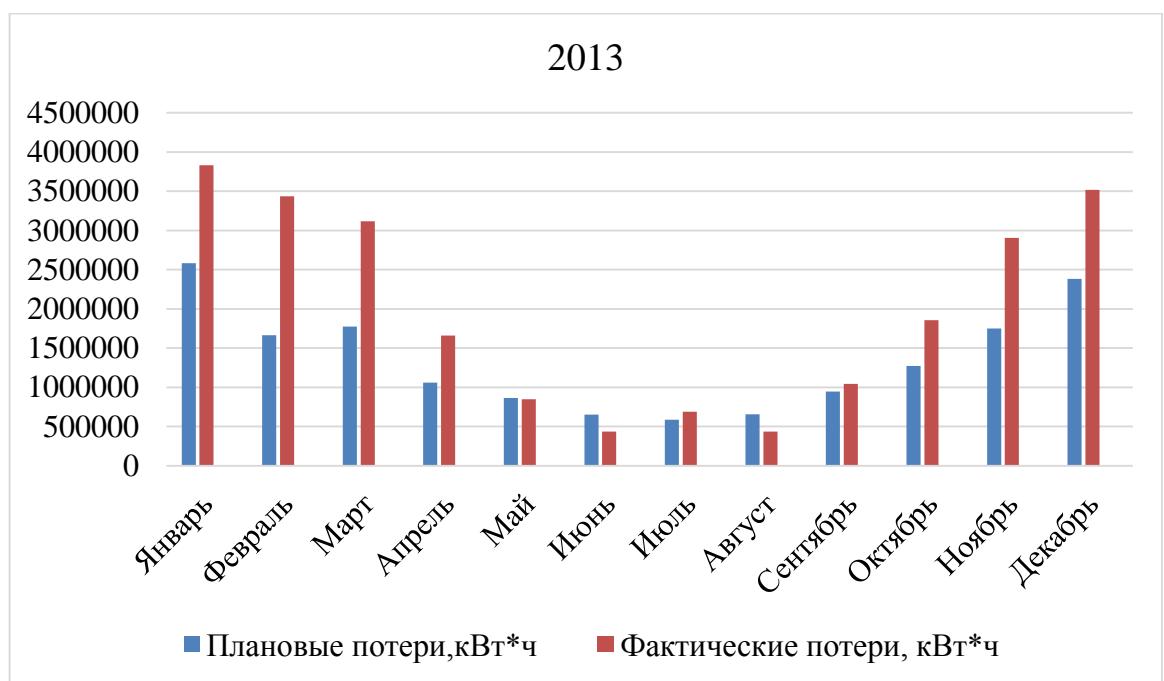


Рисунок 5 – Изменение показателей в течение года, 2013 г.

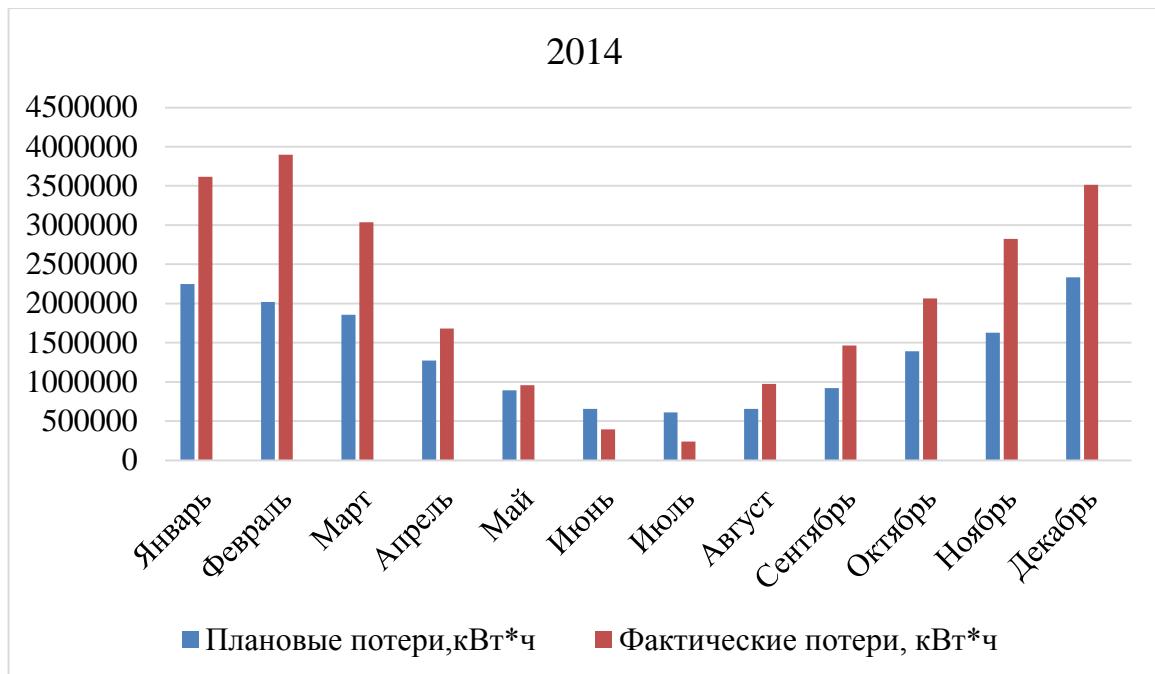


Рисунок 6 – Изменение показателей в течение года, 2014 г.

В 2014 году наблюдается аналогичная ситуация. Фактические потери достигают максимума в феврале.

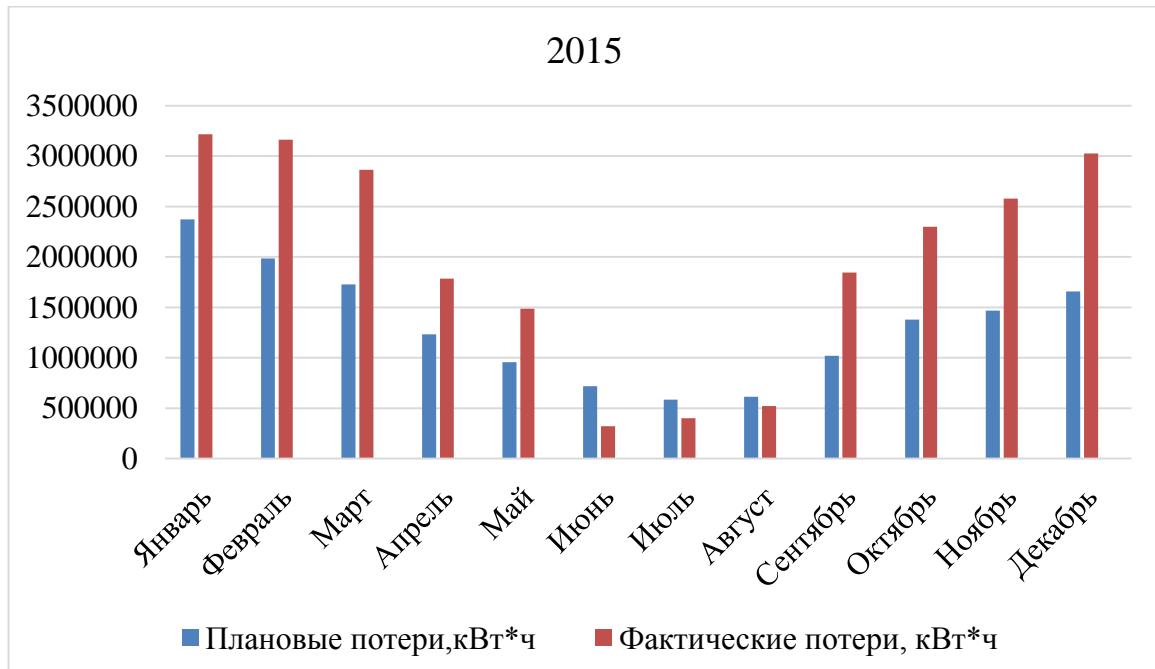


Рисунок 7 – Изменение показателей в течение года, 2015 г.

На данном графике наблюдается небольшое снижение фактических потерь в первом квартале, а в третьем квартале идет прирост. В 2016-2018 г.г. ситуация не меняется (рисунки 14-16).

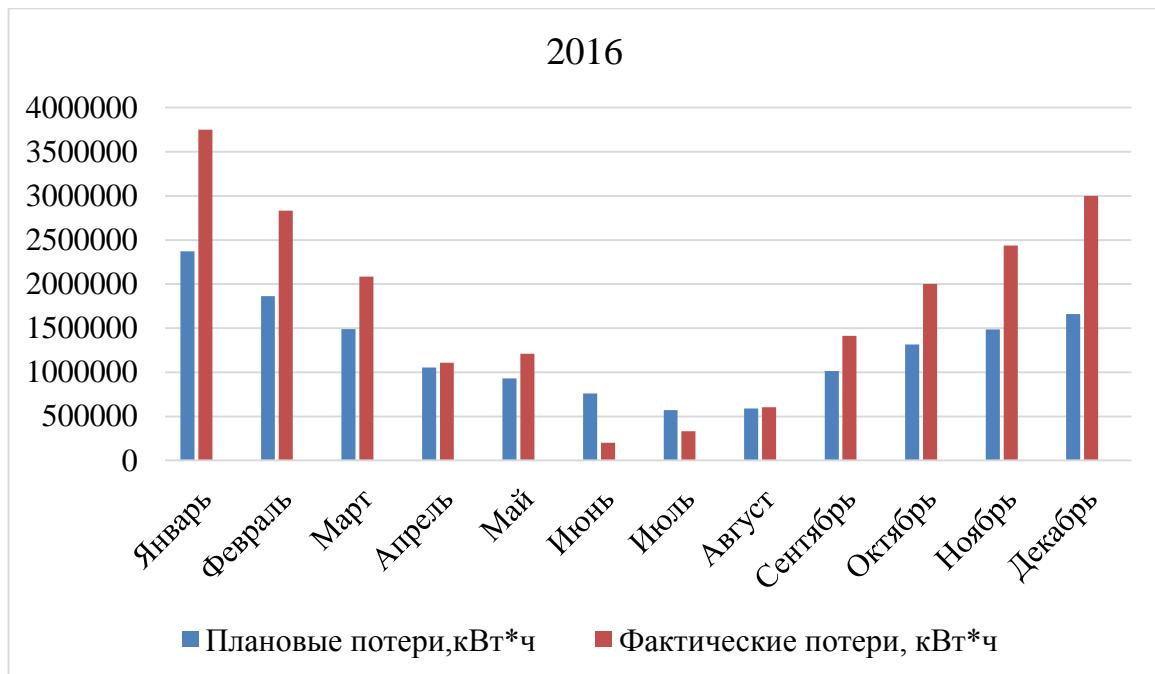


Рисунок 8 – Изменение показателей в течение года, 2016 г.

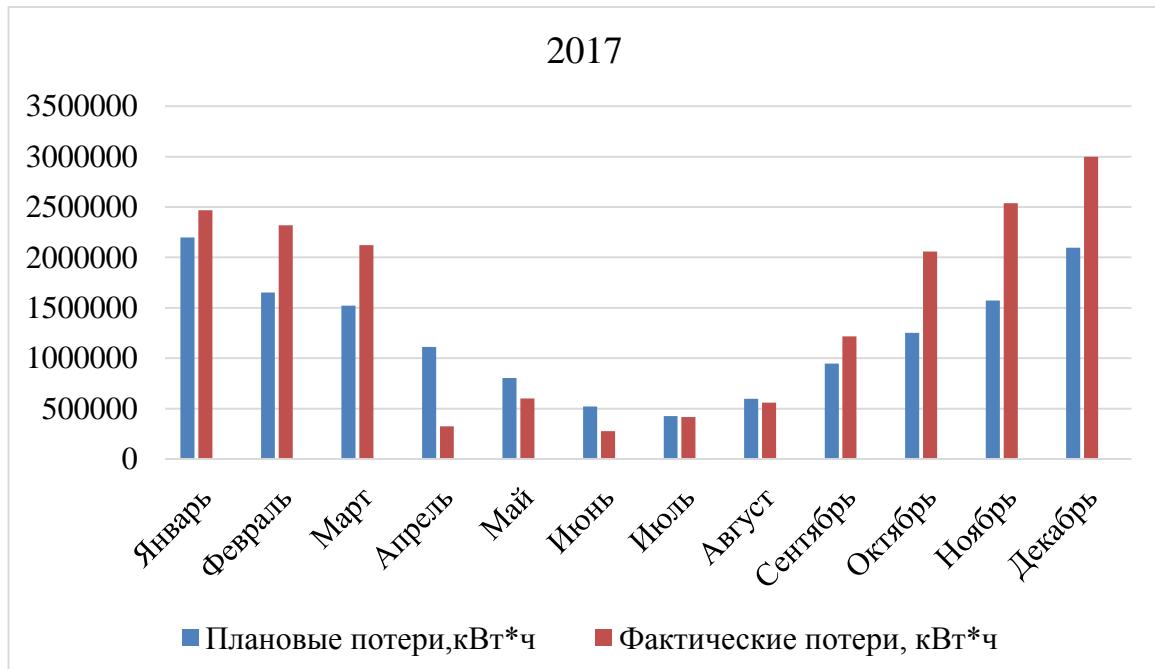


Рисунок 9 – Изменение показателей в течение года, 2017 г.

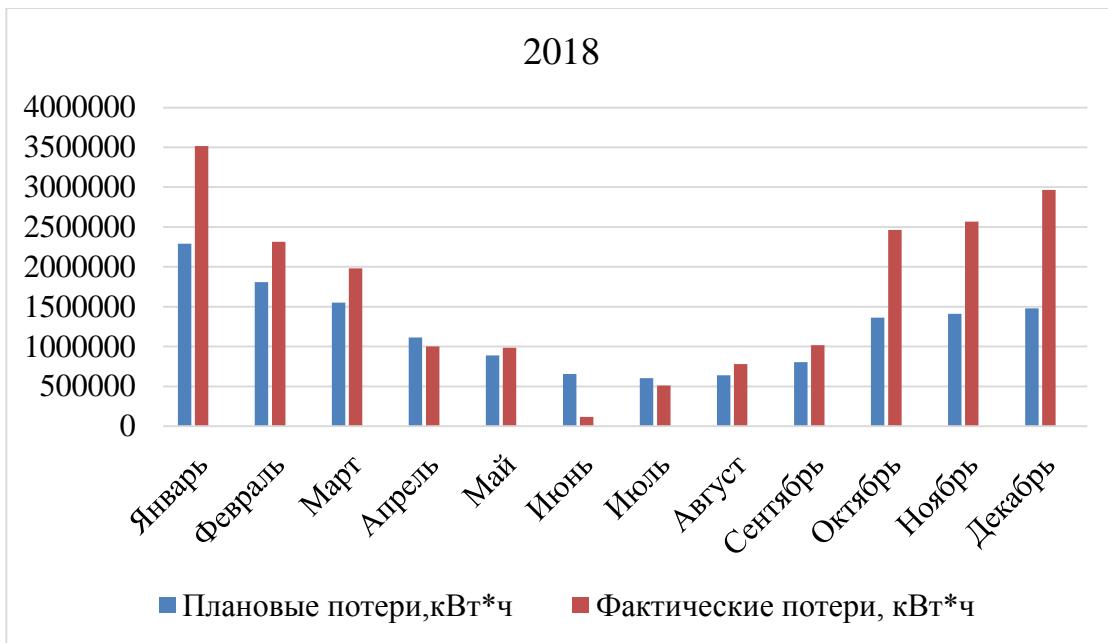


Рисунок 10 – Изменение показателей в течение года, 2018 г.

Если анализировать фактические и плановые потери и процент их отклонения помесячно, за указанный период, можно сделать вывод, что величина недоучета электроэнергии преобладает в зимний период.

Это может быть связано с увеличением нагрузки в холодное время года и как следствие хищением электрической энергии у потребителей частного сектора.

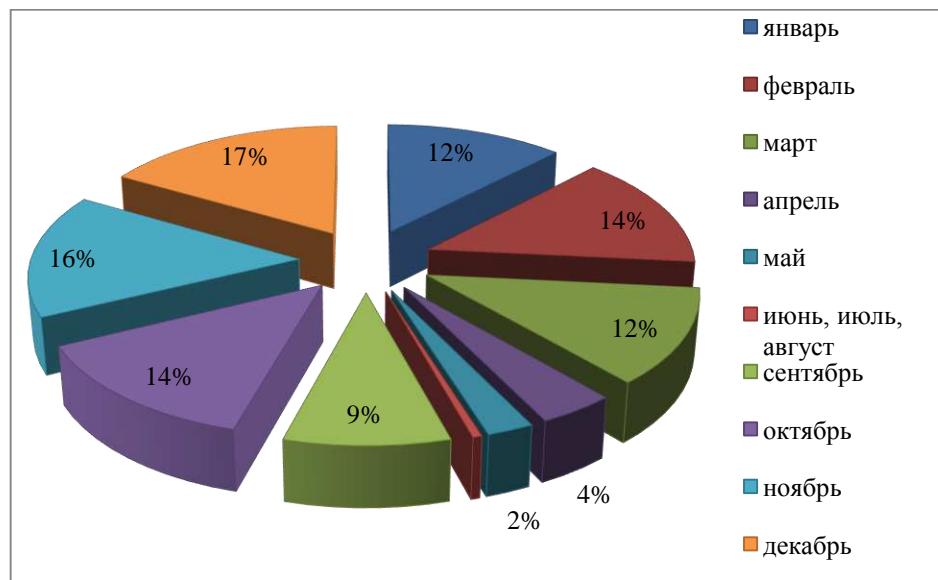


Рисунок 11 – Коммерческие потери за 2013-2018 г.г.

На диаграмме видно, что наибольшая величина коммерческих потерь приходится на четвертый и первый кварталы года, соответственно 48% и 41%.

Для анализа коммерческих потерь в районных электрических сетях выделим пять подстанций имеющие наибольшие потери за рассматриваемый период, остальных отнесем к «прочим населенным пунктам». Результаты анализа отклонения фактических потерь от плановых, за период 2013–2018 г.г., представлены на рисунке 2.5.

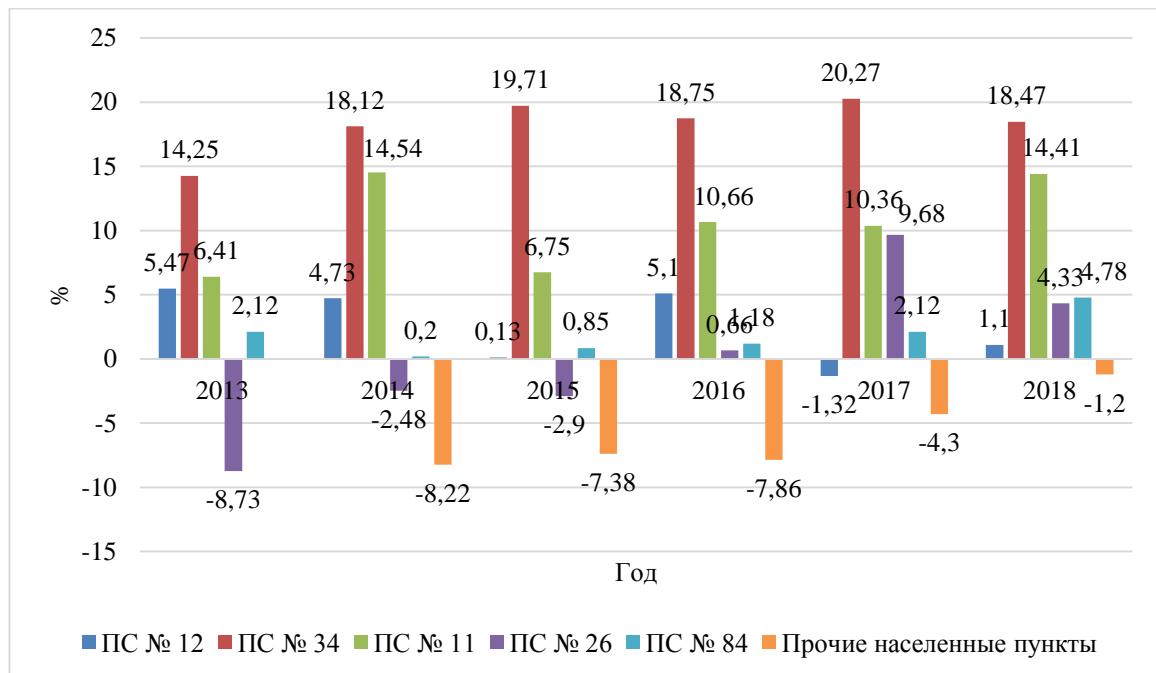


Рисунок 12 – Отклонение фактических показателей от плановых за 2013-2018 г.г.

Для более детальной оценки коммерческих потерь и анализа причин их возникновения, проследим их изменение по месяцам в течение шести лет.

Данные по месяцам, в которые преобладает холодные температуры воздуха, представим в процентах от фактического отпуска в сеть и выделим в таблицы 3-8. Результаты представим на рисунках 13 – 18.

Таблица 3 – Потери электроэнергии за январь 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	43,19	43,50	40,05	46,60	35,54	44,55
Плановые потери, %	29,11	27,06	29,52	29,45	28,67	28,99
Отклонение, %	14,08	16,44	10,53	17,15	6,87	15,56



Рисунок 13 – Потери электроэнергии, январь 2013-2018 г.г.

В январе 2017 года заметно существенное снижение коммерческих потерь. Это произошло в связи с тем, что в ноябре 2016 года были произведены работы по выносу приборов учета на границу балансовой принадлежности у части потребителей, запитанных от фидера 20-05. В январе 2018 года происходит рост потерь, в связи с участвующими хищениями электроэнергии.

Таблица 4 – Потери электроэнергии за февраль 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	49,37	45,44	41,90	39,85	36,50	32,97
Плановые потери, %	23,92	23,52	26,27	26,20	26,20	25,78
Отклонение, %	25,45	21,92	15,63	13,65	10,30	7,19

Из рисунка 14 видно, что в феврале наблюдается снижение коммерческих потерь. К 2018 году потери снизились в 3,5 раза (с 25,45% до 7,19%).



Рисунок 14 – Потери электроэнергии на, февраль 2013-2018 г.г.

Таблица 5 – Потери электроэнергии за март 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	45,81	41,66	41,90	35,28	35,10	32,23
Плановые потери, %	26,14	25,50	25,27	25,19	25,19	25,23
Отклонение, %	19,67	16,16	16,63	10,09	9,91	7,00

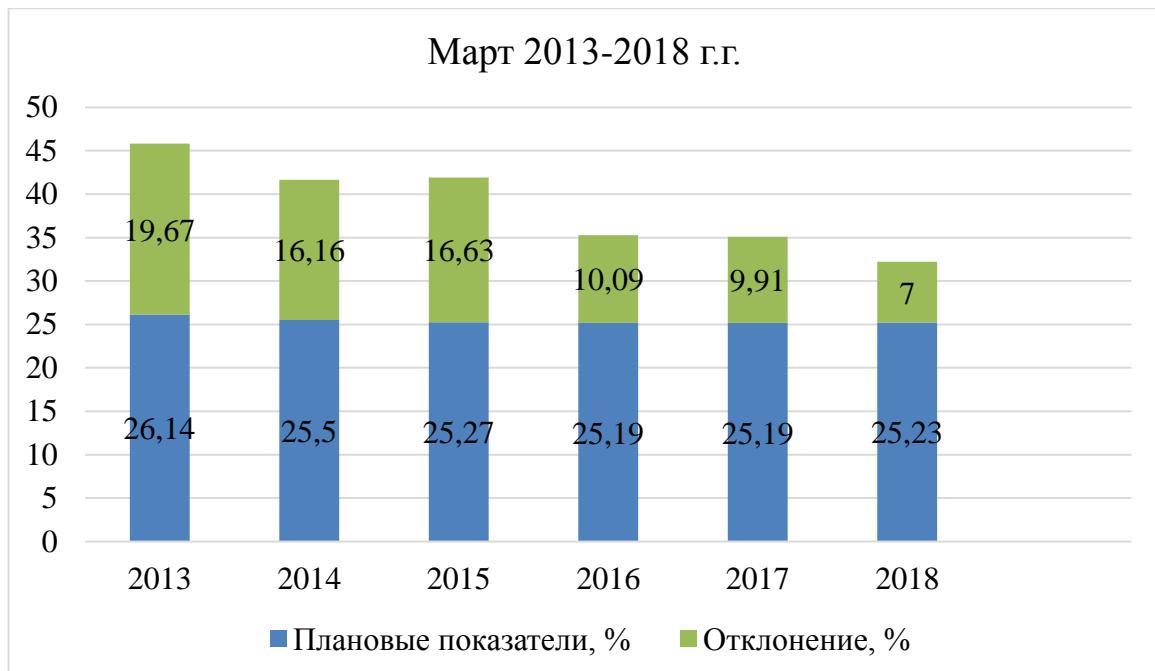


Рисунок 15 – Потери электроэнергии, март 2013-2018 г.г.

Таблица 6 – Потери электроэнергии за октябрь 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	39,25	37,02	41,74	37,82	40,56	42,17
Плановые потери, %	26,92	24,94	25,00	24,89	24,67	23,33
Отклонение, %	12,33	12,08	16,74	12,93	15,89	18,84



Рисунок 16 – Потери электроэнергии на, октябрь 2013-2018 г.г.

В октябре наблюдается в целом стабильная высокое положение величины коммерческих потерь, с незначительными изменениями в течение анализируемого периода.

Таблица 7 – Потери электроэнергии за ноябрь 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	45,51	43,10	42,64	39,68	39,01	39,47
Плановые потери, %	27,41	24,86	24,25	24,16	24,16	21,67
Отклонение, %	18,10	18,24	18,39	15,52	14,85	17,80



Рисунок 17 – Потери электроэнергии на, ноябрь 2013-2018 г.г.

В ноябре 2016 года произошло небольшое снижение коммерческих потерь (на 3%) и в течение следующих трех лет остается на прежнем уровне.

Таблица 8 – Потери электроэнергии за декабрь 2013-2018 г.г.

Показатель	Отчетный период					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	2	3	4	5	6	7
Фактические потери, %	45,09	49,78	44,72	41,60	34,97	42,62
Плановые потери, %	30,57	25,16	24,51	24,55	23,41	21,24
Отклонение, %	14,52	24,62	20,21	17,05	3,77	21,38



Рисунок 18 – Потери электроэнергии на, декабрь 2013-2018 г.г.

Декабрь является наиболее показательным месяцем. Так как величина коммерческих потерь в целом по ПС достигает своего максимума. В 2015 году наблюдается снижение коммерческих потерь, в связи с проведенными мероприятиями, но к 2016 году потери достигают 21,38 %.

Анализ рассматриваемого периода по сезонам показал, что возрастает доля летней нагрузки с одновременным снижением летних фактических потерь.

Анализ рассматриваемого периода по сезонам года показал, что уменьшается доля летней нагрузки, в связи с этим, так же, уменьшается и количество коммерческих потерь.

Слабое соотношение фактических потерь с отпуском электроэнергии в сеть вызвана коммерческими потерями, причем они имеют наибольшие значения в отопительный сезон.

По результатам анализа выявлено, что устойчиво высокий уровень коммерческих потерь удерживается в период с октября по апрель включительно. В период с апреля по октябрь происходит существенное снижение потерь с минимально устойчивым уровнем. Это свидетельствует о

явном сезонном характере распределения коммерческих потерь электрической энергии в течение года.

Так, анализ коммерческих потерь указывает на наличие вероятностного распределения случайных величин, которые в некоторой мере подчиняются степенному и равномерному законам распределения. При достижении более точных результатов в нормировании потерь, необходимы мероприятия, степень влияния которых можно оценить на основе применения математического аппарата.

2.3. Математическая модель описания расхождения показателей

Математическая модель представлена в виде функции Кульбака-Лейблера. Данная функция является несимметричной мерой удаленности друг от друга двух вероятностных распределений, которая позволит определить дивергенцию или расхождения планового и фактического распределения за период с 2013 по 2018 г.[25]

$$D_p(q) = \sum_{i=1}^n p_i(x) \log_2 \frac{p_i(x)}{q_i(y)}, \text{бит.} \quad (1)$$

где:

$$\text{- для фактических показателей: } p_i(x) = \frac{x_i}{\sum x} \quad (2)$$

$$\text{- для плановых показателей: } q_i(y) = \frac{y_i}{\sum y} \quad (3)$$

Исходные данные плановых и фактических потерь приведем в таблице 9 – 10

Таблица 9 – Исходные данные. Плановые потери электрической энергии (кВт*ч)

Год Месяц \	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	2583184,7	2248773,7	2371044,4	2371388,2	2199542,4	2289342,6
Февраль	1664213,9	2018575,8	1983485,4	1863193,6	1652199,2	1809414,7
Март	1773434,5	1857673,98	1727676	1488345,1	1522247,3	1551101
Апрель	1059579,5	1273988	1233632,8	1055332,9	1113223,01	1115616,95
Май	864461,6	893898,6	955925,7	930055,1	804660,3	889499,97
Июнь	651922,4	657485,9	717713,9	759145,8	522876,8	696627,5
Июль	585788,6	609889,6	583802,3	570521,2	424741,47	602242,9
Август	655247,2	655247,2	612628,6	591554,2	598641,5	642009,1
Сентябрь	943604,4	921849,9	1019171,3	1013809,6	945925,7	803018,97
Октябрь	1272691,99	1391243,98	1378027,5	1316491,8	1252597,5	1363602,6
Ноябрь	1749550,1	1628350,6	1466051,7	1484456,6	1571712,4	1409934,7
Декабрь	2383338,1	2332237,4	1659369,1	1769365,6	2096558,3	1478992,2

Таблица 10 – Исходные данные. Фактические потери электрической энергии (кВт*ч)

Год Месяц \	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	3833023	3614767	3216545	3752570	2469202	3517971
Февраль	3435043	3899629	3163951	2833758	2317789	2314395
Март	3118516	3034972	2864722	2084750	2120840	1981220
Апрель	1657733	1679066	1785016	1107480	925987	1001078
Май	848799	958983	1485571	1211517	600238	985394
Июнь	435754	393223	321655	200583	275344	118315
Июль	689687	237964	400310	331076	416933	511072
Август	434895	976394	522068	603845	558208	780268
Сентябрь	1043559	1465336	1845141	1413892	1216655	1018618

Окончание таблицы 10

Октябрь	1855736	2065110,4	2300592	2000212	2059379	2464966
Ноябрь	2905077	2823095	2577731	2438072	2538059	2567787
Декабрь	3515661	4613978	3027307	2998427	2349842	2967541

Произведем расчет дивергенции согласно исходных данных, с использованием программы Excel. Расчет представлен на рисунке 19.

B31		$=B17 * \text{LOG}(B17 / D17; 2)$																				
15	Сумма	23773483	16187017	25762517	16489215	23510609	15708528	20976182	15213660	17848476	14704926	20228625	14651403									
16		q	p	d	p	q	p	q	p	q	p	q	p									
17	1	0,161231	0,159584	0,140311	0,136378	0,136812	0,15094	0,178897	0,155872	0,138342	0,149579	0,173911	0,156254									
18	2	0,144491	0,102812	0,151368	0,122418	0,134575	0,126268	0,135094	0,122468	0,129859	0,112357	0,114412	0,123498									
19	3	0,131176	0,109559	0,117806	0,11266	0,121848	0,109983	0,099387	0,09783	0,118825	0,10352	0,097941	0,105867									
20	4	0,06973	0,065459	0,065175	0,077262	0,075924	0,078533	0,052797	0,069367	0,05188	0,075704	0,049488	0,076144									
21	5	0,035704	0,053405	0,037224	0,054211	0,063187	0,060854	0,057757	0,061133	0,03363	0,05472	0,048713	0,060711									
22	6	0,018329	0,040274	0,015263	0,039874	0,013681	0,045689	0,009562	0,049899	0,015427	0,035558	0,005849	0,047547									
23	7	0,029011	0,036189	0,009237	0,036987	0,017027	0,037165	0,015783	0,037501	0,02336	0,028884	0,025265	0,041105									
24	8	0,018293	0,040408	0,0379	0,039738	0,022206	0,039	0,028787	0,038883	0,031275	0,04071	0,038572	0,043819									
25	9	0,043896	0,058294	0,056879	0,055906	0,078481	0,06488	0,067405	0,066638	0,068166	0,064327	0,050355	0,054808									
26	10	0,078059	0,078624	0,080159	0,084373	0,097853	0,087725	0,095356	0,086534	0,115381	0,085182	0,121855	0,09307									
27	11	0,122198	0,108084	0,109581	0,098752	0,109641	0,093328	0,11623	0,097574	0,142	0,14222	0,106883	0,126938	0,096232								
28	12	0,147882	0,147238	0,179097	0,14144	0,128763	0,105635	0,142944	0,116301	0,131655	0,142575	0,1467	0,100945									
29																						
30	p*log2p/c	2013			2014		2015		2016		2017		2018									
31	1	0,002389			0,005755		-0,0194		0,035558		-0,01559		0,026861									
32	2	0,070941			0,046356		0,012371		0,019123		0,027122		-0,01261									
33	3	0,034079			0,007591		0,018009		0,002264		0,023638		-0,011									
34	4	0,00636			-0,016		-0,0037		-0,02079		-0,02828		-0,03076									
35	5	-0,02074			-0,02019		0,00343		-0,00473		-0,02362		-0,01547									
36	6	-0,02082			-0,02115		-0,0238		-0,02279		-0,01859		-0,01768									
37	7	-0,00925			-0,01849		-0,01917		-0,01971		-0,00715		-0,01774									
38	8	-0,02096			-0,00259		-0,01804		-0,01249		-0,0119		-0,0071									
39	9	-0,01796			0,001415		0,021549		0,001112		0,0057		-0,00616									
40	10	-0,00081			-0,00592		0,015425		0,013357		0,050512		0,047376									
41	11	0,021638			0,01645		0,025481		0,029339		0,05857		0,050717									
42	12	0,000931			0,060991		0,03678		0,042539		-0,01514		0,079114									

Рисунок 19 – Расчет дивергенции за 2013-2018 г.г.

Представим результат сопоставления плановых и фактических показателей для рассматриваемого периода с 2013 по 2018 гг, представим их на рисунках 20 – 25.

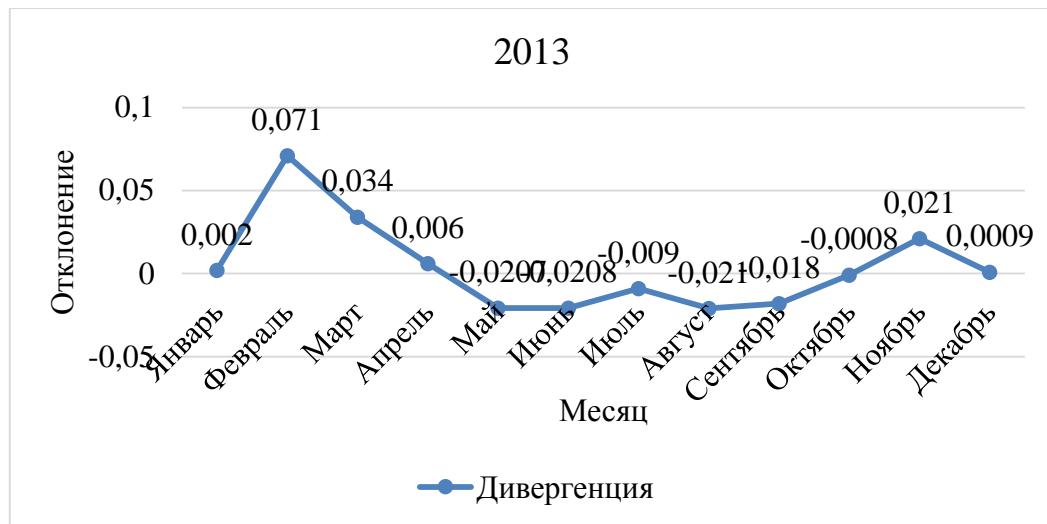


Рисунок 20 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2013г.

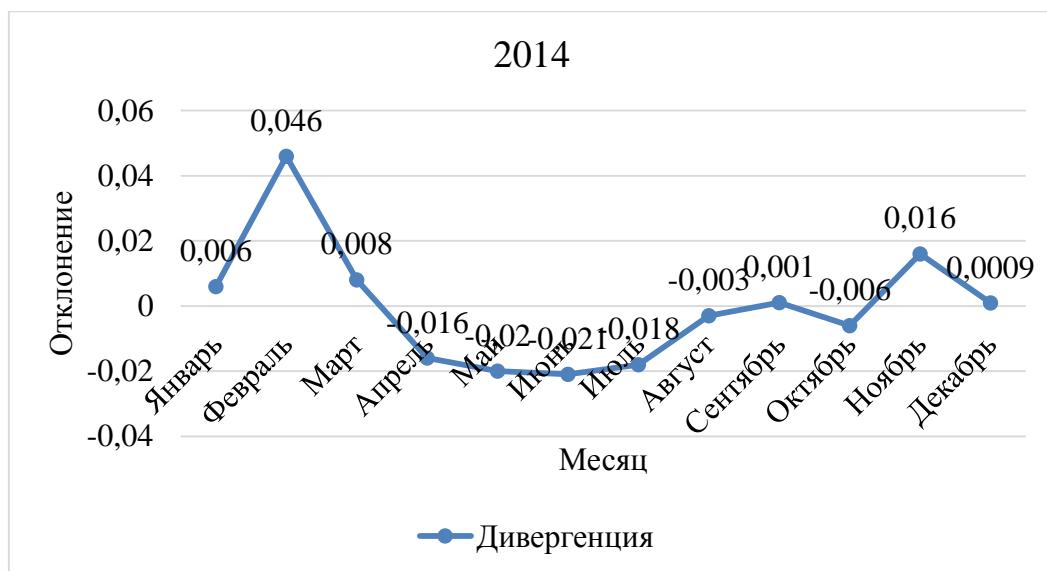


Рисунок 21 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2014г.

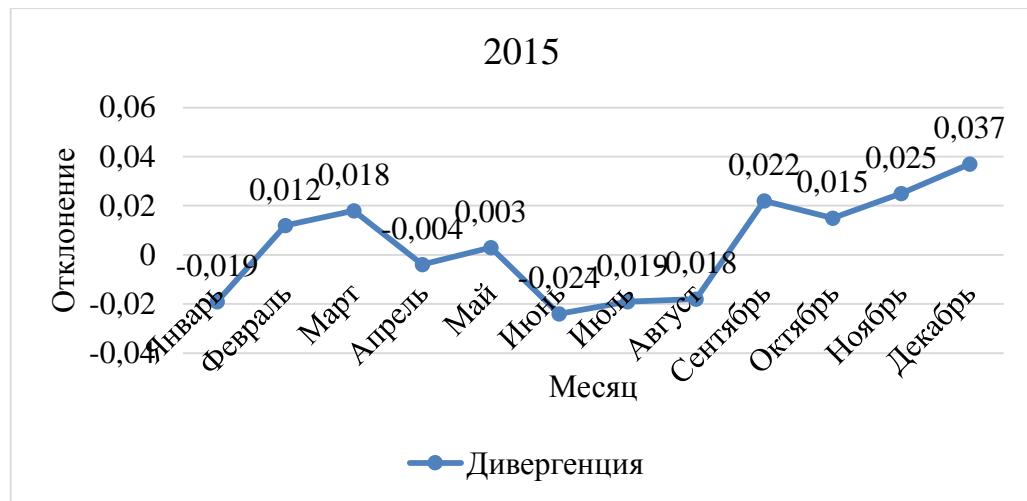


Рисунок 22 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2015г.

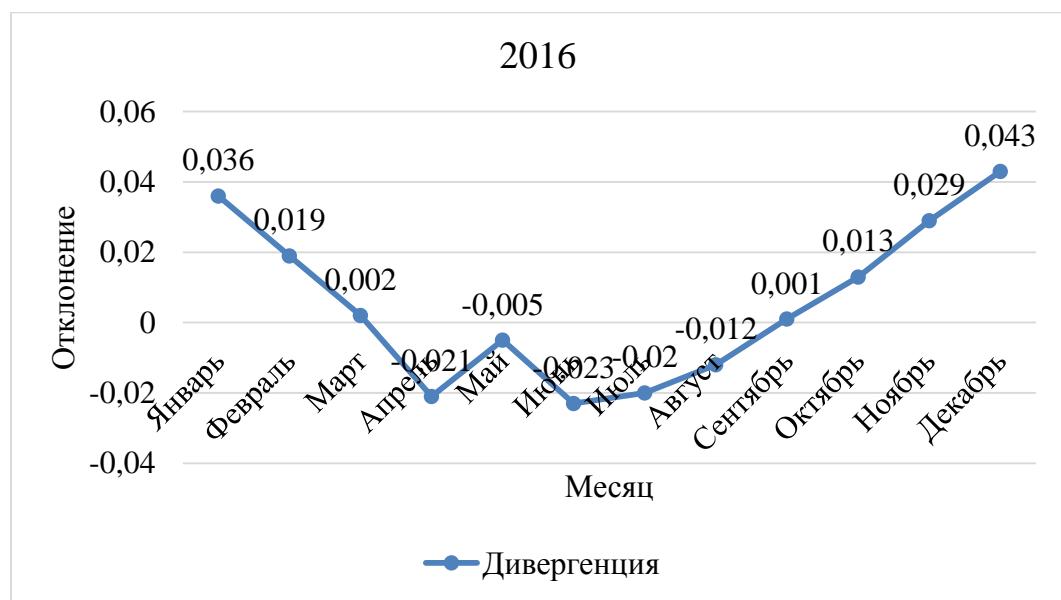


Рисунок 23 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2016г.

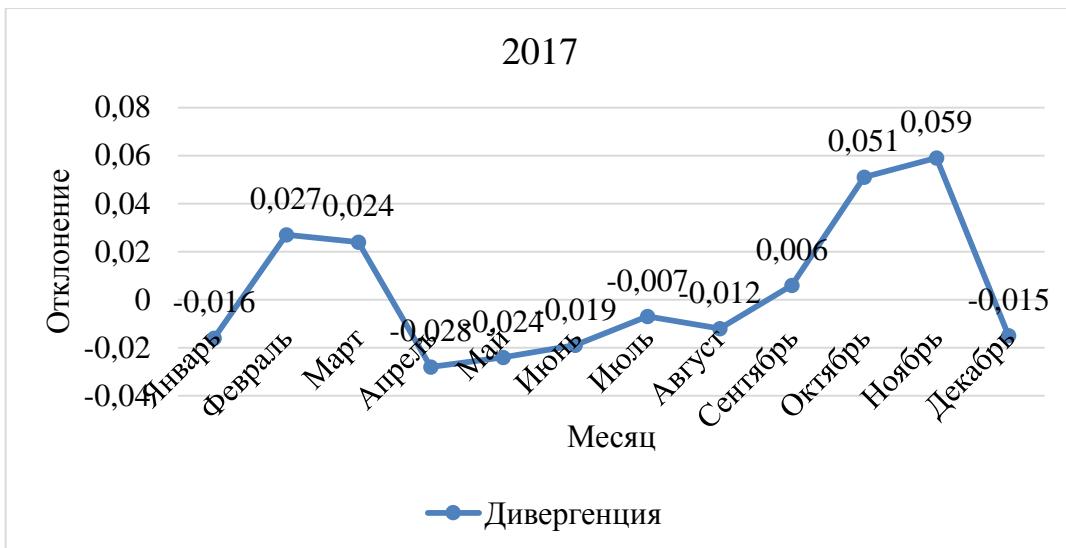


Рисунок 24 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2017г.

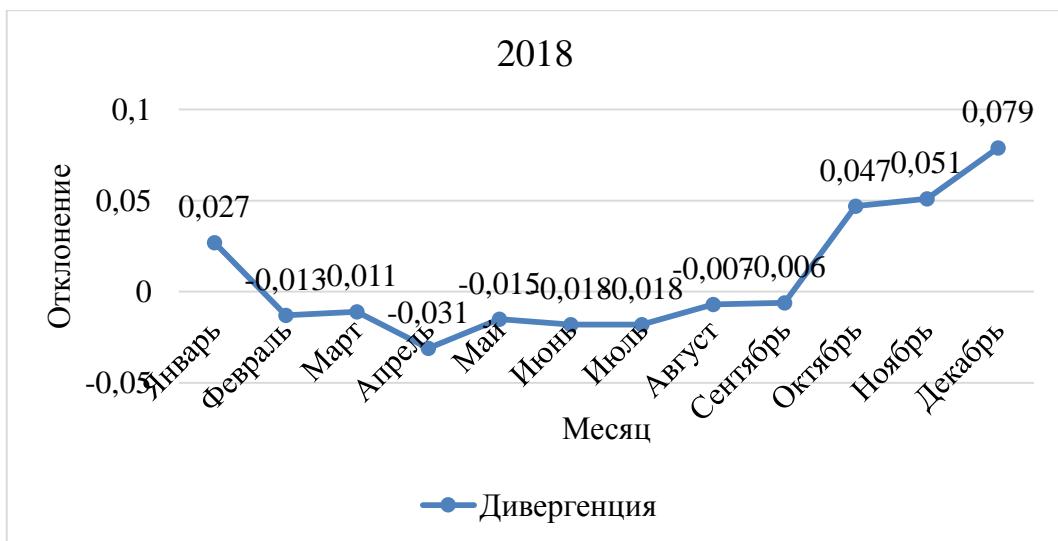


Рисунок 25 – Сопоставление плановых и фактических показателей за 2018г.

Из приведенных графиков, распределения дивергенции, видно следующее. Чаще всего, в феврале и декабре расхождение между плановыми и фактическими показателями имеет высокий уровень. Это связано с увеличением количества факторов, влияющих на расхождение между показателем при планировании и фактическим. Поиск фактора влияния

позволит выработать мероприятия по снижению риска присутствия коммерческих потерь, а соответственно уменьшить и финансовые убытки.

Таким образом, величина расхождения показывает следующее: если расхождение большое, то достаточно незначительной информации для выявления факторов, влияющих на отклонение фактических показателей от плановых; при малых расхождениях требуется больше иметь информации для поиска путей снижения расстояния между распределениями.

Выделим семь числовых интервалов потерь и определим количество попаданий фактических и плановых потерь в данные интервалы:

Таблица 11 – Количество попаданий в интервалы

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7
Числовой интервал (кВт*ч)	115000 -765000	765000-1415000	1415000-2065000	2065000-2715000	2715000-3365000	3365000-4015000	4015000-4665000
Количество попаданий (Факт)	17	13	10	13	11	7	1
Количество попаданий (План)	18	25	20	9	0	0	0

Результаты представим на рисунке 26:

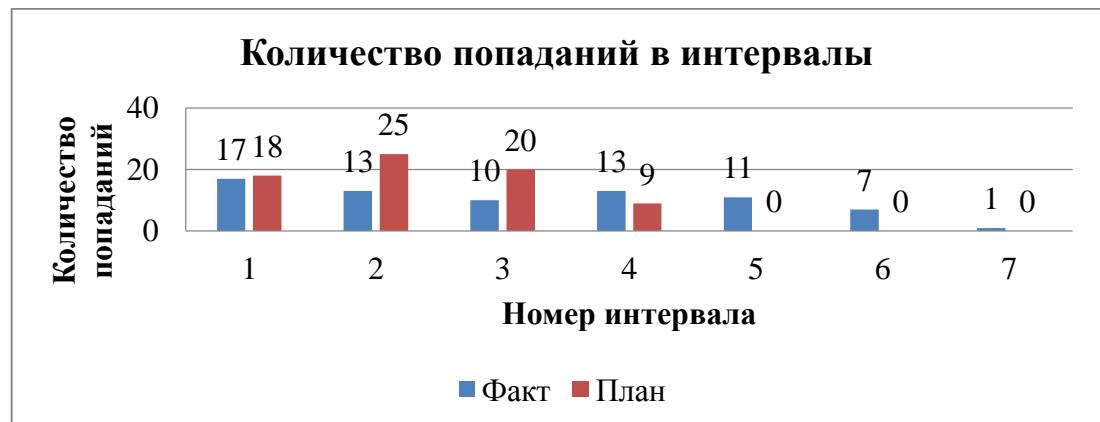


Рисунок 26 – Количество попаданий в интервалы

Рассчитаем долю попадания в интервал от общего количества попаданий:

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	115-765	765-1415	1415-2065	2065-2715	2715-3365	3365-4015	4015-4665		
ФАКТ	17	13	10	13	11	7	1	72	
ПЛАН	18	25	20	9	0	0	0	72	
доля от 72									
факт	=C3*1/72	0,180556	0,138889	0,180556	0,152778	0,097222	0,013889		
план	0,25	0,347222	0,277778	0,125	0	0	0		

Рисунок 27 – Расчет доли попаданий в интервалы

Результаты расчета представим в таблице 12

Таблица 12 – Результаты расчета доли попадания в интервалы

факт	0,24	0,18	0,14	0,18	0,15	0,097	0,013
план	0,25	0,35	0,28	0,13	0	0	0

Найдем дивергенцию (расхождение) числа попаданий:

8	доля от 72								
9	факт	0,2361111111	0,180556	0,138889	0,180556	0,152778	0,097222	0,013889	
10	план	0,25	0,347222	0,277778	0,125	0	0	0	
11									
12	p*log2p/q		дивергенция из долей						
13		=C9*LOG(C9/C10;2)	-0,13889	0,095787					

Рисунок 28 – Расчет дивергенции

Таблица 13 – Результаты расчета дивергенции числа попаданий

-0,019	-0,17	-0,139	0,096	0	0	0
--------	-------	--------	-------	---	---	---

Полученные данные представим на рисунке 29:

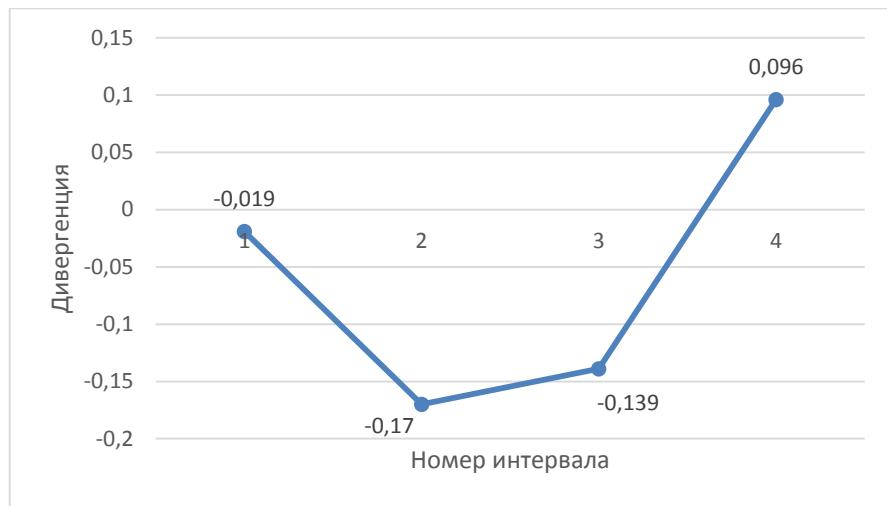


Рисунок 29 – Дивергенция сопоставления вероятностных закономерностей

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее количество попаданий приходится на диапазоны (2 и 3) от 765000 до 2065000 кВт*час. В диапазонах (5,6 и 7) от 2715000 до 4665000 кВт*час расхождение стремится к бесконечности. Это свидетельствует о том, что при планировании не предусматривался высокий уровень потерь, тогда как фактически он имел место.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Мероприятия по снижению коммерческих потерь в Бейских РЭС

В результате определения расхождения между плановыми и фактическими показателями, в распределительных сетях, питающих потребителей Бейского РЭС за период с 2013 по 2018 годы, было выявлено.

На данном предприятии, с целью снижения коммерческих потерь, в качестве приоритетного метода предлагается использовать математическую модель для выявления расхождения между показателями плановых и фактических потерь электрической энергии. Помимо этого, предлагается проведение следующих мероприятий для увеличения энергоэффективности предприятия:

- Замена голого провода на самонесущий изолированный провод (СИП)
- Перенос приборов учета на границу балансовой принадлежности потребителей электроэнергии частных владений.

Рассмотрим каждое мероприятие, более подробно:

3.1.1 Применение математической модели для выявления расхождения между показателями.

Выполненный нами анализ показал, что плановые показатели должны подчиняться нормальному закону распределения случайной величины. Так, на предприятии плановые показатели должны формироваться на основании прошедшего года. Для примера, рассмотрим показатели 2018 года, изменения фактических и плановых потерь которого, представлены ранее, на рисунке 16.

Результаты проведенного анализа позволяют рекомендовать предприятию обратить внимание на интервалы 5 – 7, представленные в аналитической части на рисунке 2.4. Плановые и фактические потери в этих интервалах сильно расходятся, это свидетельствует о том, что на предприятии

при планировании не учли факторы, воздействующие на расхождение показателей. Исходя из этого, в первую очередь нужно корректировать плановые показатели, с учетом факторов температурного режима и загрузки оборудования. Так как план, в идеальном случае, должен подчиняться нормальному закону распределения, построим гистограмму изменения фактических и плановых показателей в течение рассматриваемого года с плановыми показателями равными, 25% и 20% от фактического показателя, в зимний и летний периоды соответственно. Диаграмма представлена на рисунке 15.

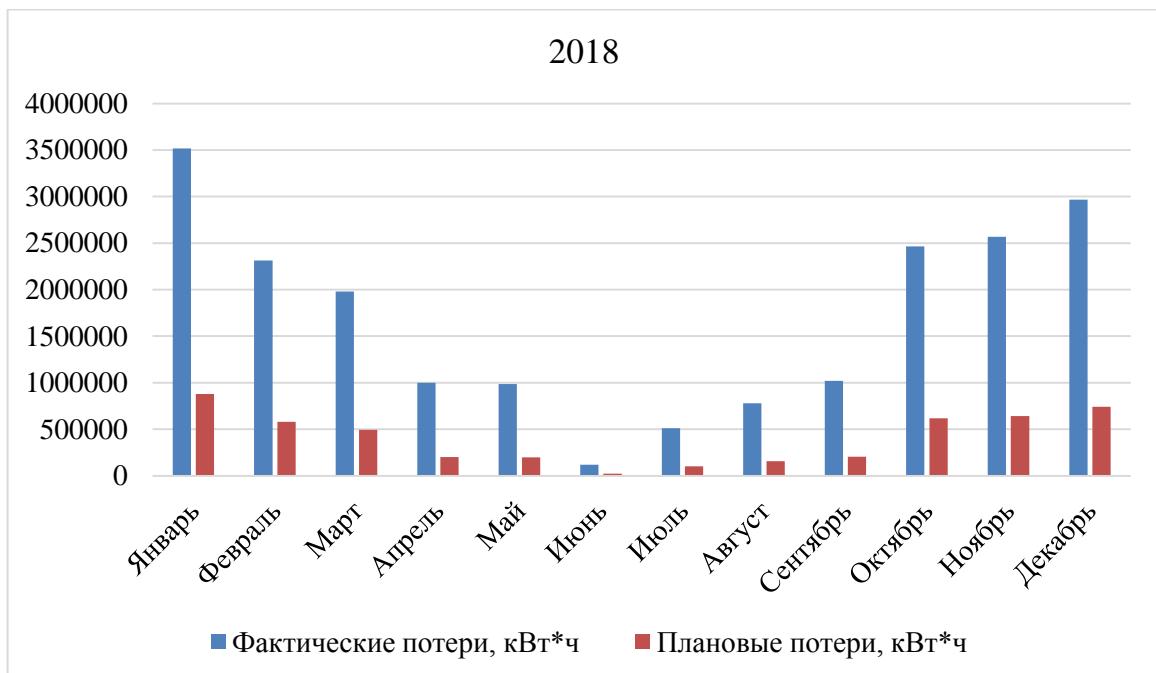


Рисунок 30 – Изменение фактических и плановых показателей за 2018 г.

3.1.2 Перенос приборов учета на границу балансовой принадлежности потребителей электроэнергии частных владений.

С целью недопущения несанкционированного пользования электрической энергией, а также доступа к приборам учета, рекомендуется перенос приборов

за границу балансовой принадлежности (опора или постройка, находящаяся за пределами территории, принадлежащей потребителю).

Разработанное мероприятие требует больших вложений, но при этом позволяет решить ряд задач, связанных с хищением электрической энергии, таких как:

- Исключить несанкционированный доступ к приборам учета электрической энергии.
- Обеспечить безопасное обслуживание и, при необходимости, отключение потребителя от сети.
- Обеспечить удобную компоновку при индивидуальном проектировании частного сектора. [13]

3.1.3 Замена голого провода на самонесущий изолированный провод (СИП)

Проанализировав статистические данные и поопорные схемы, предоставленные предприятием, следует отметить, что в электрических сетях достаточно высокая степень износа оборудования. В распределительных сетях, в большей степени, используются алюминиевые провода. Но алюминиевые провода без изоляции уже не могут обеспечить безопасное и эффективное подключение. Так как мощность, расходуемая потребителями, с каждым годом только увеличивается, а также у сетей с алюминиевыми проводами уже имеют большой срок эксплуатации. В связи с этим сети «реагируют» обрывами и замыканиями на снег, ветер и плохую погоду.

Замена голого провода на СИП позволяет решить проблему с безопасностью и увеличением нагрузки. Таким образом создаются новые надежные линии, стабильно работающие и с высокой пропускной способностью. [15]

3.2. Пути снижения коммерческих потерь электроэнергии

Для примера рассмотрим фидеры, по которым согласно данных РЭС наиболее высокий уровень коммерческих потерь, ф.2 от ТП-61-05-03 и ф.1 от ТП-65-02-03

Мероприятия по снижение потерь будем проводить в два этапа:

- 1) Установка системы АСКУЭ
- 2) Замена голого провода на СИП (самонесущий изолированный провод).

3.2.1 ф.2 от ТП-61-05-03

Поопорная схема данного фидера изображена на рисунке 31.

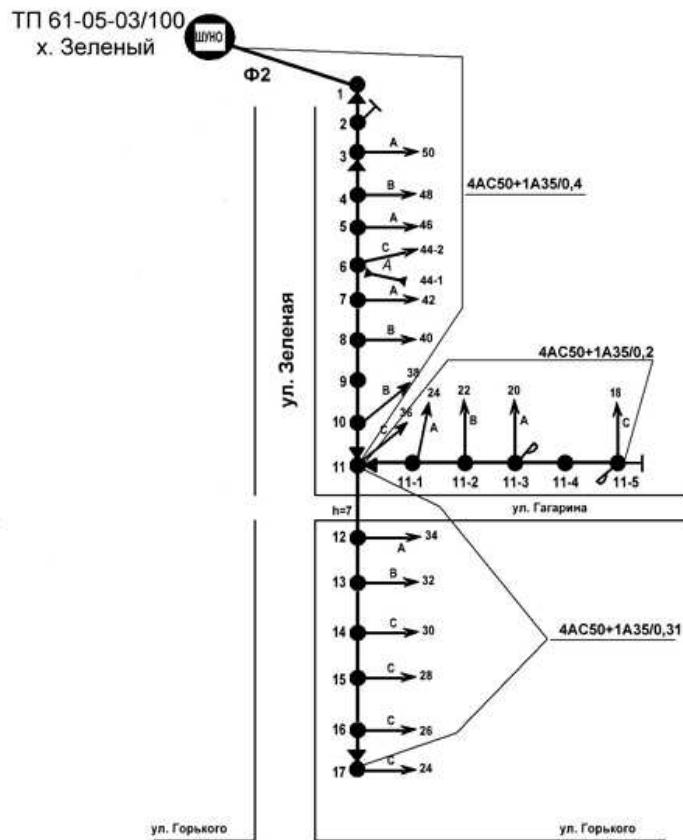


Рисунок 31 – Поопорная схема ф. 2 от ТП-61-05-03

Данные по потерям электроэнергии представлены в таблице 14

Таблица 14 – Потери электроэнергии по ф.2 от ТП-61-05-03

	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Фактические Потери, %	40%	39%	30%	45%
Фактические потери, тыс.кВтч	62275,000	48975,000	51275	78456,000

Установление приборов учета АСКУЭЭ

Определимся с количеством потребителей на данном фидере. На данном участке сети 19 потребителей. На данном участке нет потребителей с трёхфазным электропитанием.

В таблице 15 Представлены необходимые материалы, их количество и стоимость согласно Прайс-листа. [17,25]

Таблица 15 – Необходимые материалы

№ п.п	Наименование	Цена за ед., руб.	Единицы изм.	Количество	Сумма, руб.
1	Крюк GHSO-16	800	шт	19	15200
2	Зажим анкерный SO 157.1	173	шт	38	6574
3	Счетчик «Матрица» NP71Е 1-10-1	7404	шт	19	140676
4	Дисплей RUD 512-L	2971	шт	19	56449
5	Щит учета ЩРн-П-24 1φ	872	шт	19	16568
6	Автомат ВА 47-29 25А С 2П	199	шт	19	3781
7	Маршрутизатор RTR8A.LG-1-1	52794	шт	1	52794
Итого					292042

Общая сумма затрат на установку приборов учета составляет 292042 руб.

Замена голого провода на СИП

Общая протяженность линии составляет 0,91км

Исходя из технических характеристик выбираем СИП-2 4×25. Стоимость такого провода согласно каталогу 63 руб. за 1метр. [16]

Общая сумма затрат на замену линии составляет 57330 руб.

Посчитаем срок окупаемости 2 этапов мероприятий по снижению по снижению потерь электроэнергии.

Вычислим общую сумму затрат:

$$C_{общ}=292042+57330= 349372 \text{ руб.}$$

Вычислим сумму потерь электроэнергии.

$$\Delta C = \Delta W \cdot C, \quad (3)$$

где C-цена одного кВт·ч. C=1,48 руб

$$\Delta C=(62275+48975+51275+78456) \cdot 1,48=356651,88 \text{ руб.}$$

Найдем срок окупаемости

$$T = C_{общ} / \Delta C \quad (4)$$

$$T = 349372 / 356651,88 = 0,98$$

Затраты на мероприятия по снижению потерь окупятся приблизительно через один год

3.2.2 ф.1 от ТП-65-02-03

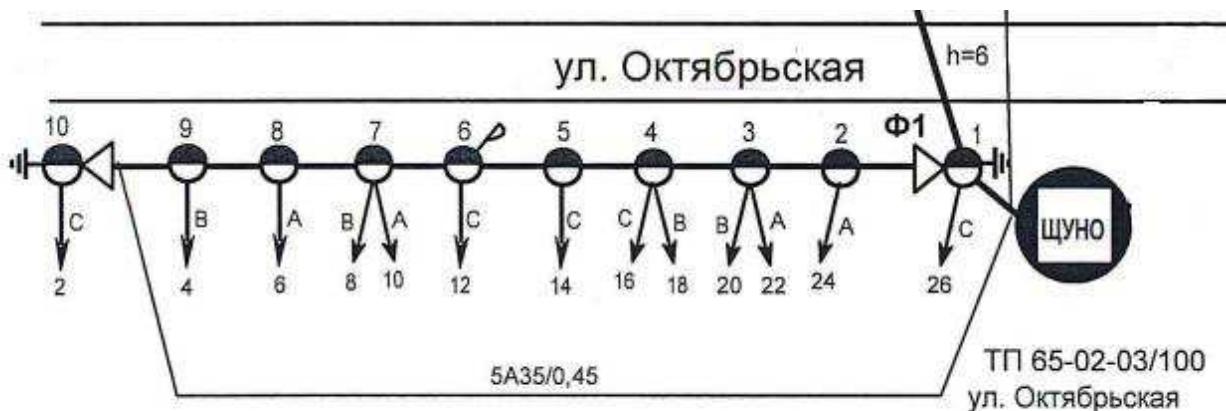


Рисунок 32 – Поопорная схема ф. 1 от ТП-65-02-03

Данные по потерям электроэнергии представлены в таблице 16

Таблица 16 – Потери электроэнергии по ф.2 от ТП-61-05-03

	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Фактические Потери, %	44%	40%	31%	46%
Фактические потери, тыс.кВтч	61365,000	51093,000	29864,000	62869,000

Установление приборов учета АСКУЭЭ

Определимся с количеством потребителей на данном фидере. На данном участке сети 13 потребителей. На данном участке нет потребителей с трёхфазным электропитанием.

В таблице 17 Представлены необходимые материалы, их количество и стоимость согласно Прайс-листа. [17]

Таблица 17 – Необходимые материалы

№ п.п	Наименование	Цена за ед., руб.	Единицы изм.	Количество	Сумма, руб.
8	Крюк GHSO-16	800	шт	13	10400
9	Зажим анкерный SO 157.1	173	шт	26	4498
10	Счетчик «Матрица» NP71E 1-10-1	7404	шт	13	96252
11	Дисплей RUD 512-L	2971	шт	13	38623
12	Щит учета ЩРн-П-24 1ф	872	шт	13	11336
13	Автомат ВА 47-29 25А С 2П	199	шт	13	2587
14	Маршрутизатор RTR8A.LG-1-1	52794	шт	1	52794
Итого					169490

Общая сумма затрат на установку приборов учета составляет 169490 руб.

Замена голого провода на СИП

Общая протяженность линии составляет 0,45 км

Исходя из технических характеристик выбираем СИП-24×25. Стоимость такого провода согласно каталогу 63 руб. за 1метр. [16]

Общая сумма затрат на замену линии составляет 28350 руб.

Посчитаем срок окупаемости 2 этапов мероприятий по снижению по снижению потерь электроэнергии.

Вычислим общую сумму затрат:

$$C_{общ}=169490+28350= 197840 \text{ руб.}$$

Вычислим сумму потерь электроэнергии.

$$\Delta C = \Delta W \cdot C, \quad (5)$$

где C — цена одного $\text{kVt}\cdot\text{ч}$. $C=1,48$ руб

$$\Delta C = (61365+51093+29864+62869) \cdot 1,48 = 303682,68 \text{ руб.}$$

Найдем срок окупаемости

$$T = C_{общ} / \Delta C \quad (6)$$

$$T = 197840 / 303682,68 = 0,65$$

Затраты на мероприятия по снижению потерь окупятся приблизительно через один год

3.3. Результат мероприятий по снижению потерь электроэнергии

Потери электроэнергии по фидеру составляет 660334,56 руб.

Затраты на мероприятия по снижению потерь электроэнергии по трем фидерам будет равна 547212 руб.

Предположительные потери электроэнергии по данным фидерам после проведения мероприятий по снижению потерь электроэнергии представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Предположительные потери электроэнергии после проведения мероприятий по снижению потерь

	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
ф.5 от ТП-15-609-02	5,2%	4,7%	3,7%	4,6%
Норматив потерь	3,12%			

По данным таблицы построим диаграмму, рисунок 33

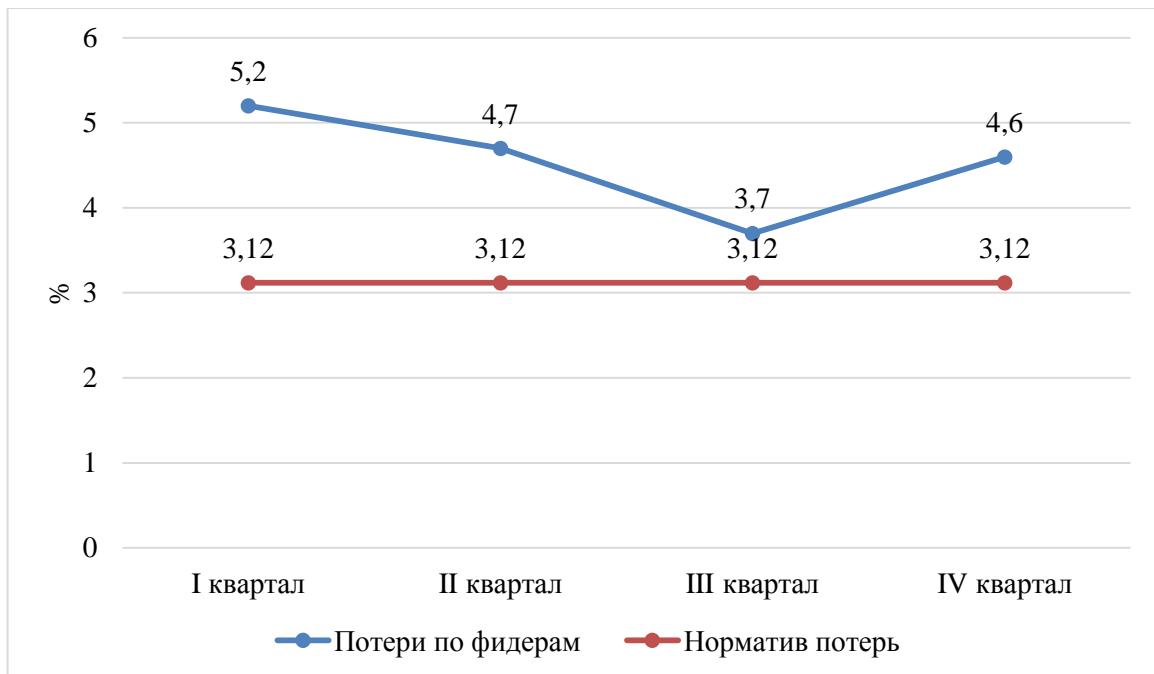


Рисунок 33 – Предположительные потери электроэнергии после проведения мероприятий по снижению потерь

Внедрение программы АСКУЭ на данных фидерах исключает возможность безучетного потребления электроэнергии. Так же исключается несоответствия дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом. Замена голого провода на СИП помогает исключить потери из-за нарушения качества электроэнергии, а также исключить возможность бездоговорного потребления. Таким образом, мы значительно сокращаем коммерческие потери электроэнергии по данным фидерам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа была выполнена по статистическим данным, предоставленными Бейскими РЭС за период 2013-2018 г.г. Поставленные в работе цель и задачи были достигнуты в полном объеме, в соответствии с поставленным заданием.

Результатом выполнения ВКР является комплекс мероприятий по снижению коммерческих потерь в электрических сетях, предложенных для Бейского РЭС включающий: — Применение математического аппарата для выявления расхождения между фактическими и плановыми показателями.

- Замена голого провода на самонесущий изолированный провод (СИП)
- Перенос приборов учета на границу балансовой принадлежности потребителей электроэнергии частных владений.

Полученные результаты ВКР нашли отражение в методических разработках Бейского РЭС и в настоящее время приняты к рассмотрению на предприятии.

Результаты данных исследований были представлены на Международной студенческой конференции «Проспект Свободный - 2019», доклад был отмечен дипломом третьей степени с публикацией в электронном сборнике материалов конференции, а также на республиканском конкурсе научно – исследовательских работ студентов «Научный потенциал Хакасии», данные исследований были отмечены дипломом третьей степени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Апряткин, В.Н. Человеческий фактор и его влияние на уровень потерь электроэнергии / В.Н. Апряткин Сборник на конференции «Потери электроэнергии в городских электрических сетях и технологии их снижения». - Москва: «Мособлэлектро», 2008 г. – С 10-25.
- 2 Барвин, И.И. Математическая обработка информации: Учебник. — М.: Прометей, 2016 — 262 с.
- 3 Белов, П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. Учебник и практикум. В 3 частях. Часть 2 / Белов. — М.: Юрайт, 2016. —252 с.
- 4 Бондаренко, А.С. Для успешной борьбы с потерями электроэнергии необходимо их оценить и проанализировать // Новости электротехники. 2006г - № 4 (16), - С 5-13.
- 5 Броерская, Н. А. Об учете и нормировании потерь электрической энергии в электрических сетях в условиях реструктуризации отрасли / Н. А. Броевская // Энергетик, 2007. – № 9. – С.16–19.
- 6 Введение в математического моделирование. Учебное пособие. — М.: Логос, 2015. — 440 с.
- 7 Воротницкий, В. Э. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. / В. Э. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. В. Комкова, В. И. Пятигор // Энергосбережение, 2005. – № 2. – С. 90-94.
- 8 Воротницкий, В.Э. Норматив потерь электроэнергии в электрических сетях. Как его определить и выполнить? // Новости электротехники. Информационно-справочное издание. – 2008г. - № 6 (24) - С 3-10.
- 9 Воротницкий, В.Э. Снижение потерь в электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия/ В.Э. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. В. Комкова, В. И. Пятигор / Энергосбережение / 2010 № 2 - С 5-7.

10 Воротницкий, В.Э. Структура коммерческих потерь электроэнергии и мероприятия по их снижению/ В.Э. Воротницкий, М.А. Калинкина, В.Н. Апряткин Москва: /АО ВНИИЭ/ 2008, - С 123.

11 Галанов, В.П. Влияние качества электроэнергии на уровень ее потерь в сетях / Электрические станции, 2009 №5 - С.55-73.

12 Галыгина, О. С. О некоторых аспектах учета и потерь электроэнергии в предприятиях электросетей / О. С. Галыгина, В.Ф. Заугольников // Энергетик, 2008. – № 5. – С.19–21.

13 Гуртовцев, А.Л. О происхождении и значении термина «АСКУЭ», «Промышленная энергетика», 2003, №8 5-6 с.

14 Загорский, Я. Т. Границы погрешности измерений при расчетном и техническом учете электроэнергии / Я. Т. Загорский, Е. В. Комкова // Электричество, 2011. – № 8. – С. 14–17.

15 Замена провода на СИП [Электронный Ресурс] Режим доступа: <http://viartagroup.ru/articles/zamena-provoda-sip.html>

16 Кабель СИП, Прайс-лист [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://1sip-kabel.ru/provod-sip-2-4h25/>

17 Матрица, система учета, Прайс-лист [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://matrica.nt-rt.ru/>

18 «МРСК Сибири» – «Хакасэнерго» Положение о РЭС.

19 «Об утверждении нормативов потерь электрической энергии при ее передачи по единой национальной электрической сети» Приказ Минэнерго России №1024 от 25.12.2015г

20 О коммерческих потерях в электрических сетях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.si-electro.ru/article/4/126/>

21 ПАО «МРСК Сибири» – «Хакасэнерго» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.khakasenergo.ru/>

22 Расстояние Кульбака Лейблера [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://yavix.ru/вики%20Расстояние%20Кульбака-Лейблера>

23 СО 5.281.0-02 утвержден 22.08.2013г. Действия персонала при выявлении фактов неучтенного потребления электроэнергии – С.41

24 Собровина А.Е. Снижение коммерческих потерь электроэнергии/ Омский государственный технический университет РФ. 2014, с 17-20.

25 Счетчики электроэнергии с автоматизированной передачей данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mir-tek.by/produkciya/mirt-181/>

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 25 наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

«_____» _____
(дата)

(подпись)

Малыхина А.В.
(ФИО)

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт**

«Электроэнергетика»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« 14 » 06 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Мониторинг коммерческих потерь и распределение электрической энергии на примере Бейского РЭС

Выпускник ИМЯ 03.06.2019 г.

Нормоконтролер Илья - 08.06.2019.
подпись, дата

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия
А.В.Малыхина
инициалы, фамилия
И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2019