

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73
Минусинского РЭС

тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Д. В. Орлов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов _____

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Орлову Дмитрию Владимировичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭн 19-01 (3-19)

Направление 13.03.02

(код)

Электроэнергетика и электротехника

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС

Утверждена приказом по институту № _____ от _____

Руководитель ВКР Платонова Е. В., доцент кафедры ЭМиАТ

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР Поопорная схема ТП 5-01-73 на стороне 0,4 кВ, балансы электроэнергии и их структура.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Общие сведения

1.2 Причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии

1.3 Мероприятия по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях

2 Характеристика объекта

3 Структура АИИСКУЭ на стороне 0,4 кВ ТП 5-01-73

4 Анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73

5 Расчет технических и коммерческих потерь

5.1 Расчет технических потерь электроэнергии

5.2 Расчет коммерческих потерь электроэнергии

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части:

1 Поопорные схемы ТП 5-01-73 на стороне 0,4 кВ

2. Графики баланса и потерь электрической энергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

3. Расчет технических потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Руководитель ВКР

/ Е. В. Платонова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/ Д. В. Орлов

(подпись, инициалы и фамилия студента)

« _____ » _____ 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС» содержит 57 страниц текстового документа, 32 использованных источника, 3 листа графического материала, приложений нет.

КОММЕРЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, КОМПЛЕКТНАЯ ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ.

Объект исследования – сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС.

Предмет исследования – потери электроэнергии, структура и показания АИСКУЭ.

Целью бакалаврской работы является анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС.

В теоретической части работы рассмотрены общие сведения, причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии, а также мероприятия по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях.

В аналитической части работы произведен анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73, анализ динамики этих величин.

В практической части произведен расчет технических и коммерческих потерь мощности и электроэнергии, анализ их динамики с учетом изменения конфигурации (расширения) электрической сети низкого напряжения.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные методики расчета и анализа динамики потребления электроэнергии и ее потерь могут быть полезны для разработки мероприятий по экономии электроэнергии и снижения потерь в сетях аналогичной конфигурации.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Analysis of the dynamics of electricity losses in a 0.4 kV network from TP 5-01-73 of the Minusinsk Distribution Zone” contains 57 pages of text document, 32 used sources, 3 sheets of graphic material, no appendices.

COMMERCIAL ELECTRICITY LOSSES, TECHNICAL ELECTRICITY LOSSES, ELECTRICITY CONSUMPTION, DISTRIBUTION NETWORK, MEASURES TO REDUCE ELECTRICAL ENERGY LOSSES, PRIMARY MEASURING DEVICES, AUTOMATED INFORMATION NO-MEASURING SYSTEM FOR COMMERCIAL ENERGY METERING, COMPLETE TRANSFORMER SUBSTATION.

The object of study is 0.4 kV networks from TP 5-01-73 of the Minusinsk Distribution Zone.

The subject of the study is electricity losses, structure, indications of AIMS KUE.

The purpose of the bachelor's work is to analyze the dynamics of electricity losses in the 0.4 kV network from TP 5-01-73 of the Minusinsk Distribution Zone.

The theoretical part of the work examines general information, the causes of commercial losses of electricity, as well as measures to reduce losses of electrical energy in distribution networks.

In the analytical part of the work, an analysis of electricity consumption and losses along 0.4 kV lines of TP 5-01-73 was carried out, and an analysis of the dynamics of these values was carried out.

In the practical part, technical and commercial losses of power and electricity were calculated, their dynamics were analyzed taking into account changes in the configuration (expansion) of the low voltage electrical network.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed methods for calculating and analyzing the dynamics of electricity consumption and its losses can be useful for developing measures to save electricity and reduce losses in networks of a similar configuration.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Общие сведения.....	9
1.2 Причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии	11
1.3 Мероприятия по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях	13
2 Характеристика объекта	15
3 Структура АИИСКУЭ на стороне 0,4 кВ ТП 5-01-73	18
4 Анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73	27
5 Расчет технических и коммерческих потерь.....	37
5.1 Расчет технических потерь электроэнергии.....	37
5.2 Расчет коммерческих потерь электроэнергии.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время без использования базовых электронных счетчиков электроэнергии невозможно точно отслеживать ее потребление. Эти счетчики, а точнее, целые системы по учету коммерческого потребления энергоресурсов, и, в частности, электроэнергии, в сочетании с другими устройствами и каналами связи, будут давать ощутимый результат анализа для принятия решений. Только так можно обеспечить наиболее точный коммерческий учет электроэнергии и выявление случаев хищения электричества.

Хищения электроэнергии часто приводят к серьезным финансовым потерям, особенно в сетях 0,4 кВ. Чаще всего бытовые потребители, особенно в частных домах, становятся причиной хищений, но также имеются случаи промышленных и коммерческих предприятий, в том числе мелких, которые также замешаны в этом. Зимой количество хищений электроэнергии увеличивается из-за повышенного потребления на отопление зданий.

Внедрение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии на различных объектах, включая сельскую местность, имеет большое значение, поскольку это позволяет в реальном времени собирать данные с измерительных устройств у абонентов. Это помогает считывать показания более эффективно и использовать систему на различных объектах.

Потери электроэнергии из-за несанкционированного использования являются значительным финансовым убытком для сетевых компаний, затрудняющим их инвестиции в другие проекты в области электроэнергетики.

Снижение коммерческих потерь электроэнергии – сложная задача, требующая проведения конкретных измерений на основе изучения энергетики и выявления причин потерь.

Объект исследования – сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС.

Предмет исследования – потери электроэнергии, структура и показания АИИСКУЭ.

Целью бакалаврской работы является анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС.

Задачами ВКР выступают:

- дать характеристику объекта и структуру АИИСКУЭ;
- сделать анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73, анализа динамики этих величин;
- произвести расчеты потерь мощности и энергии.

Практическая значимость исследований будет обусловлена тем, что предложенные методики расчета и анализа динамики потребления электроэнергии и потерь электроэнергии могут быть полезны для разработки мероприятий по экономии электроэнергии и снижения потерь в сетях аналогичной конфигурации.

1 Теоретическая часть

1.1 Общие сведения

При передаче электрической энергии через сеть возникают неминуемые потери, которые приводят к уменьшению количества доступной энергии для конечных пользователей. Эти потери определяются как разница между поступающей в сеть энергией и тем, что реально используется потребителями. Важно, чтобы участники системы энергоснабжения понимали и оплачивали эти потери, учитывая их в общей стоимости электроэнергии на розничном рынке. В случае обнаружения несоответствий, необходимо производить корректировки, чтобы обеспечить справедливое распределение затрат на потери электроэнергии.

Корень проблемы заключается в потере маркетинговой силы, что приводит к ошибкам в переложении всей финансовой ответственности за энергетический ущерб на компании этой группы. Эти компании несут убытки, вызванные передачей электроэнергии по сети сетевой организацией, владельцами которой являются потребители, кроме производителей электроэнергии. Согласно договору, они обязаны оплатить эти убытки, за исключением потерь, включенных в цену на электрическую энергию, чтобы избежать двойного учета. Важно понимать, что причины возникновения убытков и их возможность обнаружения и устранения не зависят только от компаний, а также от других факторов (рисунок 1.1).

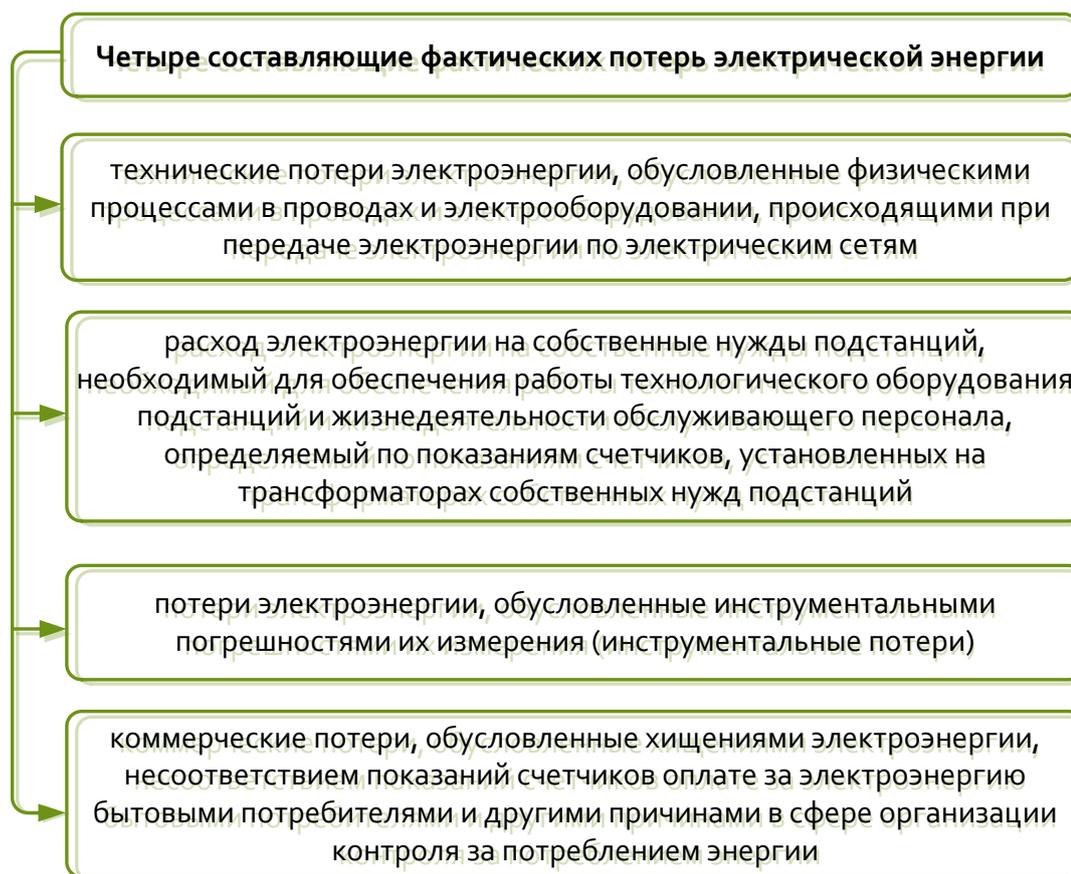


Рисунок 1.1 – Составляющие потерь

Особенности технических и коммерческих потерь представлены на рисунке 1.2 [29, 31].

Отсутствие прямого взаимодействия между потребителями и группой электроэнергетических компаний, недостаточность средств и неспособность увеличить штат сотрудников для контроля за электроэнергией приводят к снижению мощности электроэнергии. Между тем, специалисты испытывают сложности в полной мере из-за неполноценности нормативно-правовой базы и несовершенства законов.

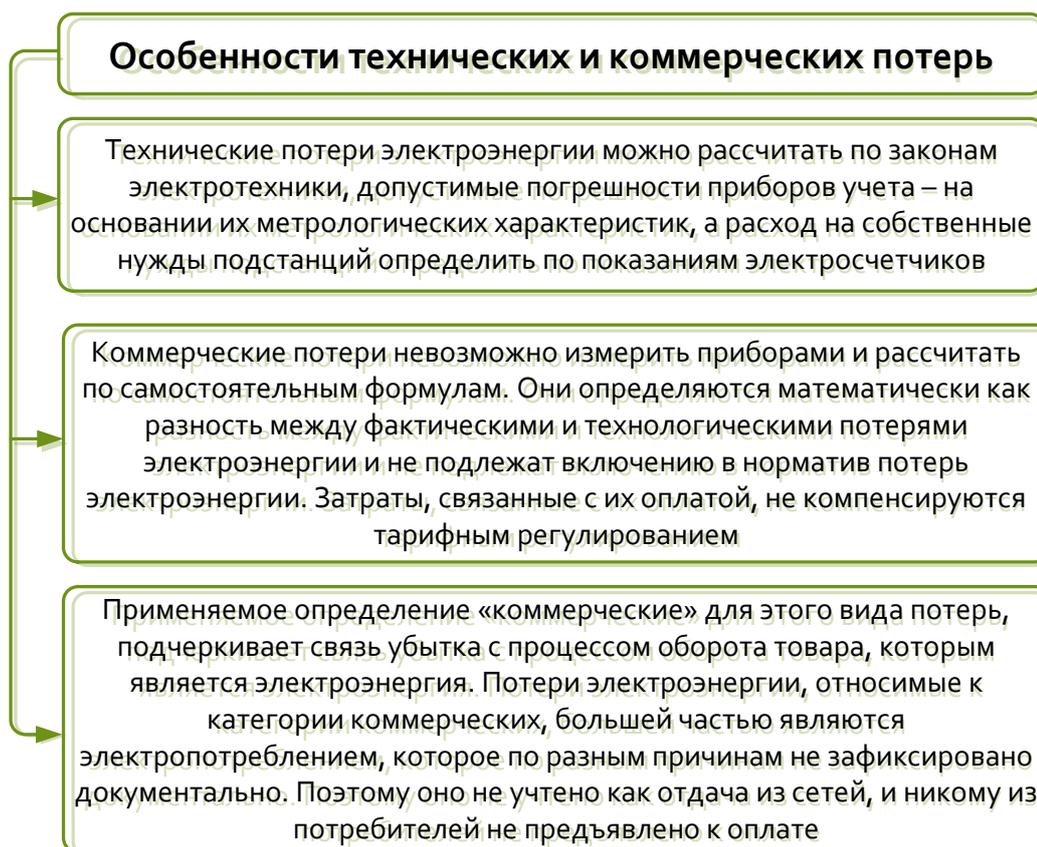


Рисунок 1.2 – Особенности потерь

1.2 Причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии

Составляющие причин возникновения коммерческих потерь – рис. 1.3.

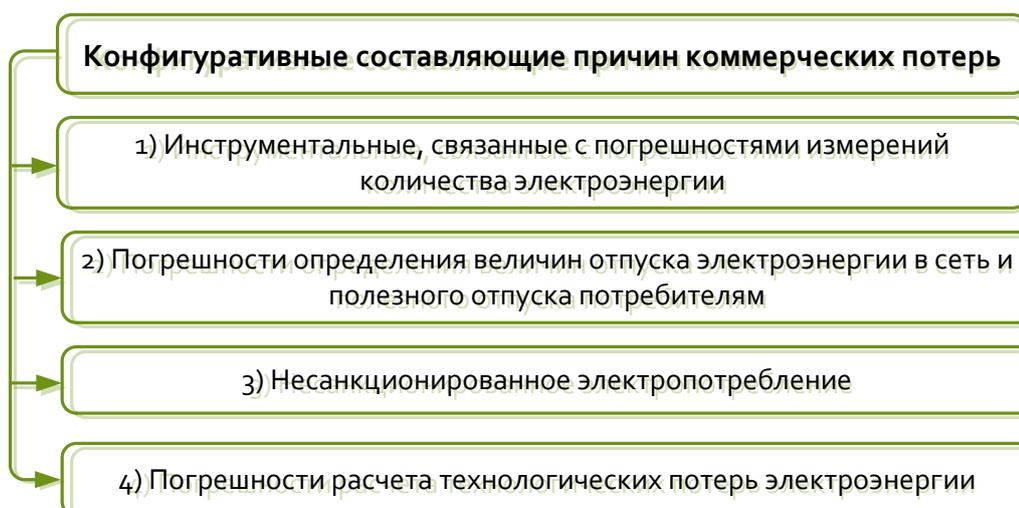


Рисунок 1.3 – Составляющие причин

Приборы учета и их работа в реальных условиях влияют на величину вспомогательной погрешности при использовании электроэнергии для измерения основных электрических величин (мощности, токов, электрической энергии в киловаттах), рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Природа появления коммерческих потерь в результате влияния инструментальных погрешностей

Факторы, представленные на рисунке 1.5, являются основными и также играют важную роль в этом процессе. Часто же нежелание передавать показания счетчиков, которые уже неисправны или их срок поверки истек, становится причиной возникновения указанных проблем [7].

1.3 Мероприятия по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях

Для определения объемов финансирования и сроков реализации необходимо разрабатывать и утверждать схемы развития электрических сетей на расчетный период, что обеспечит объективный выбор мероприятий по снижению потерь электрической энергии.

При анализе вопросов, связанных с разработкой схем развития, принимаются соответствующие решения, которые представлены на рисунке 1.6 [2–5].

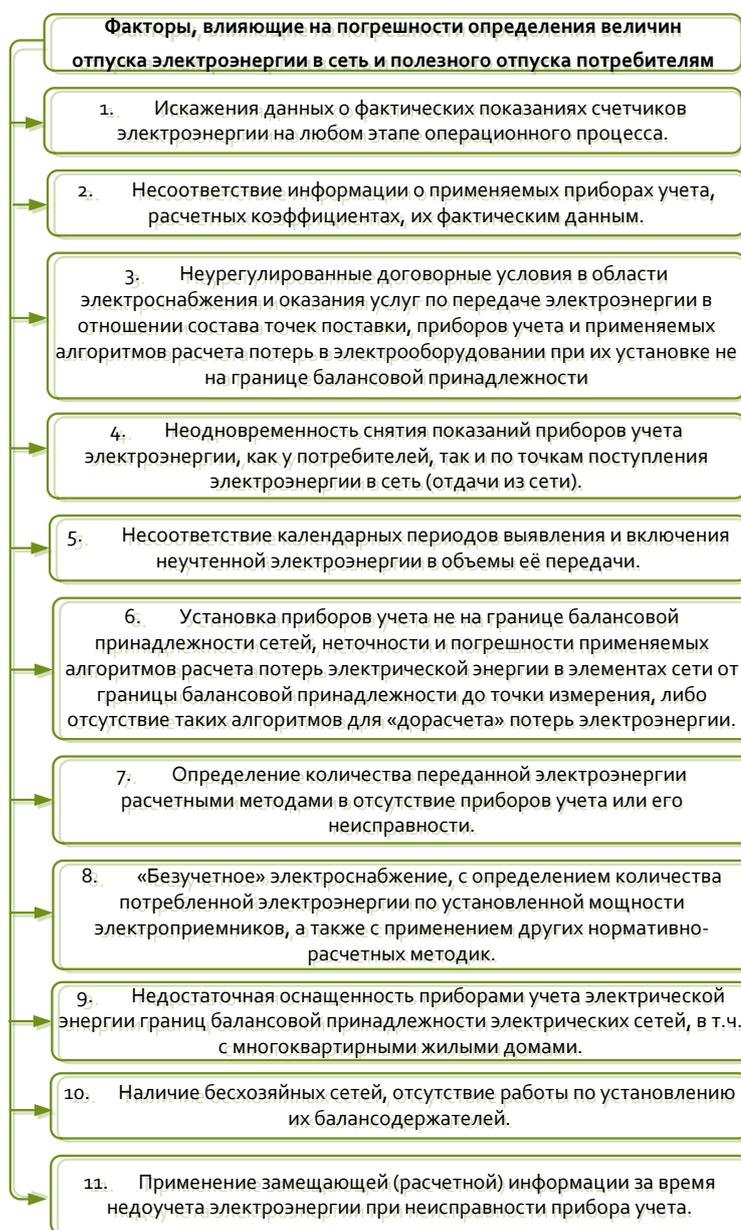


Рисунок 1.5 – Факторы, влияющие на погрешности



Рисунок 1.6 – Факторы, учитываемые при разработке схем развития

2 Характеристика объекта

Рассмотрим подробнее конфигурацию электрической сети (поопорную схему ВЛ-0,4 кВ от ТП 5-01-73) по состоянию на 2019-2022 гг., а также на 2023 г., когда были подключены новые потребители к линиям Л-1 и Л-2. Линии Л-3 и Л-4 остались без изменений. Это обстоятельство, а также внедрение АИИСКУЭ будет служить хорошим индикатором для анализа динамики потерь электроэнергии в данных электрических сетях напряжением 0,4 кВ.

Данную подстанцию питает ВЛ-10 кВ. Подключение рассматриваемой ТП 5-01-73 можно охарактеризовать следующей цепочкой питания: от НН 10 кВ ПС 35 кВ Енисейская – ВЛ 10 кВ ф.5-01 с.Большая Иня, Малая Иня – КТП 5-01-73 – ВЛ 0,4 кВ Л1 ТП 5-01-73.

Для создания видимого разрыва, отключения с целью проведения ремонтных работ установлен разъединитель типа РЛНДЗ-10/400 с заземляющими ножами. Для ограничения перенапряжений на подстанции установлен ОПН-РВ-10/12,6/5/150УХЛ1. Для защиты от КЗ и перегрузок со стороны высокого напряжения установлен предохранитель плавкий типа ПТ 1,1-10-31,5УХЛ1.

В качестве устройства, обеспечивающего понижение напряжения с 10 кВ до 0,4 кВ, используется трехфазный трансформатор с масляным охлаждением типа ТМ-160/10-0,4 кВ. Конструкция негерметичных трансформаторов отличается от конструкции герметичных наличием расширительного бака.

Для защиты от КЗ и перегрузок со стороны высокого напряжения установлены автоматические воздушные выключатели: на вводе – ВА-5735 на 250 А, на 4-х отходящих линиях – ВА-5735 на токи 80-100 А. В качестве самих отходящих линий используются ВЛИ типа СИП-2, контактными соединениями которых с ТП служат зажимы автоматов. Для питания проводов ЛЭП, выполненных СИП, служат кабельные вставки небольшой длины 10-15 метров типа АВВГ и сечением 50 мм².

Старые сети по состоянию на 2022 год были проложены голыми про-

водами А-35 сечением 35 мм² (линии Л-1 и Л-2), линии Л-3 и Л-4 были выполнены алюминиевыми проводами марки А и сечением 50 мм² (рисунок 2.1). Не все линии были выполнены с применением железобетонных опор, большая часть из них были деревянные.

В старых сетях протяженность линий следующая:

Л-1: L = 1,090 км;

Л-2: L = 1,604 км;

Л-3: L = 0,302 км;

Л-4: L = 1,103 км.

всего опор 110 шт., опоры деревянные на ж/б приставках.

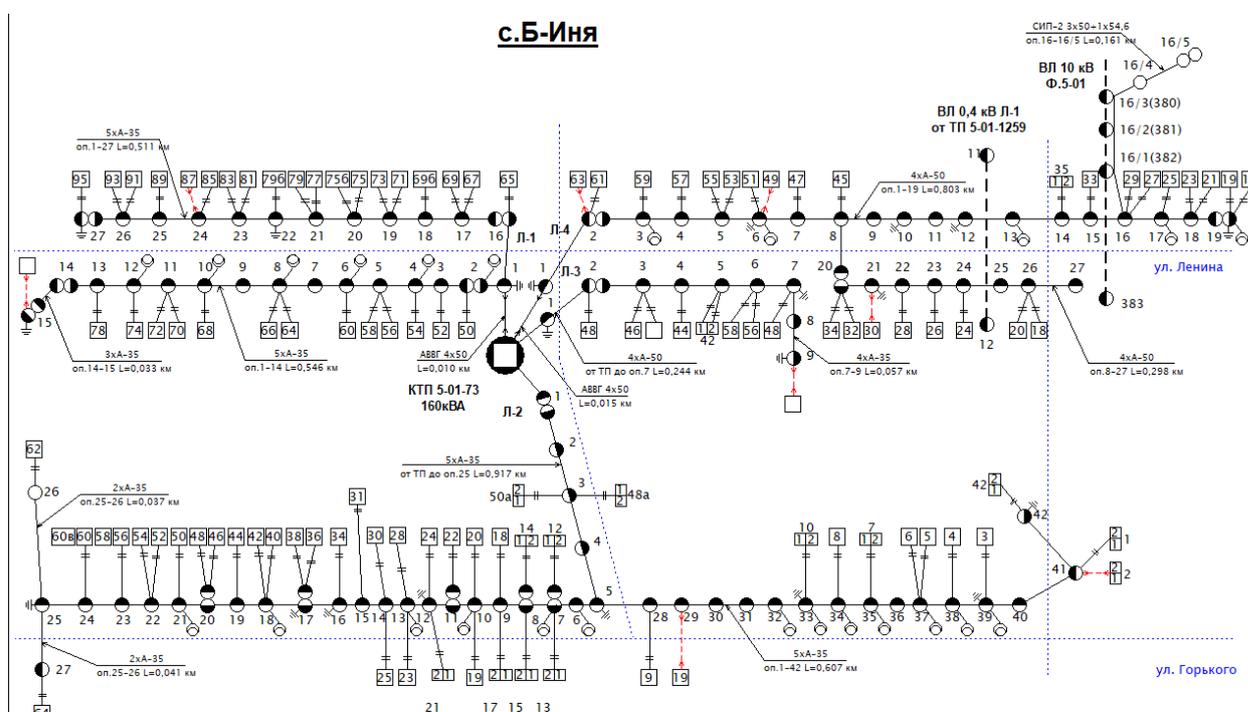


Рисунок 2.1 – Поопорная схема ВЛ-0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС по состоянию на 2022 год (старая схема)

Новые сети проложены проводами СИП-2 сечением 95 мм² (линии Л-1 и Л-2), в то время как линии Л-3 и Л-4 выполнены алюминиевыми проводами марки А-50 и сечением 50 мм² (рисунок 2.2). Все линии выполнены с применением деревянных опор на ж/б приставках.

В новых сетях протяженность линий следующая:

Л-1: $L = 1,090$ км;

Л-2: $L = 1,604$ км;

Л-3: $L = 0,302$ км;

Л-4: $L = 1,103$ км.

всего опор 116 шт., из них 75 шт. пропитанных деревянных опор без ж/б приставки и 41 шт. деревянных опор на ж/б приставках.

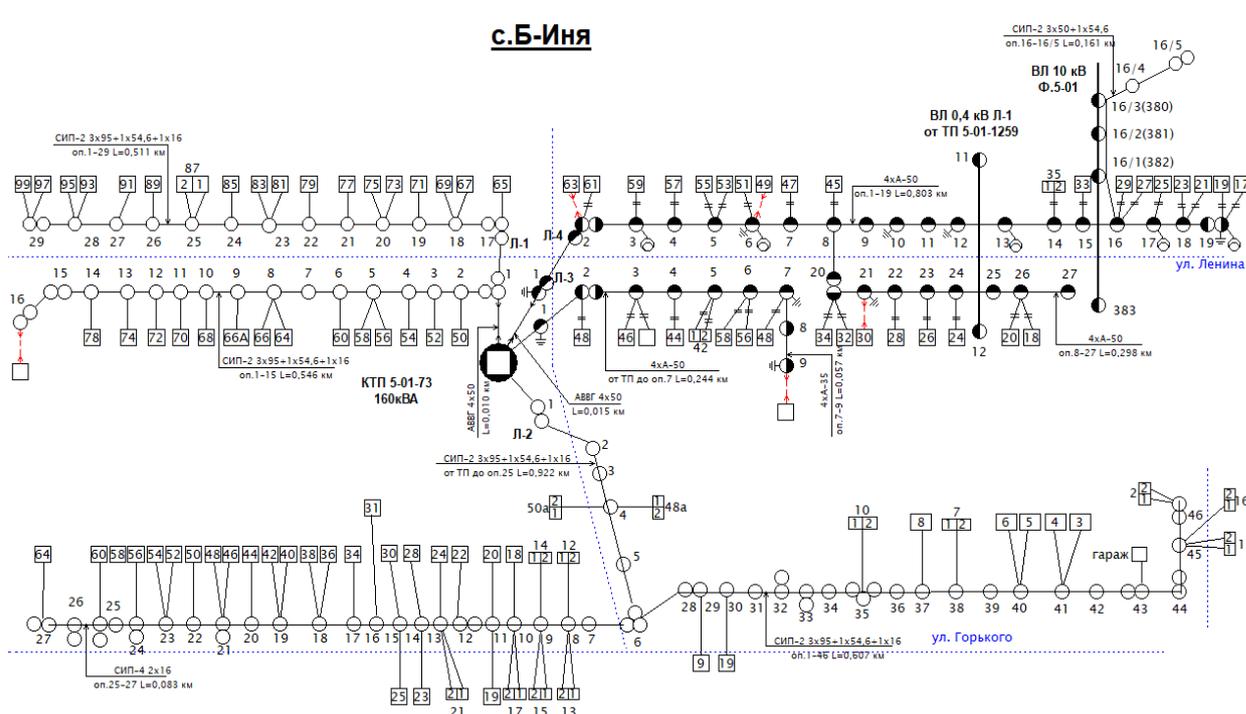


Рисунок 2.2 – Поопорная схема ВЛ-0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС по состоянию на 2023 год (новая схема)

Используя эти схемы, а также данные показаний электросчетчиков до установки АИИСКУЭ и после ее установки, появляется возможность оценки потерь электроэнергии и изменения нагрузок в сети 0,4 кВ в динамике.

3 Структура АИИСКУЭ на стороне 0,4 кВ ТП 5-01-73

АИИСКУЭ внедрено у потребителей сети 0,4 кВ на ТП 5-01-73 в с. Большая Иня в 2020 году.

Для однофазных потребителей в системе АИИСКУЭ используются счетчики типа РИМ 189.12 220В 5-80А (рисунок 3.1). Технические характеристики его представлены в источнике [24].



Рисунок 3.1 – Счетчик электроэнергии РИМ 189.12 220В 5-80А

Для трехфазных потребителей в системе АИИСКУЭ используются счетчики типа РИМ 489.18 380В 5-100А (рисунок 3.2). Технические характеристики его представлены в источнике [25].



Рисунок 3.2 – Счетчик электроэнергии РИМ 489.18 380В 5-100А

Указанные счетчики предназначены для многотарифного коммерческого и технического учета активной и реактивной электроэнергии в трехфазных электрических сетях переменного тока промышленной частоты и контроля качества напряжения сети и частоты в частном секторе.

Рассмотрим схемы подключения счетчиков (рисунки 3.3-3.4) [24, 28]. На схема под буквами Г и Н подразумеваются источник питания и потребитель соответственно.

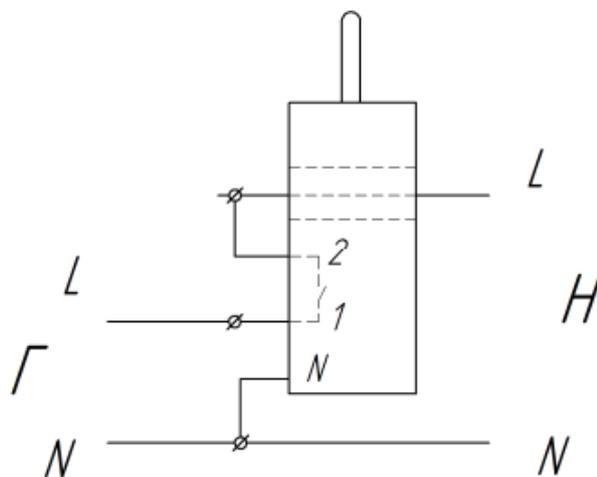


Рисунок 3.3 – Схема подключения счетчика РИМ 189.12 220В 5-80А

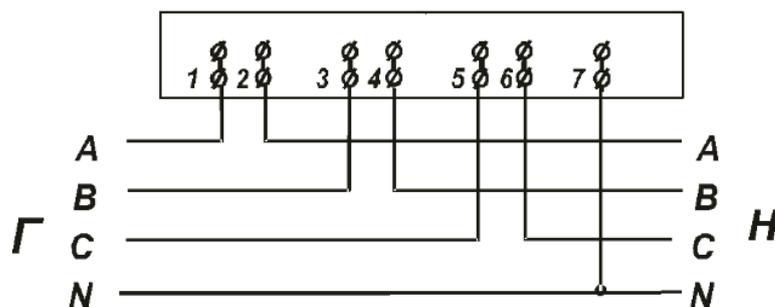


Рисунок 3.4 – Схема подключения счетчика РИМ 489.18 380В 5-100А

В составе АИИСКУЭ рассмотренные счетчики используются широко, а передача данных осуществляется по интерфейсу RS-485 [26, 27].

Функциональные блоки структуры типовой АИИСКУЭ РиМ представлены на рисунке 3.5, куда входят программно-технические комплексы (ПТК), конвертеры, концентраторы, мосты, ретрансляторы, а также трансформаторы тока и счетчики электроэнергии типов РИМ 189.12, РИМ 489.18 [26].

Сервер или главный компьютер ПТК осуществляет формирование и выгрузку макетов и отчетов на основе сбора данных и автоматизированного расчета отпущенной электроэнергии, а также величин небалансов и потерь. Концентраторы, мосты служат узлами связи между счетчиками и центром сбора данных. Ретрансляторы выполняют функции обеспечения обмена данными счетчиков, накопление и хранение данных о маршрутах, потребленной электроэнергии и журналов работы устройств и счётчиков, а также конфигурирование каналов связи. Пример схемы взаимодействия данных устройств отображен на рисунке 3.6.

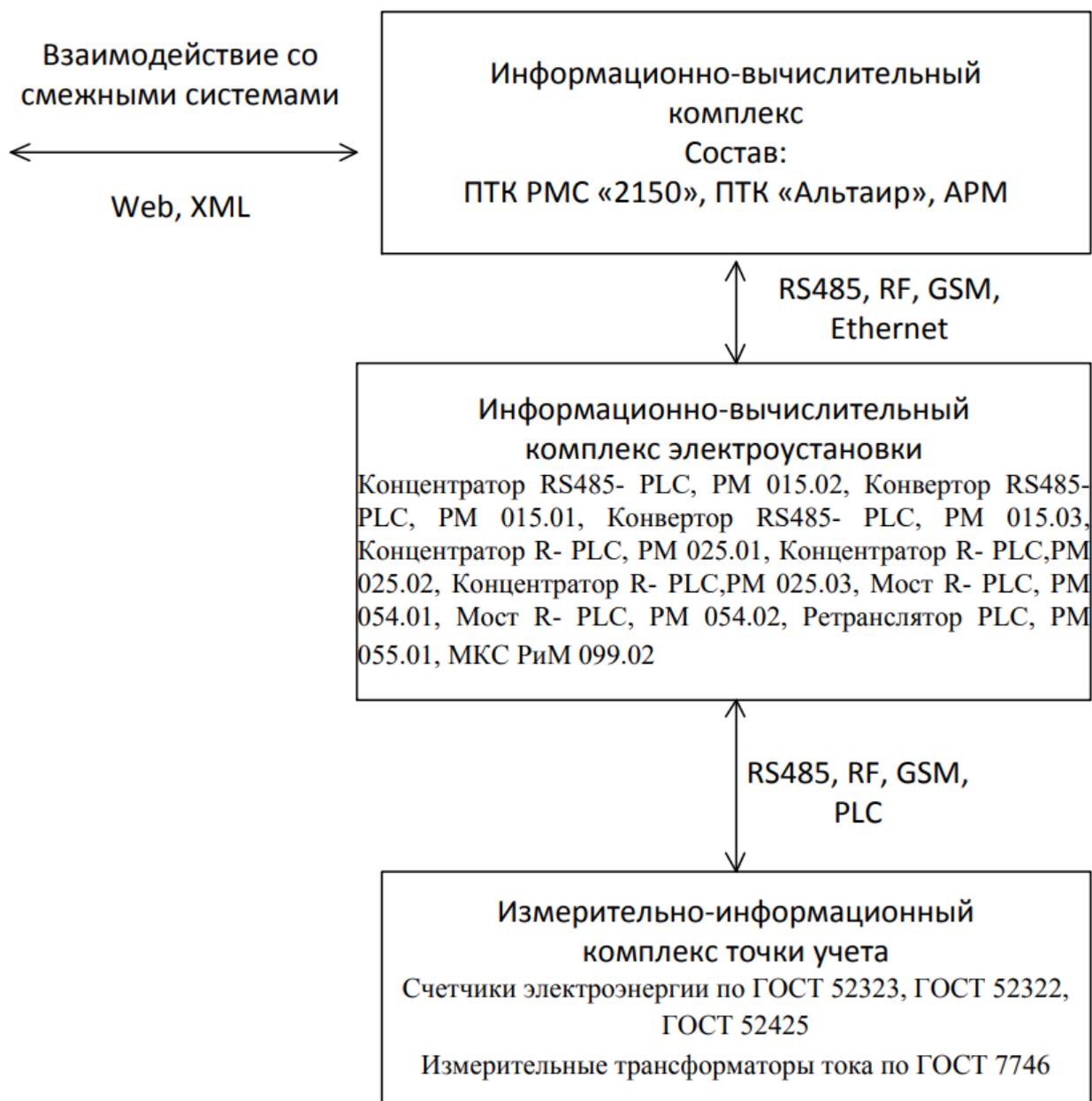


Рисунок 3.5 – Функциональные блоки структуры типовой АИИСКУЭ РИМ

Согласно рисункам 2.1-2.2 укажем информацию о местах установки счетчиков, которая может быть использована в дальнейшем для расчетов нагрузки, коммерческих и технических потерь электроэнергии (таблицы 3.1-3.2).

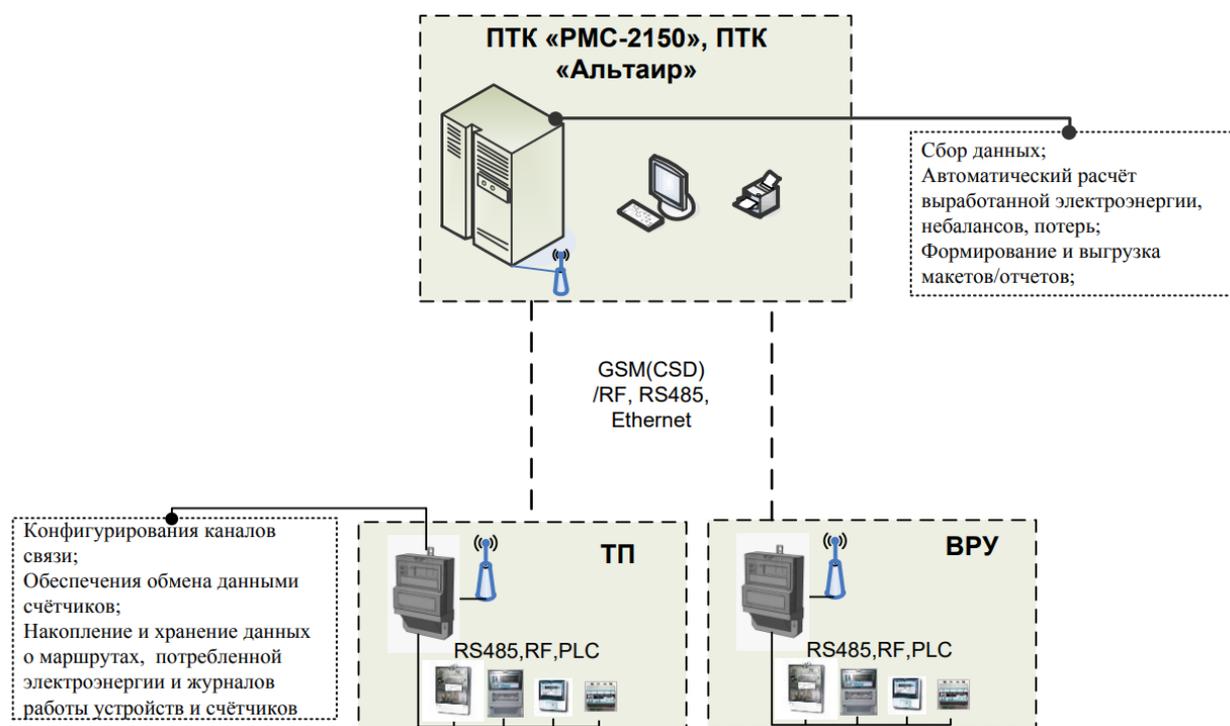


Рисунок 3.6 – Схема взаимодействия элементов АИИСКУЭ РИМ

Таблица 3.1 – Места установки счетчиков на стороне 0,4 кВ КТП 5-01-73 (160 кВА) для схемы по состоянию на 2022 год

Место установки (узел, опора)	Наименование объекта	Счетчик, тип
1	2	3
Линия Л-1	,	
оп.2 – дом 50	Дом №50, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 52	Дом №52, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 54	Дом №54, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дом 60	Дом №60, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дом 64,66	Дома №64,66, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.10 – дом 68	Дом №68, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.11 – дома 70,72	Дома №70,72, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.12 – дом 74	Дом №74, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.13 – дом 78	Дом №78, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.15 – магазин	Магазин, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 489.18 380В 5-100А
оп.16 – дом 65	Дом №65, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.17 – дома 67,69	Дома №67,69, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.18 – дом 69б	Дом №69б, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дома 71,73	Дома №71,73, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дома 75,75б	Дома №75,75б, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дома 77,79	Дома №77,79, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дом 79б	Дом №79б, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
оп.23 – дома 81,83	Дома №81,83, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дома 85,87	Дома №85,87, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.25 – дом 89	Дом №89, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дома 91,93	Дома №91,93, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дом 95	Дом №95, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
Линия Л-2		
оп.3 – дома 48а,50а	Дома №48а,50а, ул. Мира, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.7 – дома 12,13	Дома №12,13, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дома 14,15	Дома №14,15, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.9 – дома 17,18	Дома №17,18, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.10 – дома 19,20	Дома №19,20, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.11 – дом 22	Дом №22, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.12 – дома 21,24	Дома №21,24, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.13 – дома 23,28	Дома №23,28, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.14 – дома 25,30	Дома №25,30, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.15 – дом 31	Дом №31, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.16 – дом 34	Дом №34, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.17 – дома 36,38	Дома №36,38, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.18 – дома 40,42	Дома №40,42, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дом 44	Дом №44, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дома 46,48	Дома №46,48, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дом 50	Дом №50, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дома 52,54	Дома №52,54, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.23 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дома 60,60в	Дома №60,60в, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дом 62	Дом №62, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дом 64	Дом №64, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.28 – дом 9	Дом №9, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.29 – дом 19	Дом №19, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.33 – дом 10	Дом №10, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.34 – дом 8	Дом №8, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.35 – дом 7	Дом №7, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.37 – дома 5,6	Дома №5,6, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.38 – дом 4	Дом №4, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.39 – дом 3	Дом №3, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.41 – дома 1,2	Дома №1,2, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.42 – дом 42	Дом №42, ул. Мира, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
Линия Л-3		
оп.2 – дом 48	Дом №48, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 46	Дом №46, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 44	Дом №44, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дом 42	Дом №42, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.7 – дом 48	Дом №48, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.9 – магазин	Магазин, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 489.18 380В 5-100А

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
Линия Л-4		
оп.2 – дома 61,63	Дома №61,63, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 59	Дом №59, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 57	Дом №57, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дома 53,55	Дома №53,55, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дома 49,51	Дома №49,51, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.7 – дом 47	Дом №47, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дом 45	Дом №45, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.14 – дом 35	Дом №35, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.15 – дом 33	Дом №33, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.16 – дома 27,29	Дома №27,29, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.17 – дом 25	Дом №25, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.18 – дома 21,23	Дома №21,23, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дома 17,19	Дома №17,19, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дома 32,34	Дома №32,34, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дом 30	Дом №30, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дом 28	Дом №28, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.23 – дом 26	Дом №26, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дом 24	Дом №24, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дома 18,20	Дома №18,20, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дом 16	Дом №16, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А

Таблица 3.2 – Места установки счетчиков на стороне 0,4 кВ КТП 5-01-73 (160 кВА) для схемы по состоянию на 2023 год

Место установки (узел, опора)	Наименование объекта	Счетчик, тип
1	2	3
Линия Л-1	,	
оп.2 – дом 50	Дом №50, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 52	Дом №52, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 54	Дом №54, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дом 60	Дом №60, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дом 64,66	Дома №64,66, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.9 – дом 66а	Дома №66а, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.10 – дом 68	Дом №68, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.11 – дом 70	Дом №70, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.12 – дом 72	Дом №72, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.13 – дом 74	Дом №74, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.14 – дом 78	Дом №74, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.16 – магазин	Магазин, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 489.18 380В 5-100А
оп.17 – дом 65	Дом №65, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
оп.18 – дома 67,69	Дома №67,69, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дом 71	Дом №71, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дома 73,75	Дома №73,75, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дома 77	Дома №77,79, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дом 79	Дом №79, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.23 – дома 81,83	Дома №81,83, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дом 85	Дом №85, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.25 – дом 87	Дом №87, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дом 89	Дом №89, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дома 91	Дома №91, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.28 – дома 93,95	Дома №93,95, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.29 – дома 97,99	Дома №93,95, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
Линия Л-2		
оп.4 – дома 48а,50а	Дома №48а,50а, ул. Мира, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дома 12,13	Дома №12,13, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.9 – дома 14,15	Дома №14,15, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.10 – дома 17,18	Дома №17,18, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.11 – дома 19,20	Дома №19,20, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.12 – дом 22	Дом №22, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.13 – дома 21,24	Дома №21,24, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.14 – дома 23,28	Дома №23,28, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.15 – дома 25,30	Дома №25,30, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.16 – дом 31	Дом №31, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.17 – дом 34	Дом №34, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.18 – дома 36,38	Дома №36,38, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дома 40,42	Дома №40,42, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дом 44	Дом №44, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дома 46,48	Дома №46,48, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дом 50	Дом №50, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.23 – дома 52,54	Дома №52,54, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.25 – дом 60	Дом №60, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дом 62	Дом №62, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дом 64	Дом №64, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.29 – дом 9	Дом №9, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.30 – дом 19	Дом №19, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.35 – дом 10	Дом №10, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.37 – дом 8	Дом №8, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.38 – дом 7	Дом №7, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.40 – дома 5,6	Дома №5,6, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.41 – дома 3,4	Дома №3,4, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.43 – гараж	гараж, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.45 – дом 1	Дом №1, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.46 – дома 2,16	Дома №2,16, ул. Горького, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
Линия Л-3		
оп.2 – дом 48	Дом №48, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 46	Дом №46, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 44	Дом №44, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дом 42	Дом №42, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дома 56,58	Дома №56,58, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.7 – дом 48	Дом №48, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.9 – магазин	Магазин, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 489.18 380В 5-100А
Линия Л-4		
оп.2 – дома 61,63	Дома №61,63, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.3 – дом 59	Дом №59, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.4 – дом 57	Дом №57, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.5 – дома 53,55	Дома №53,55, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.6 – дома 49,51	Дома №49,51, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.7 – дом 47	Дом №47, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.8 – дом 45	Дом №45, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.14 – дом 35	Дом №35, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.15 – дом 33	Дом №33, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.16 – дома 27,29	Дома №27,29, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.17 – дом 25	Дом №25, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.18 – дома 21,23	Дома №21,23, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.19 – дома 17,19	Дома №17,19, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.20 – дома 32,34	Дома №32,34, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.21 – дом 30	Дом №30, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.22 – дом 28	Дом №28, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.23 – дом 26	Дом №26, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.24 – дом 24	Дом №24, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.26 – дома 18,20	Дома №18,20, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А
оп.27 – дом 16	Дом №16, ул. Ленина, с. Б. Иня	РИМ 189.12 220В 5-80А

Схемы по составу потребителей достаточно похожи, однако расчет нагрузок будет разный, а также старые линии Л-1 и Л-2, как указывалось, были проложены с помощью голых алюминиевых проводов марки А, потери в которых будут выше, чем в новых СИП. Этот расчет в дальнейшем покажет, какие потери мощности и электроэнергии присутствовали в четырех рассматриваемых линиях в 2022-2023 гг.

4 Анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73

Анализ потребления электроэнергии и потерь по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 с. Большая Иня произведем за пять лет (2019-2023 гг.). Это позволит определить основные составляющие баланса электроэнергии по результатам анализа потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73 в разрезе каждого месяца, чтобы выявить моменты нерационального потребления электроэнергии. АИISKУЭ была установлена у потребителей сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 в 2020 году.

Таблица 4.1 – Баланс ЭЭ за 2019 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Месяц года, п/п	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
01	14465	11669	2796	19,33	99
02	12381	10259	2122	17,14	99
03	11233	9649	1584	14,1	99
04	8127	7319	808	9,95	99
05	7303	6607	697	9,54	99
06	11199	10155	1044	9,32	99
07	11599	9952	1647	14,2	99
08	10044	8510	1534	15,28	99
09	6170	5490	680	11,02	99
10	12967	10402	2565	19,78	99
11	15290	12240	3049	19,94	99
12	17330	13722	3608	20,82	99
Итого за год	138109	106275	31834	23,05	99

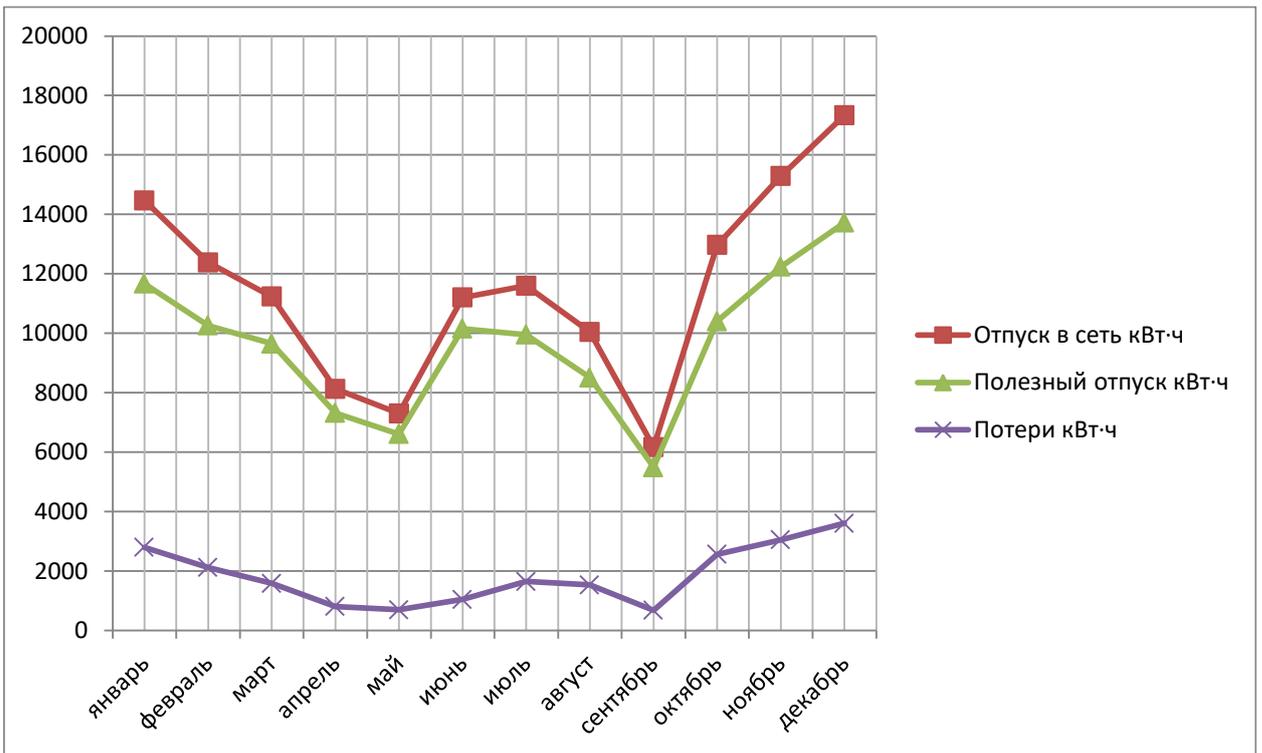


Рисунок 4.1 – Баланс ЭЭ за 2019 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

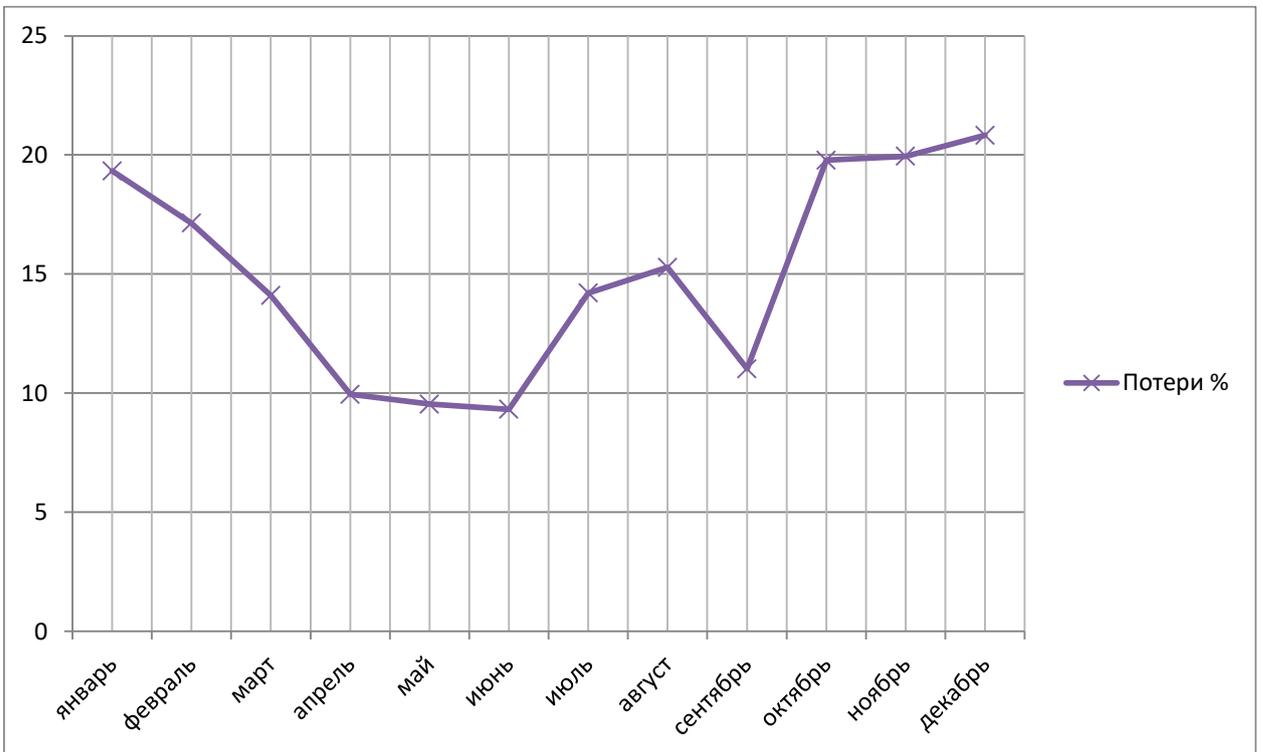


Рисунок 4.2 – Потери ЭЭ за 2019 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Рисунок 4.1 показывает, что потребление электроэнергии летом ниже, чем зимой. Это типичная закономерность.

Из рисунка 4.2 видно, что до установки АИИСКУЭ потери ЭЭ колебались в значительных пределах и составляли существенную величину от 9,32 до 23,05 %.

Таблица 4.2 – Баланс ЭЭ за 2020 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Месяц года, п/п	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
01	14216	11811	2405	16,92	107
02	13366	11753	1613	12,07	107
03	12687	11441	1246	9,82	107
04	9033	8205	828	9,16	107
05	6332	5892	440	6,94	107
06	4039	3528	511	12,65	107
07	4272	3603	669	15,67	107
08	2596	2149	447	17,23	107
09	7490	6482	1008	13,46	107
10	12201	10969	1232	10,1	107
11	14316	12480	1836	12,83	107
12	15709	14472	1237	7,88	107
Итого за год	116257	100612	15645	13,46	107

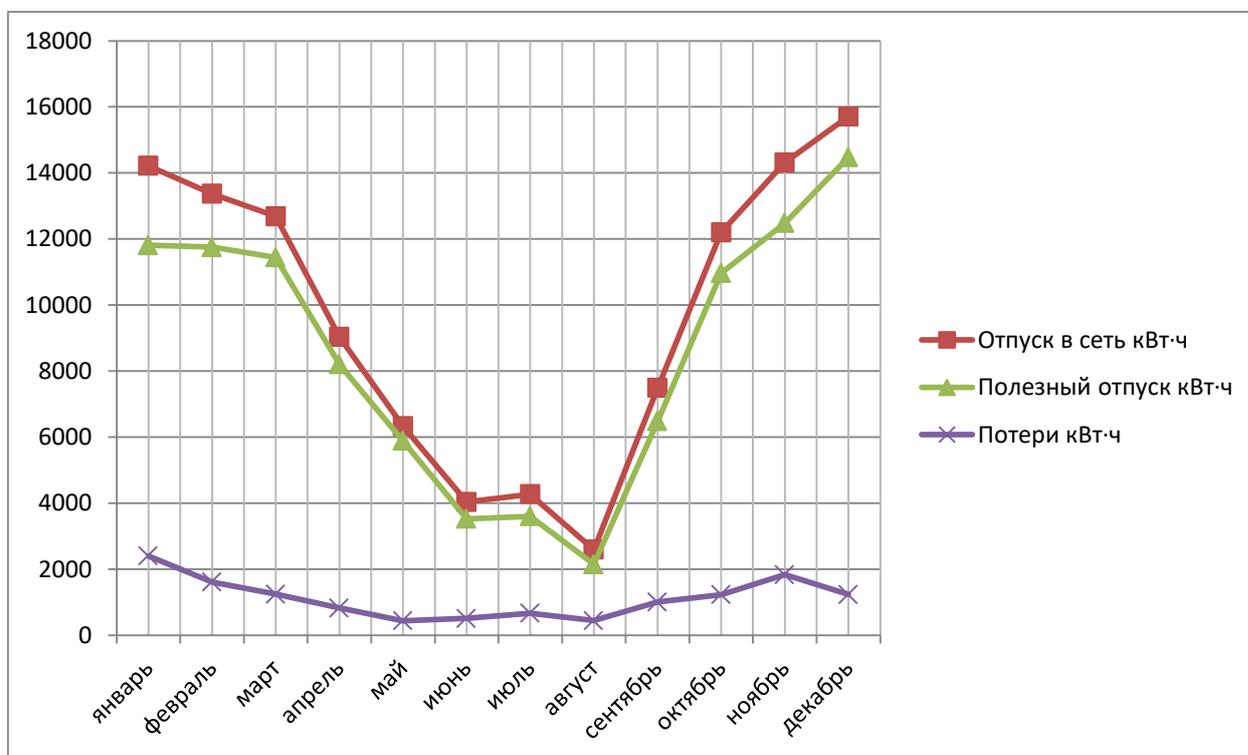


Рисунок 4.3 – Баланс ЭЭ за 2020 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

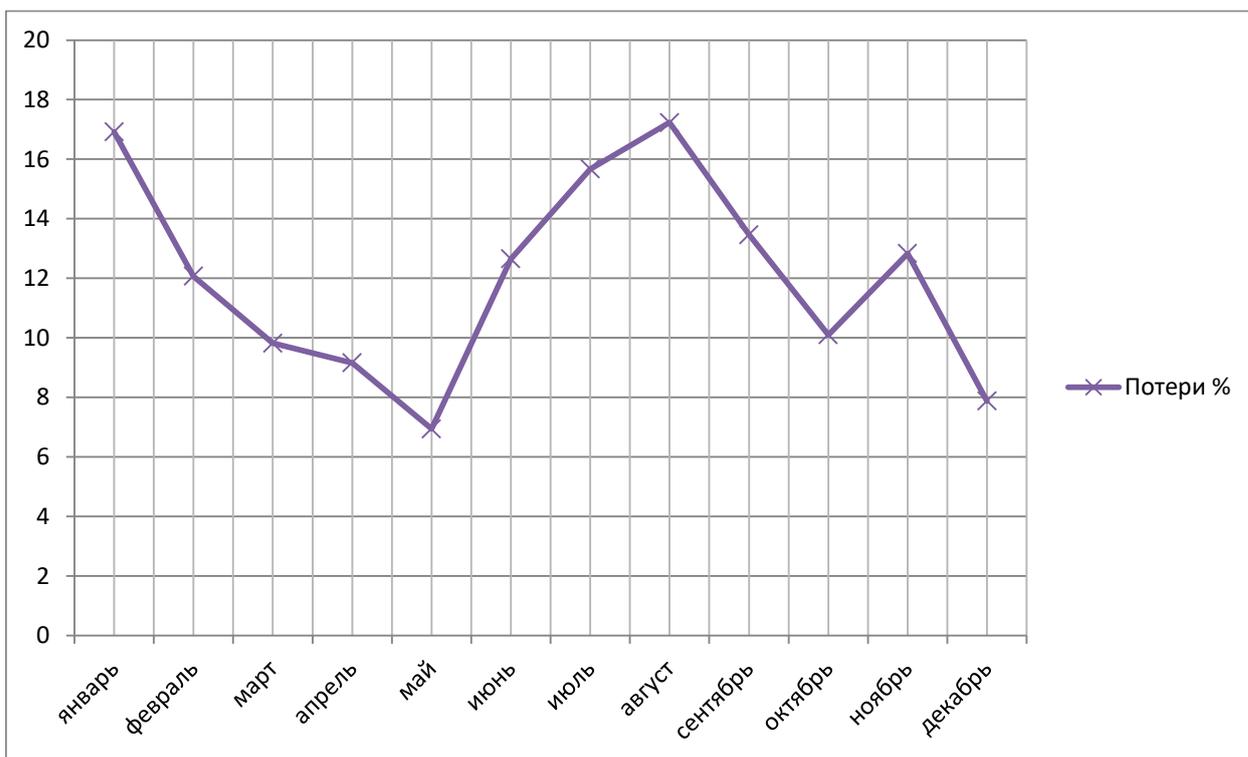


Рисунок 4.4 – Потери ЭЭ за 2020 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из рисунка 4.4 следует, что в период действия системы АИИСКУЭ потери ЭЭ в динамике менялись от 6,94 до 17,23 %.

Таблица 4.3 – Баланс ЭЭ за 2021 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Месяц года, п/п	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей шт
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
01	15369	12743	2625	17,08	112
02	13522	11703	1819	13,45	112
03	13758	12357	1402	10,19	112
04	11438	10489	950	8,3	112
05	9522	8482	1040	10,92	112
06	4495	3842	653	14,53	112
07	4636	3891	746	16,08	112
08	4872	4217	655	13,44	112
09	8215	7712	503	6,12	112
10	11859	10933	926	7,81	112
11	13601	12604	998	7,33	112
12	16351	14914	1437	8,79	112
Итого за год	127638	113238	14401	11,28	112

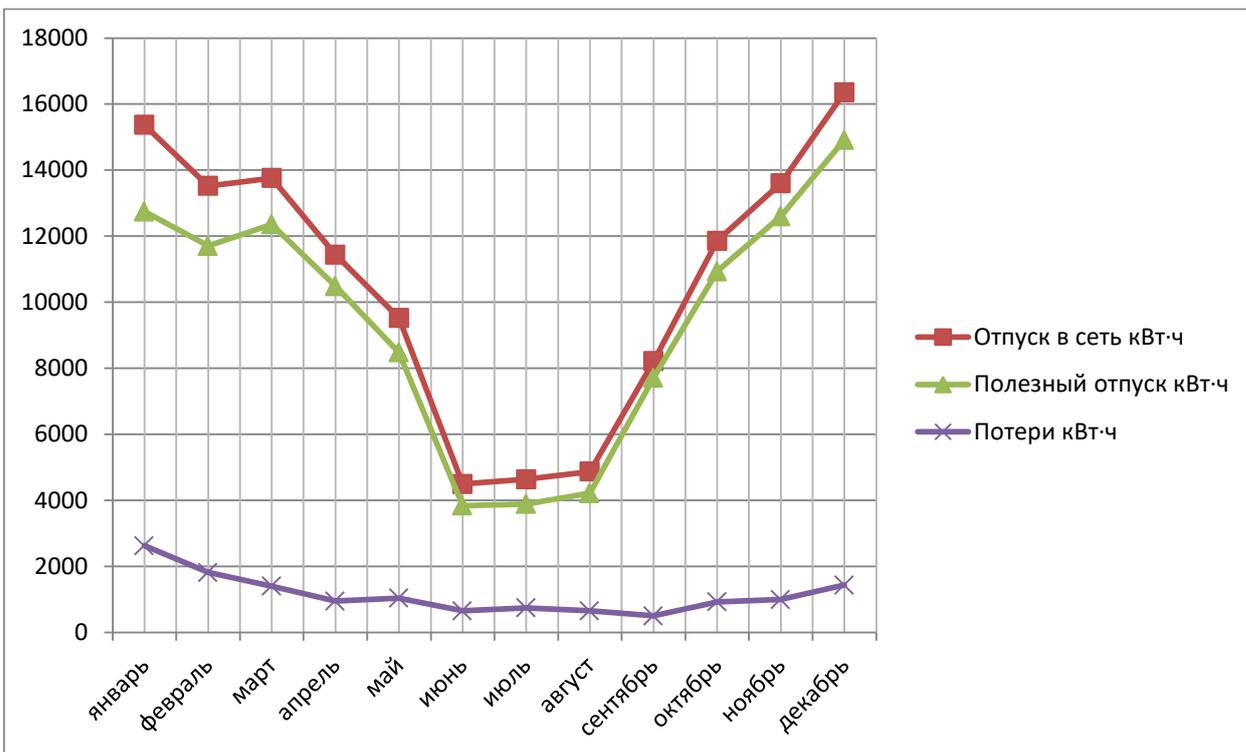


Рисунок 4.5 – Баланс ЭЭ за 2021 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

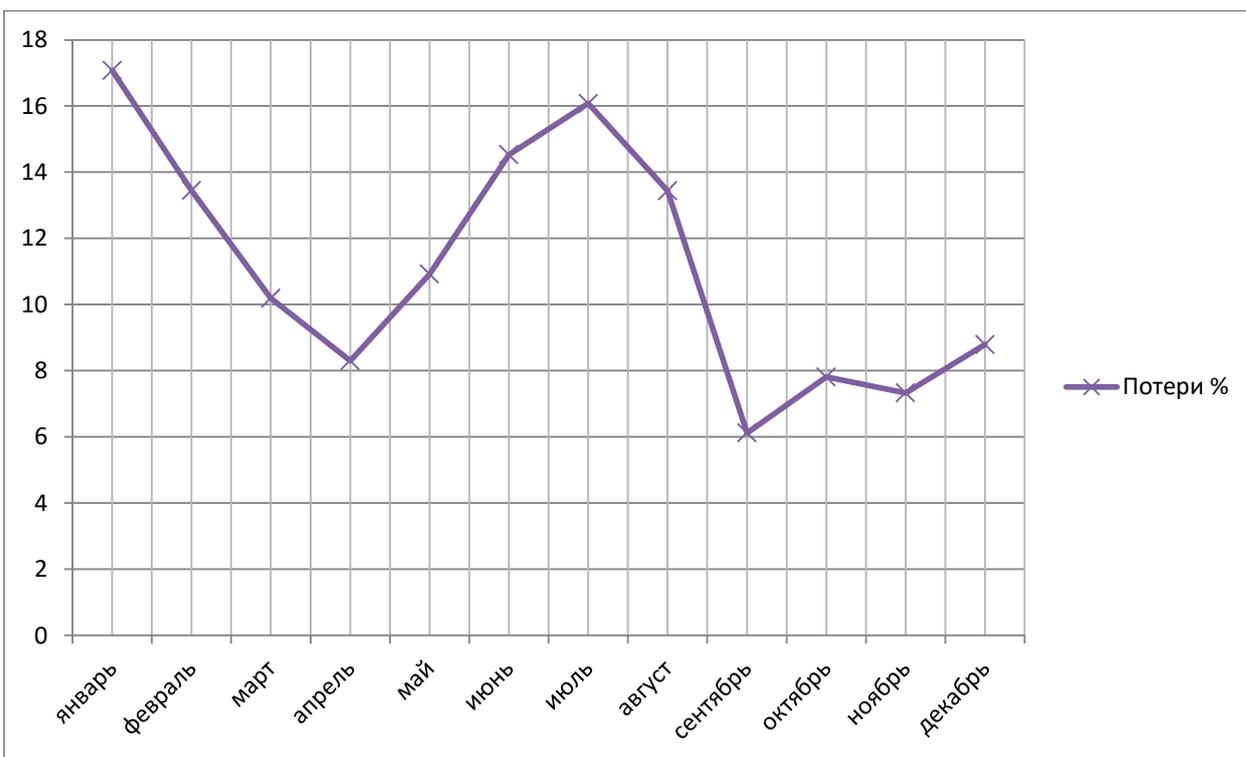


Рисунок 4.6 – Потери ЭЭ за 2021 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из рисунка 4.6 следует, что в период действия системы АИИСКУЭ потери ЭЭ в динамике менялись от 6,12 до 17,08 %, т.е. стали заметно ниже.

Таблица 4.4 – Баланс ЭЭ за 2022 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Месяц года, п/п	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
01	16353	13738	2615	15,99	114
02	14808	12805	2003	13,53	114
03	12478	10947	1530	12,26	114
04	10323	9114	1209	11,72	114
05	8818	8085	733	8,31	114
06	5513	5098	415	7,52	114
07	5989	5625	364	6,08	114
08	4213	3722	492	11,67	114
09	7821	6568	1254	16,03	114
10	13774	11894	1879	13,64	114
11	21600	18170	3430	15,88	114
12	19958	16690	3269	16,38	114
Итого за год	141648	126802	14845	10,48	114

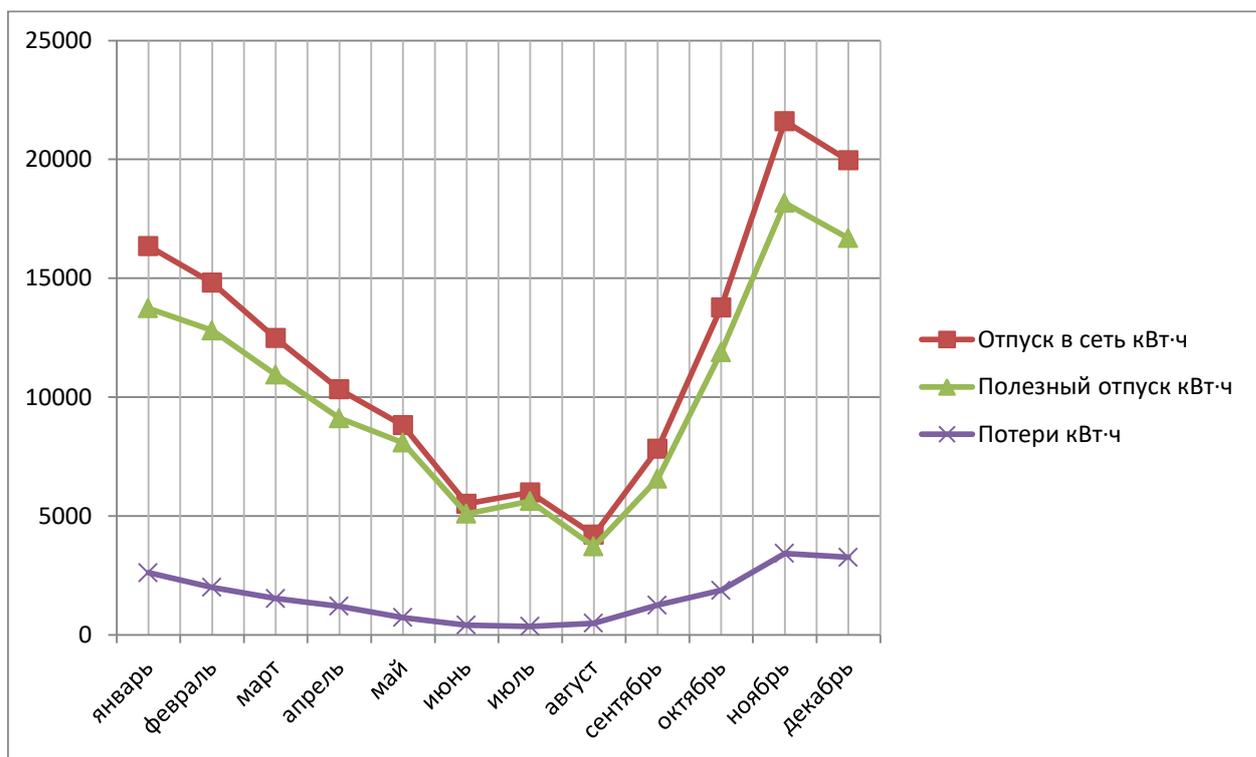


Рисунок 4.7 – Баланс ЭЭ за 2022 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

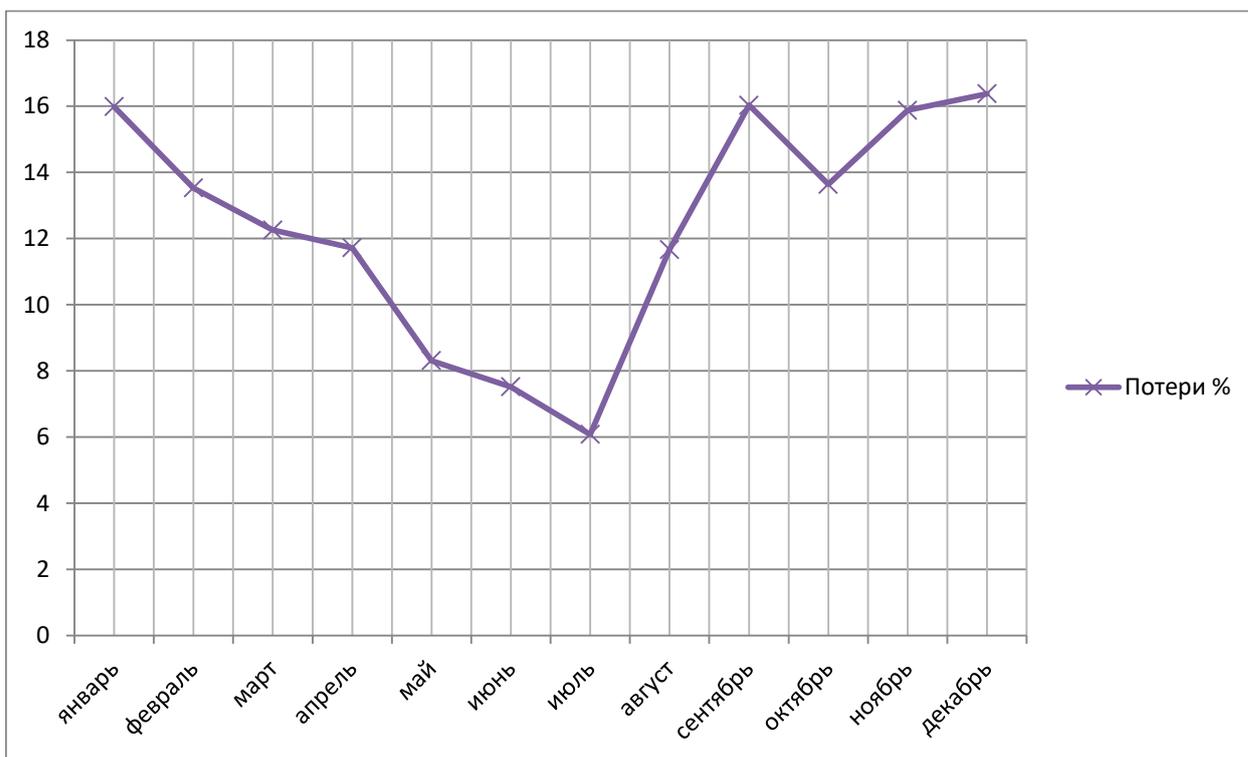


Рисунок 4.8 – Потери ЭЭ за 2022 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из рисунка 4.8 следует, что в период действия системы АИИСКУЭ потери ЭЭ в динамике менялись от 6,08 до 16,38 %, т.е. примерно на уровне 2021 года.

Таблица 4.5 – Баланс ЭЭ за 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Месяц года, п/п	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей шт
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
01	11789	10362	1427	12,1	117
02	11562	10090	1472	12,73	117
03	8842	8096	745	8,43	117
04	6296	5887	409	6,5	117
05	4691	4287	404	8,61	117
06	3466	3221	245	7,08	117
07	3235	3000	235	7,26	117
08	2170	2002	168	7,74	117
09	4344	4006	338	7,78	117
10	7371	6357	1014	13,76	117
11	11429	10307	1122	9,82	117
12	11961	10765	1196	10	117
Итого за год	87155	81907	5248	6,02	117

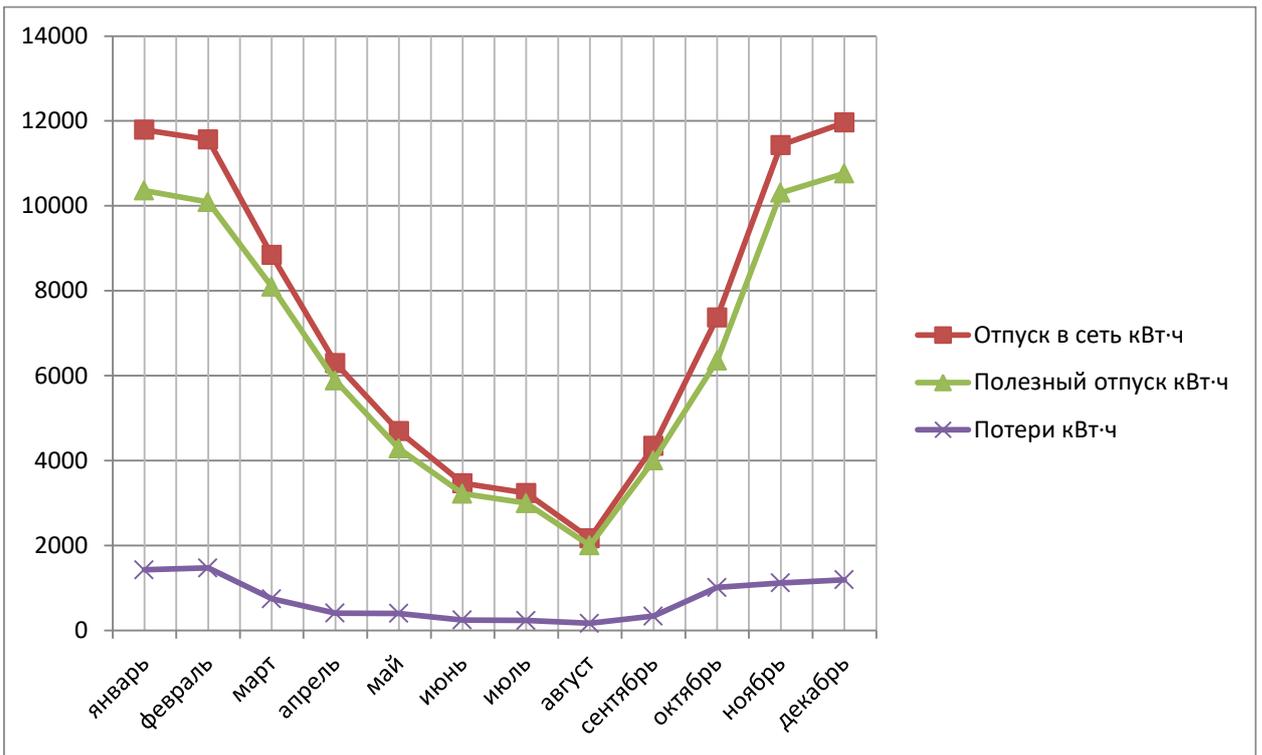


Рисунок 4.9 – Баланс ЭЭ за 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

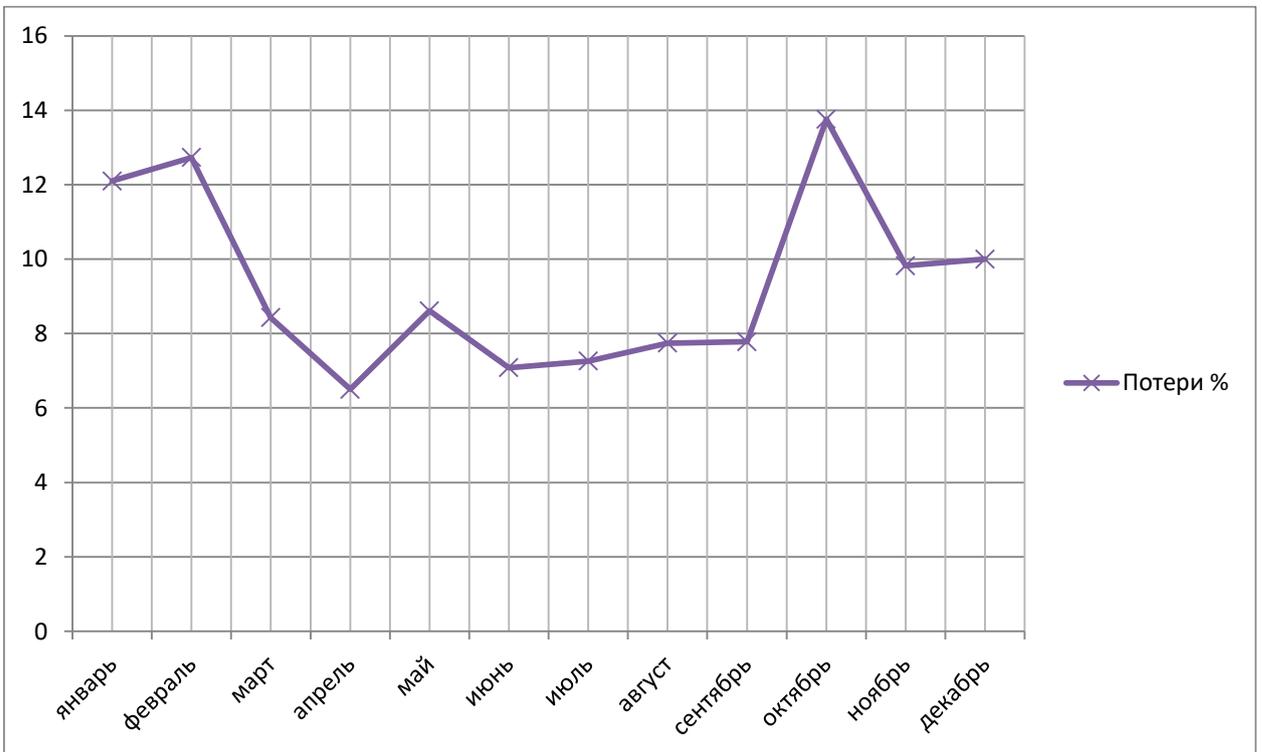


Рисунок 4.10 – Потери ЭЭ за 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из рисунка 4.10 следует, что в период действия системы АИИСКУЭ потери ЭЭ в динамике менялись от 6,02 до 13,76 %, т.е. примерно на уровне

2021-2022 гг., но очевидно, наметилась тенденция к постепенному снижению потерь.

Таблица 4.6 – Баланс ЭЭ с 2019 по 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Период	Отпуск в сеть	Полезный отпуск	Потери		Количество потребителей шт
	кВт·ч		кВт·ч	кВт·ч	
1	2	3	4	5	6
2019	2019	138109	106275	31834	23,05
2020	2020	116257	100612	15645	13,46
2021	2021	127638	113238	14401	11,28
2022	2022	141648	126802	14845	10,48
2023	2023	87155	79991	7164	8,22

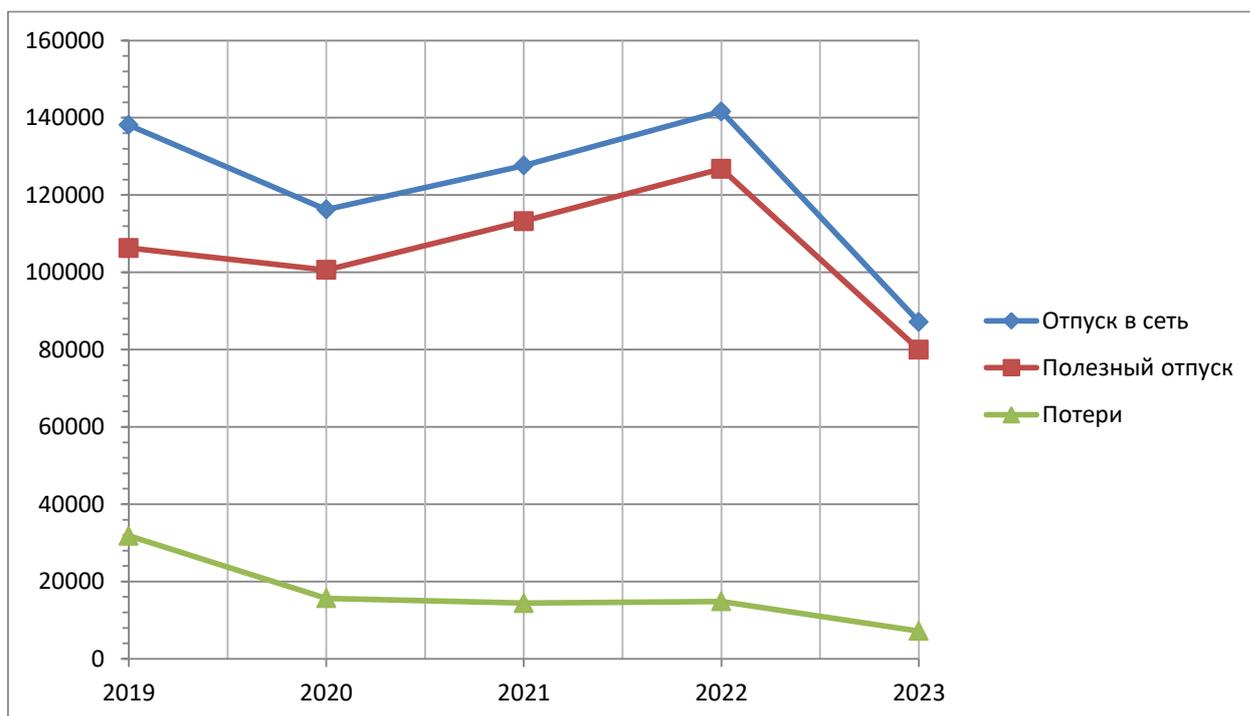


Рисунок 4.11 – Баланс ЭЭ с 2019 по 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из рисунка 4.11 следует, что в период действия системы АИИСКУЭ с каждым годом при увеличении потребителей увеличивался и отпуск в сеть и полезный отпуск, но при этом потери ЭЭ имели тенденцию к уменьшению (нет резких всплесков в сторону увеличения), т.е. происходил закономерный процесс их снижения за счет действия системы АИИСКУЭ.

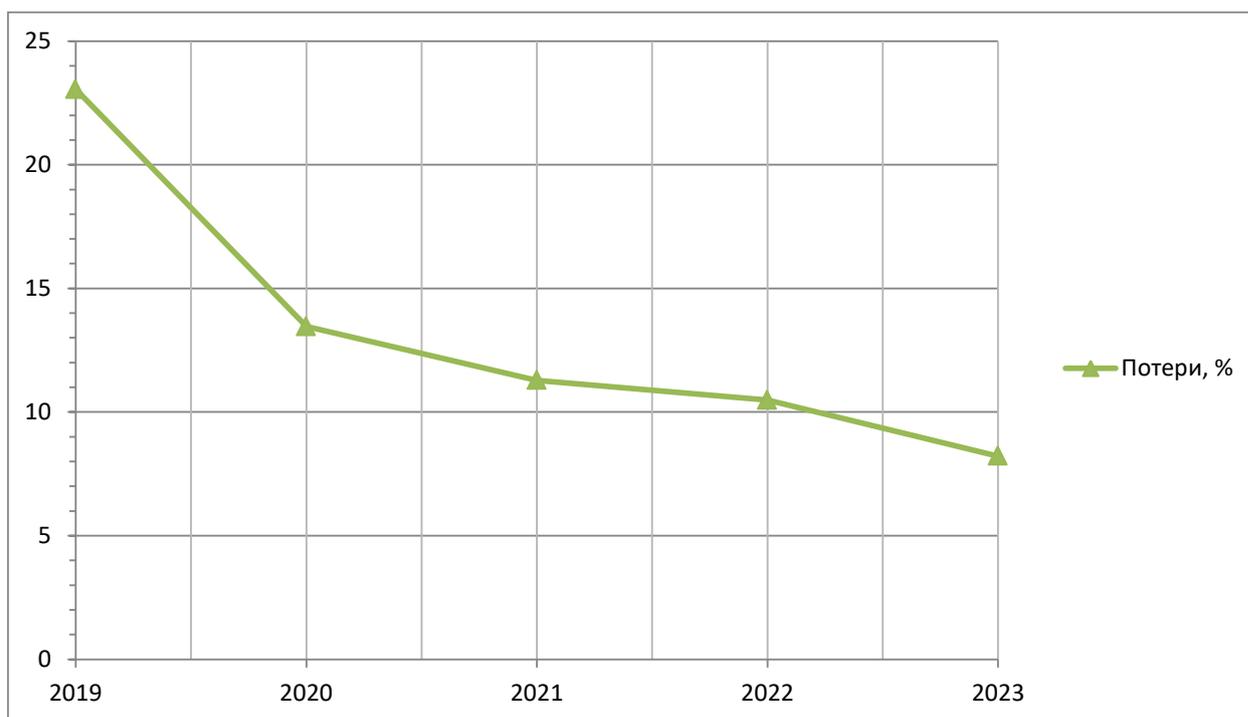


Рисунок 4.12 – Потери ЭЭ с 2019 по 2023 год по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

После установки АИИСКУЭ в 2019 году потери ЭЭ в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 стали существенно меньше.

5 Расчет технических и коммерческих потерь

5.1 Расчет технических потерь электроэнергии

Для расчета максимальной нагрузки используется выражение [15]:

$$P_{\max} = P_m \cdot n \cdot K_o, \quad (5.1)$$

где P_m – максимальная нагрузка одного дома;

n – количество домов на рассматриваемом участке линии;

K_o – коэффициент одновременности [18].

Расчеты произведем методом максимальных потерь [18].

Потери активной мощности:

$$\Delta P_{\max} = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot R_l, \quad (5.2)$$

где:

$$R_l = L_l \cdot r_0; \quad (5.3)$$

Потери активной ЭЭ:

$$\Delta W_l = \Delta P_l \cdot \tau. \quad (5.4)$$

Мощности и ток каждого участка линий 0,4 кВ от ТП 5-01-73:

$$S_p = P_p / \cos\varphi, \quad (5.5)$$

$$Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}, \quad (5.6)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (5.7)$$

Расчеты нагрузок ТП 5-01-73, токов и мощностей линий Л-1–Л-4 [6], а также расчеты потерь сводим в таблицы 5.1-5.3. Затем оцениваем потери мощности в Л-1–Л-4 от ТП 5-01-73, по схемам 2022-го и 2023-го годов (см. рисунки 2.1-2.2).

Таблица 5.1 – Расчет нагрузок ТП 5-01-73 по состоянию на 2022 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Кол-во потребителей	К _о	Суммарная установленная мощность объектов	Расчетная нагрузка, кВт
1	2	3	4	5	6	7
Л-1	оп.13	оп.15	1	1	4,5	4,50
Л-1	оп.12	оп.13	2	0,73	9	6,57
Л-1	оп.11	оп.12	3	0,62	13,5	8,37
Л-1	оп.10	оп.11	5	0,5	22,5	11,25
Л-1	оп.8	оп.10	6	0,47	27	12,69
Л-1	оп.6	оп.8	8	0,418	36	15,05
Л-1	оп.5	оп.6	9	0,4	40,5	16,20
Л-1	оп.4	оп.5	11	0,37	49,5	18,32
Л-1	оп.3	оп.4	12	0,36	54	19,44
Л-1	оп.2	оп.3	13	0,344	58,5	20,12
Л-1	оп.1	оп.2	14	0,33	63	20,79
Л-1	оп.26	оп.27	1	1	4,5	4,50
Л-1	оп.25	оп.26	3	0,62	13,5	8,37
Л-1	оп.24	оп.25	4	0,56	18	10,08
Л-1	оп.23	оп.24	6	0,47	27	12,69
Л-1	оп.22	оп.23	8	0,418	36	15,05
Л-1	оп.21	оп.22	9	0,4	40,5	16,20
Л-1	оп.20	оп.21	11	0,37	49,5	18,32
Л-1	оп.19	оп.20	13	0,344	58,5	20,12
Л-1	оп.18	оп.19	15	0,32	67,5	21,60
Л-1	оп.17	оп.18	16	0,314	72	22,61
Л-1	оп.16	оп.17	18	0,302	81	24,46
Л-1	оп.1	оп.16	19	0,296	85,5	25,31
Л-1	КТП 5	оп.1	33	0,26	148,5	38,61

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Л-2	оп.25	оп.26	1	1	4,5	4,50
Л-2	оп.25	оп.27	1	1	4,5	4,50
Л-2	оп.24	оп.25	2	0,73	9	6,57
Л-2	оп.23	оп.24	3	0,62	13,5	8,37
Л-2	оп.22	оп.23	4	0,56	18	10,08
Л-2	оп.21	оп.22	6	0,47	27	12,69
Л-2	оп.20	оп.21	7	0,43	31,5	13,55
Л-2	оп.19	оп.20	9	0,4	40,5	16,20
Л-2	оп.18	оп.19	10	0,38	45	17,10
Л-2	оп.17	оп.18	12	0,36	54	19,44
Л-2	оп.16	оп.17	14	0,33	63	20,79
Л-2	оп.15	оп.16	15	0,32	67,5	21,60
Л-2	оп.14	оп.15	16	0,314	72	22,61
Л-2	оп.13	оп.14	18	0,302	81	24,46
Л-2	оп.12	оп.13	20	0,29	90	26,10
Л-2	оп.11	оп.12	22	0,285	99	28,22
Л-2	оп.10	оп.11	23	0,283	103,5	29,29
Л-2	оп.9	оп.10	25	0,278	112,5	31,28
Л-2	оп.8	оп.9	27	0,274	121,5	33,29
Л-2	оп.7	оп.8	29	0,269	130,5	35,10
Л-2	оп.5	оп.7	31	0,264	139,5	36,83
Л-2	оп.41	оп.42	1	1	4,5	4,50
Л-2	оп.39	оп.41	3	0,62	13,5	8,37
Л-2	оп.38	оп.39	4	0,56	18	10,08
Л-2	оп.37	оп.38	5	0,5	22,5	11,25
Л-2	оп.35	оп.37	7	0,43	31,5	13,55
Л-2	оп.34	оп.35	8	0,418	36	15,05
Л-2	оп.33	оп.34	9	0,4	40,5	16,20
Л-2	оп.29	оп.33	10	0,38	45	17,10
Л-2	оп.28	оп.29	11	0,37	49,5	18,32
Л-2	оп.3	оп.5	42	0,239	189	45,17
Л-2	КТП 5	оп.3	44	0,234	198	46,33
Л-3	оп.7	оп.9	1	1	4,5	4,50
Л-3	оп.6	оп.7	2	0,73	9	6,57
Л-3	оп.5	оп.6	4	0,56	18	10,08
Л-3	оп.4	оп.5	5	0,5	22,5	11,25
Л-3	оп.3	оп.4	6	0,47	27	12,69
Л-3	оп.2	оп.3	8	0,418	36	15,05
Л-3	КТП 5	оп.2	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.18	оп.19	2	0,73	9	6,57
Л-4	оп.17	оп.18	4	0,56	18	10,08
Л-4	оп.16	оп.17	5	0,5	22,5	11,25
Л-4	оп.15	оп.16	7	0,43	31,5	13,55
Л-4	оп.14	оп.15	8	0,418	36	15,05

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7
Л-4	оп.8	оп.14	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.26	оп.27	1	1	4,5	4,50
Л-4	оп.24	оп.26	3	0,62	13,5	8,37
Л-4	оп.23	оп.24	4	0,56	18	10,08
Л-4	оп.22	оп.23	5	0,5	22,5	11,25
Л-4	оп.21	оп.22	6	0,47	27	12,69
Л-4	оп.20	оп.21	7	0,43	31,5	13,55
Л-4	оп.8	оп.20	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.7	оп.8	19	0,296	85,5	25,31
Л-4	оп.6	оп.7	20	0,29	90	26,10
Л-4	оп.5	оп.6	22	0,285	99	28,22
Л-4	оп.4	оп.5	24	0,281	108	30,35
Л-4	оп.3	оп.4	25	0,278	112,5	31,28
Л-4	оп.2	оп.3	26	0,276	117	32,29
Л-4	КТП 5	оп.2	28	0,271	126	34,15

Таблица 5.2 – Токи и мощности на участках Л-1–Л-4 напряжением 0,4 кВ, отходящих от ТП 5-01-73 по состоянию на 2022 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Рр, кВт	Sp, кВА	Qp, кВар	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7
Л-1	оп.13	оп.15	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-1	оп.12	оп.13	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-1	оп.11	оп.12	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-1	оп.10	оп.11	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-1	оп.8	оп.10	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-1	оп.6	оп.8	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-1	оп.5	оп.6	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-1	оп.4	оп.5	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-1	оп.3	оп.4	19,440	20,250	5,67	30,768
Л-1	оп.2	оп.3	20,124	20,963	5,87	31,850
Л-1	оп.1	оп.2	20,790	21,656	6,064	32,904
Л-1	оп.26	оп.27	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-1	оп.25	оп.26	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-1	оп.24	оп.25	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-1	оп.23	оп.24	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-1	оп.22	оп.23	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-1	оп.21	оп.22	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-1	оп.20	оп.21	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-1	оп.19	оп.20	20,124	20,963	5,87	31,850

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7
Л-1	оп.18	оп.19	21,600	22,500	6,3	34,186
Л-1	оп.17	оп.18	22,608	23,550	6,594	35,782
Л-1	оп.16	оп.17	24,462	25,481	7,135	38,716
Л-1	оп.1	оп.16	25,308	26,363	7,382	40,055
Л-1	КТП 5	оп.1	38,610	40,219	11,261	61,108
Л-2	оп.25	оп.26	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-2	оп.25	оп.27	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-2	оп.24	оп.25	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-2	оп.23	оп.24	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-2	оп.22	оп.23	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-2	оп.21	оп.22	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-2	оп.20	оп.21	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-2	оп.19	оп.20	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-2	оп.18	оп.19	17,100	17,813	4,988	27,064
Л-2	оп.17	оп.18	19,440	20,250	5,67	30,768
Л-2	оп.16	оп.17	20,790	21,656	6,064	32,904
Л-2	оп.15	оп.16	21,600	22,500	6,3	34,186
Л-2	оп.14	оп.15	22,608	23,550	6,594	35,782
Л-2	оп.13	оп.14	24,462	25,481	7,135	38,716
Л-2	оп.12	оп.13	26,100	27,188	7,613	41,308
Л-2	оп.11	оп.12	28,215	29,391	8,229	44,656
Л-2	оп.10	оп.11	29,291	30,511	8,543	46,358
Л-2	оп.9	оп.10	31,275	32,578	9,122	49,499
Л-2	оп.8	оп.9	33,291	34,678	9,71	52,690
Л-2	оп.7	оп.8	35,105	36,567	10,239	55,560
Л-2	оп.5	оп.7	36,828	38,363	10,742	58,287
Л-2	оп.41	оп.42	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-2	оп.39	оп.41	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-2	оп.38	оп.39	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-2	оп.37	оп.38	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-2	оп.35	оп.37	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-2	оп.34	оп.35	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-2	оп.33	оп.34	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-2	оп.29	оп.33	17,100	17,813	4,988	27,064
Л-2	оп.28	оп.29	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-2	оп.3	оп.5	45,171	47,053	13,175	71,492
Л-2	КТП 5	оп.3	46,332	48,263	13,514	73,329
Л-3	оп.7	оп.9	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-3	оп.6	оп.7	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-3	оп.5	оп.6	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-3	оп.4	оп.5	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-3	оп.3	оп.4	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-3	оп.2	оп.3	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-3	КТП 5	оп.2	16,200	16,875	4,725	25,640

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7
Л-4	оп.18	оп.19	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-4	оп.17	оп.18	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-4	оп.16	оп.17	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-4	оп.15	оп.16	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-4	оп.14	оп.15	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-4	оп.8	оп.14	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-4	оп.26	оп.27	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-4	оп.24	оп.26	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-4	оп.23	оп.24	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-4	оп.22	оп.23	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-4	оп.21	оп.22	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-4	оп.20	оп.21	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-4	оп.8	оп.20	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-4	оп.7	оп.8	25,308	26,363	7,382	40,055
Л-4	оп.6	оп.7	26,100	27,188	7,613	41,308
Л-4	оп.5	оп.6	28,215	29,391	8,229	44,656
Л-4	оп.4	оп.5	30,348	31,613	8,852	48,032
Л-4	оп.3	оп.4	31,275	32,578	9,122	49,499
Л-4	оп.2	оп.3	32,292	33,638	9,419	51,108
Л-4	КТП 5	оп.2	34,146	35,569	9,959	54,043

Таблица 5.3 – Расчеты потерь на участках Л-1–Л-4 напряжением 0,4 кВ, отходящих от ТП 5-01-73 по состоянию на 2022 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Длина участка, км	I_p , А	$\cos\phi$	$\sin\phi$	Сечение провода, мм ²	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	ΔP_L , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-1	оп.13	оп.15	0,033	7,122	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,004
Л-1	оп.12	оп.13	0,042	10,398	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,011
Л-1	оп.11	оп.12	0,042	13,247	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,018
Л-1	оп.10	оп.11	0,042	17,805	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,033
Л-1	оп.8	оп.10	0,042	20,084	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,042
Л-1	оп.6	оп.8	0,042	23,816	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,059
Л-1	оп.5	оп.6	0,042	25,640	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,069
Л-1	оп.4	оп.5	0,042	28,987	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,088
Л-1	оп.3	оп.4	0,042	30,768	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,099
Л-1	оп.2	оп.3	0,042	31,850	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,106
Л-1	оп.1	оп.2	0,042	32,904	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,113
Л-1	оп.26	оп.27	0,042	7,122	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,005
Л-1	оп.25	оп.26	0,044	13,247	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,019
Л-1	оп.24	оп.25	0,046	15,954	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,029
Л-1	оп.23	оп.24	0,048	20,084	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,048
Л-1	оп.22	оп.23	0,046	23,816	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,065

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-1	оп.21	оп.22	0,047	25,640	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,077
Л-1	оп.20	оп.21	0,046	28,987	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,096
Л-1	оп.19	оп.20	0,046	31,850	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,116
Л-1	оп.18	оп.19	0,047	34,186	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,137
Л-1	оп.17	оп.18	0,047	35,782	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,150
Л-1	оп.16	оп.17	0,044	38,716	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,164
Л-1	оп.1	оп.16	0,048	40,055	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,192
Л-1	КТП 5	оп.1	0,01	61,108	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,065
Л-2	оп.25	оп.26	0,041	7,122	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,005
Л-2	оп.25	оп.27	0,037	7,122	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,005
Л-2	оп.24	оп.25	0,038	10,398	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,010
Л-2	оп.23	оп.24	0,042	13,247	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,018
Л-2	оп.22	оп.23	0,044	15,954	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,028
Л-2	оп.21	оп.22	0,038	20,084	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,038
Л-2	оп.20	оп.21	0,038	21,438	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,043
Л-2	оп.19	оп.20	0,039	25,640	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,064
Л-2	оп.18	оп.19	0,041	27,064	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,075
Л-2	оп.17	оп.18	0,039	30,768	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,092
Л-2	оп.16	оп.17	0,037	32,904	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,100
Л-2	оп.15	оп.16	0,036	34,186	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,105
Л-2	оп.14	оп.15	0,035	35,782	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,112
Л-2	оп.13	оп.14	0,038	38,716	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,142
Л-2	оп.12	оп.13	0,036	41,308	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,153
Л-2	оп.11	оп.12	0,041	44,656	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,204
Л-2	оп.10	оп.11	0,037	46,358	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,198
Л-2	оп.9	оп.10	0,038	49,499	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,232
Л-2	оп.8	оп.9	0,042	52,690	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,290
Л-2	оп.7	оп.8	0,044	55,560	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,338
Л-2	оп.5	оп.7	0,038	58,287	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,321
Л-2	оп.41	оп.42	0,038	7,122	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,005
Л-2	оп.39	оп.41	0,039	13,247	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,017
Л-2	оп.38	оп.39	0,041	15,954	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,026
Л-2	оп.37	оп.38	0,039	17,805	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,031
Л-2	оп.35	оп.37	0,037	21,438	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,042
Л-2	оп.34	оп.35	0,036	23,816	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,051
Л-2	оп.33	оп.34	0,035	25,640	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,057
Л-2	оп.29	оп.33	0,038	27,064	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,069
Л-2	оп.28	оп.29	0,036	28,987	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,075
Л-2	оп.3	оп.5	0,04	71,492	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,509
Л-2	КТП 5	оп.3	0,032	73,329	0,96	0,28	35	0,83	0,424	0,428
Л-3	оп.7	оп.9	0,057	7,122	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,005
Л-3	оп.6	оп.7	0,034	10,398	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,006
Л-3	оп.5	оп.6	0,036	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,016
Л-3	оп.4	оп.5	0,031	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,017
Л-3	оп.3	оп.4	0,032	20,084	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,022
Л-3	оп.2	оп.3	0,032	23,816	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,031
Л-3	КТП 5	оп.2	0,042	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,048
Л-4	оп.18	оп.19	0,044	10,398	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,008
Л-4	оп.17	оп.18	0,046	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,020
Л-4	оп.16	оп.17	0,042	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,023

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-4	оп.15	оп.16	0,047	21,438	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,037
Л-4	оп.14	оп.15	0,041	23,816	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,040
Л-4	оп.8	оп.14	0,044	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,050
Л-4	оп.26	оп.27	0,046	7,122	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,004
Л-4	оп.24	оп.26	0,042	13,247	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,013
Л-4	оп.23	оп.24	0,037	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,016
Л-4	оп.22	оп.23	0,034	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,019
Л-4	оп.21	оп.22	0,039	20,084	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,027
Л-4	оп.20	оп.21	0,042	21,438	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,033
Л-4	оп.8	оп.20	0,04	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,045
Л-4	оп.7	оп.8	0,044	40,055	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,122
Л-4	оп.6	оп.7	0,038	41,308	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,112
Л-4	оп.5	оп.6	0,032	44,656	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,110
Л-4	оп.4	оп.5	0,042	48,032	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,167
Л-4	оп.3	оп.4	0,034	49,499	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,144
Л-4	оп.2	оп.3	0,039	51,108	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,176
Л-4	КТП 5	оп.2	0,042	54,043	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,212
									ИТОГО	7,211

Таким образом, суммарные потери в линиях 0,4 кВ составят:

$$P_{\text{сумм.0,4кВ}} = 7,211 \text{ кВт.}$$

Число часов максимальной нагрузки (коммунально-бытовая) [18]:

$$T_M = 2600 \text{ ч.}$$

Тогда время максимальных потерь:

$$\tau = (0,124 + T_M / 10000)^2 \cdot 8760, \quad (5.8)$$

$$\tau = (0,124 + 2600 / 10000)^2 \cdot 8760 = 1292 \text{ ч.}$$

Технические потери ЭЭ в линиях за 2022 год:

$$\Delta W_{\text{ТЕХ2022}} = \Delta W_{\text{Л2022}} = 7,211 * 1292 = 9316,6 \text{ кВт.ч.}$$

Аналогичные таблицы 5.4-5.6 составляем для расчета нагрузок и потерь для схемы рисунка 2.2 по состоянию на 2023 год.

Таблица 5.4 – Расчет нагрузок ТП 5-01-73 по состоянию на 2023 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Кол-во потребителей	К _о	Суммарная установленная мощность объектов	Расчетная нагрузка, кВт
1	2	3	4	5	6	7
Л-1	оп.14	оп.16	1	1	4,5	4,50
Л-1	оп.13	оп.14	2	0,73	9	6,57
Л-1	оп.12	оп.13	3	0,62	13,5	8,37
Л-1	оп.11	оп.12	4	0,56	18	10,08
Л-1	оп.10	оп.11	5	0,5	22,5	11,25
Л-1	оп.8	оп.9	6	0,47	27	12,69
Л-1	оп.6	оп.8	7	0,43	31,5	13,55
Л-1	оп.5	оп.6	9	0,4	40,5	16,20
Л-1	оп.4	оп.5	10	0,38	45	17,10
Л-1	оп.3	оп.4	12	0,36	54	19,44
Л-1	оп.2	оп.3	13	0,344	58,5	20,12
Л-1	оп.1	оп.2	14	0,33	63	20,79
Л-1	оп.28	оп.29	2	0,73	9	6,57
Л-1	оп.27	оп.28	4	0,56	18	10,08
Л-1	оп.26	оп.27	5	0,5	22,5	11,25
Л-1	оп.25	оп.26	6	0,47	27	12,69
Л-1	оп.24	оп.25	8	0,418	36	15,05
Л-1	оп.23	оп.24	9	0,4	40,5	16,20
Л-1	оп.22	оп.23	11	0,37	49,5	18,32
Л-1	оп.21	оп.22	12	0,36	54	19,44
Л-1	оп.20	оп.21	13	0,344	58,5	20,12
Л-1	оп.19	оп.20	15	0,32	67,5	21,60
Л-1	оп.18	оп.19	16	0,314	72	22,61
Л-1	оп.17	оп.18	18	0,302	81	24,46
Л-1	оп.1	оп.17	19	0,296	85,5	25,31
Л-1	КТП 5	оп.1	33	0,26	148,5	38,61
Л-2	оп.25	оп.27	1	1	4,5	4,50
Л-2	оп.25	оп.26	2	0,73	9	6,57
Л-2	оп.24	оп.25	4	0,56	18	10,08
Л-2	оп.23	оп.24	5	0,5	22,5	11,25
Л-2	оп.22	оп.23	7	0,43	31,5	13,55
Л-2	оп.21	оп.22	8	0,418	36	15,05
Л-2	оп.20	оп.21	10	0,38	45	17,10
Л-2	оп.19	оп.20	11	0,37	49,5	18,32
Л-2	оп.18	оп.19	13	0,344	58,5	20,12
Л-2	оп.17	оп.18	15	0,32	67,5	21,60
Л-2	оп.16	оп.17	16	0,314	72	22,61
Л-2	оп.15	оп.16	17	0,308	76,5	23,56
Л-2	оп.14	оп.15	19	0,296	85,5	25,31

Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7
Л-2	оп.13	оп.14	21	0,288	94,5	27,22
Л-2	оп.12	оп.13	23	0,283	103,5	29,29
Л-2	оп.11	оп.12	24	0,281	108	30,35
Л-2	оп.10	оп.11	26	0,276	117	32,29
Л-2	оп.9	оп.10	28	0,271	126	34,15
Л-2	оп.8	оп.9	30	0,267	135	36,05
Л-2	оп.6	оп.8	32	0,262	144	37,73
Л-2	оп.45	оп.46	2	0,73	9	6,57
Л-2	оп.43	оп.45	3	0,62	13,5	8,37
Л-2	оп.41	оп.43	4	0,56	18	10,08
Л-2	оп.40	оп.41	6	0,47	27	12,69
Л-2	оп.38	оп.40	8	0,418	36	15,05
Л-2	оп.37	оп.38	9	0,4	40,5	16,20
Л-2	оп.35	оп.37	10	0,38	45	17,10
Л-2	оп.30	оп.35	11	0,37	49,5	18,32
Л-2	оп.29	оп.30	12	0,36	54	19,44
Л-2	оп.6	оп.29	13	0,344	58,5	20,12
Л-2	оп.4	оп.6	45	0,232	202,5	46,98
Л-2	КТП 5	оп.4	47	0,227	211,5	48,01
Л-3	оп.7	оп.9	1	1	4,5	4,50
Л-3	оп.6	оп.7	2	0,73	9	6,57
Л-3	оп.5	оп.6	4	0,56	18	10,08
Л-3	оп.4	оп.5	5	0,5	22,5	11,25
Л-3	оп.3	оп.4	6	0,47	27	12,69
Л-3	оп.2	оп.3	8	0,418	36	15,05
Л-3	КТП 5	оп.2	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.18	оп.19	2	0,73	9	6,57
Л-4	оп.17	оп.18	4	0,56	18	10,08
Л-4	оп.16	оп.17	5	0,5	22,5	11,25
Л-4	оп.15	оп.16	7	0,43	31,5	13,55
Л-4	оп.14	оп.15	8	0,418	36	15,05
Л-4	оп.8	оп.14	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.26	оп.27	1	1	4,5	4,50
Л-4	оп.24	оп.26	3	0,62	13,5	8,37
Л-4	оп.23	оп.24	4	0,56	18	10,08
Л-4	оп.22	оп.23	5	0,5	22,5	11,25
Л-4	оп.21	оп.22	6	0,47	27	12,69
Л-4	оп.20	оп.21	7	0,43	31,5	13,55
Л-4	оп.8	оп.20	9	0,4	40,5	16,20
Л-4	оп.7	оп.8	19	0,296	85,5	25,31
Л-4	оп.6	оп.7	20	0,29	90	26,10
Л-4	оп.5	оп.6	22	0,285	99	28,22
Л-4	оп.4	оп.5	24	0,281	108	30,35
Л-4	оп.3	оп.4	25	0,278	112,5	31,28
Л-4	оп.2	оп.3	26	0,276	117	32,29
Л-4	КТП 5	оп.2	28	0,271	126	34,15

Таблица 5.5 – Токи и мощности на участках Л-1–Л-4 напряжением 0,4 кВ, отходящих от ТП 5-01-73 по состоянию на 2023 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Рр, кВт	Sp, кВА	Qp, кВар	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7
Л-1	оп.14	оп.16	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-1	оп.13	оп.14	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-1	оп.12	оп.13	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-1	оп.11	оп.12	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-1	оп.10	оп.11	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-1	оп.8	оп.9	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-1	оп.6	оп.8	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-1	оп.5	оп.6	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-1	оп.4	оп.5	17,100	17,813	4,988	27,064
Л-1	оп.3	оп.4	19,440	20,250	5,67	30,768
Л-1	оп.2	оп.3	20,124	20,963	5,87	31,850
Л-1	оп.1	оп.2	20,790	21,656	6,064	32,904
Л-1	оп.28	оп.29	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-1	оп.27	оп.28	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-1	оп.26	оп.27	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-1	оп.25	оп.26	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-1	оп.24	оп.25	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-1	оп.23	оп.24	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-1	оп.22	оп.23	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-1	оп.21	оп.22	19,440	20,250	5,67	30,768
Л-1	оп.20	оп.21	20,124	20,963	5,87	31,850
Л-1	оп.19	оп.20	21,600	22,500	6,3	34,186
Л-1	оп.18	оп.19	22,608	23,550	6,594	35,782
Л-1	оп.17	оп.18	24,462	25,481	7,135	38,716
Л-1	оп.1	оп.17	25,308	26,363	7,382	40,055
Л-1	КТП 5	оп. 1	38,610	40,219	11,261	61,108
Л-2	оп.25	оп.27	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-2	оп.25	оп.26	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-2	оп.24	оп.25	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-2	оп.23	оп.24	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-2	оп.22	оп.23	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-2	оп.21	оп.22	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-2	оп.20	оп.21	17,100	17,813	4,988	27,064
Л-2	оп.19	оп.20	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-2	оп.18	оп.19	20,124	20,963	5,87	31,850
Л-2	оп.17	оп.18	21,600	22,500	6,3	34,186
Л-2	оп.16	оп.17	22,608	23,550	6,594	35,782
Л-2	оп.15	оп.16	23,562	24,544	6,872	37,291
Л-2	оп.14	оп.15	25,308	26,363	7,382	40,055
Л-2	оп.13	оп.14	27,216	28,350	7,938	43,075
Л-2	оп.12	оп.13	29,291	30,511	8,543	46,358
Л-2	оп.11	оп.12	30,348	31,613	8,852	48,032

Окончание таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7
Л-2	оп.10	оп.11	32,292	33,638	9,419	51,108
Л-2	оп.9	оп.10	34,146	35,569	9,959	54,043
Л-2	оп.8	оп.9	36,045	37,547	10,513	57,048
Л-2	оп.6	оп.8	37,728	39,300	11,004	59,712
Л-2	оп.45	оп.46	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-2	оп.43	оп.45	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-2	оп.41	оп.43	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-2	оп.40	оп.41	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-2	оп.38	оп.40	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-2	оп.37	оп.38	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-2	оп.35	оп.37	17,100	17,813	4,988	27,064
Л-2	оп.30	оп.35	18,315	19,078	5,342	28,987
Л-2	оп.29	оп.30	19,440	20,250	5,67	30,768
Л-2	оп.6	оп.29	20,124	20,963	5,87	31,850
Л-2	оп.4	оп.6	46,980	48,938	13,703	74,355
Л-2	КТП 5	оп.4	48,011	50,011	14,003	75,986
Л-3	оп.7	оп.9	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-3	оп.6	оп.7	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-3	оп.5	оп.6	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-3	оп.4	оп.5	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-3	оп.3	оп.4	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-3	оп.2	оп.3	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-3	КТП 5	оп.2	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-4	оп.18	оп.19	6,570	6,844	1,916	10,398
Л-4	оп.17	оп.18	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-4	оп.16	оп.17	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-4	оп.15	оп.16	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-4	оп.14	оп.15	15,048	15,675	4,389	23,816
Л-4	оп.8	оп.14	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-4	оп.26	оп.27	4,500	4,688	1,313	7,122
Л-4	оп.24	оп.26	8,370	8,719	2,441	13,247
Л-4	оп.23	оп.24	10,080	10,500	2,94	15,954
Л-4	оп.22	оп.23	11,250	11,719	3,281	17,805
Л-4	оп.21	оп.22	12,690	13,219	3,701	20,084
Л-4	оп.20	оп.21	13,545	14,109	3,951	21,438
Л-4	оп.8	оп.20	16,200	16,875	4,725	25,640
Л-4	оп.7	оп.8	25,308	26,363	7,382	40,055
Л-4	оп.6	оп.7	26,100	27,188	7,613	41,308
Л-4	оп.5	оп.6	28,215	29,391	8,229	44,656
Л-4	оп.4	оп.5	30,348	31,613	8,852	48,032
Л-4	оп.3	оп.4	31,275	32,578	9,122	49,499
Л-4	оп.2	оп.3	32,292	33,638	9,419	51,108
Л-4	КТП 5	оп.2	34,146	35,569	9,959	54,043

Таблица 5.6 – Расчеты потерь на участках Л-1–Л-4 напряжением 0,4 кВ, отходящих от ТП 5-01-73 по состоянию на 2023 год

Линия	Начало участка	Конец участка	Длина участка, км	Ip, А	cosφ	sinφ	Сечение провода, мм ²	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	ΔРл, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-1	оп.14	оп.16	0,033	7,122	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,002
Л-1	оп.13	оп.14	0,038	10,398	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,004
Л-1	оп.12	оп.13	0,042	13,247	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,007
Л-1	оп.11	оп.12	0,044	15,954	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,011
Л-1	оп.10	оп.11	0,042	17,805	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,013
Л-1	оп.8	оп.9	0,042	20,084	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,016
Л-1	оп.6	оп.8	0,042	21,438	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,019
Л-1	оп.5	оп.6	0,042	25,640	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,027
Л-1	оп.4	оп.5	0,042	27,064	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,030
Л-1	оп.3	оп.4	0,042	30,768	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,038
Л-1	оп.2	оп.3	0,042	31,850	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,041
Л-1	оп.1	оп.2	0,042	32,904	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,044
Л-1	оп.28	оп.29	0,042	10,398	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,004
Л-1	оп.27	оп.28	0,042	15,954	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,010
Л-1	оп.26	оп.27	0,044	17,805	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,013
Л-1	оп.25	оп.26	0,046	20,084	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,018
Л-1	оп.24	оп.25	0,048	23,816	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,026
Л-1	оп.23	оп.24	0,046	25,640	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,029
Л-1	оп.22	оп.23	0,047	28,987	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,038
Л-1	оп.21	оп.22	0,046	30,768	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,042
Л-1	оп.20	оп.21	0,046	31,850	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,045
Л-1	оп.19	оп.20	0,047	34,186	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,053
Л-1	оп.18	оп.19	0,047	35,782	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,058
Л-1	оп.17	оп.18	0,044	38,716	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,063
Л-1	оп.1	оп.17	0,048	40,055	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,074
Л-1	КТП 5	оп.1	0,01	61,108	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,036
Л-2	оп.25	оп.27	0,041	7,122	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,002
Л-2	оп.25	оп.26	0,037	10,398	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,004
Л-2	оп.24	оп.25	0,038	15,954	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,009
Л-2	оп.23	оп.24	0,042	17,805	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,013
Л-2	оп.22	оп.23	0,044	21,438	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,019
Л-2	оп.21	оп.22	0,038	23,816	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,021
Л-2	оп.20	оп.21	0,038	27,064	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,027
Л-2	оп.19	оп.20	0,039	28,987	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,031
Л-2	оп.18	оп.19	0,041	31,850	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,040
Л-2	оп.17	оп.18	0,039	34,186	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,044
Л-2	оп.16	оп.17	0,037	35,782	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,045
Л-2	оп.15	оп.16	0,036	37,291	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,048
Л-2	оп.14	оп.15	0,035	40,055	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,054
Л-2	оп.13	оп.14	0,038	43,075	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,068
Л-2	оп.12	оп.13	0,036	46,358	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,074
Л-2	оп.11	оп.12	0,041	48,032	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,091
Л-2	оп.10	оп.11	0,037	51,108	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,093
Л-2	оп.9	оп.10	0,038	54,043	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,107
Л-2	оп.8	оп.9	0,042	57,048	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,131

Окончание таблицы 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л-2	оп.6	оп.8	0,044	59,712	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,151
Л-2	оп.45	оп.46	0,038	10,398	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,004
Л-2	оп.43	оп.45	0,039	13,247	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,007
Л-2	оп.41	оп.43	0,041	15,954	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,010
Л-2	оп.40	оп.41	0,039	20,084	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,015
Л-2	оп.38	оп.40	0,037	23,816	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,020
Л-2	оп.37	оп.38	0,036	25,640	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,023
Л-2	оп.35	оп.37	0,035	27,064	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,025
Л-2	оп.30	оп.35	0,038	28,987	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,031
Л-2	оп.29	оп.30	0,036	30,768	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,033
Л-2	оп.6	оп.29	0,038	31,850	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,037
Л-2	оп.4	оп.6	0,015	74,355	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,080
Л-2	КТП 5	оп.4	0,015	75,986	0,96	0,28	95	0,32	0,0758	0,083
Л-3	оп.7	оп.9	0,057	7,122	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,005
Л-3	оп.6	оп.7	0,034	10,398	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,006
Л-3	оп.5	оп.6	0,036	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,016
Л-3	оп.4	оп.5	0,031	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,017
Л-3	оп.3	оп.4	0,032	20,084	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,022
Л-3	оп.2	оп.3	0,032	23,816	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,031
Л-3	КТП 5	оп.2	0,042	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,048
Л-4	оп.18	оп.19	0,044	10,398	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,008
Л-4	оп.17	оп.18	0,046	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,020
Л-4	оп.16	оп.17	0,042	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,023
Л-4	оп.15	оп.16	0,047	21,438	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,037
Л-4	оп.14	оп.15	0,041	23,816	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,040
Л-4	оп.8	оп.14	0,044	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,050
Л-4	оп.26	оп.27	0,046	7,122	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,004
Л-4	оп.24	оп.26	0,042	13,247	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,013
Л-4	оп.23	оп.24	0,037	15,954	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,016
Л-4	оп.22	оп.23	0,034	17,805	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,019
Л-4	оп.21	оп.22	0,039	20,084	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,027
Л-4	оп.20	оп.21	0,042	21,438	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,033
Л-4	оп.8	оп.20	0,04	25,640	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,045
Л-4	оп.7	оп.8	0,044	40,055	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,122
Л-4	оп.6	оп.7	0,038	41,308	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,112
Л-4	оп.5	оп.6	0,032	44,656	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,110
Л-4	оп.4	оп.5	0,042	48,032	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,167
Л-4	оп.3	оп.4	0,034	49,499	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,144
Л-4	оп.2	оп.3	0,039	51,108	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,176
Л-4	КТП 5	оп.2	0,042	54,043	0,96	0,28	50	0,576	0,413	0,212
									ИТОГО	3,724

Технические потери ЭЭ в линиях за 2023 год:

$$\Delta W_{\text{ТЕХ}2023} = \Delta W_{\text{Л}2023} = 3,724 * 1292 = 4811,4 \text{ кВт.ч.}$$

Технические потери ЭЭ в сетях 0,4 кВ в процентном соотношении относительно общего отпуска в сеть:

$$\Delta W_{\text{ТЕХ, \%}} (2019 \text{ г.}) = 8090,7 / 138109 * 100 = 5,86 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{ТЕХ, \%}} (2020 \text{ г.}) = 8744,5 / 116257 * 100 = 7,52 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{ТЕХ, \%}} (2021 \text{ г.}) = 9153,2 / 127638 * 100 = 7,17 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{ТЕХ, \%}} (2022 \text{ г.}) = 9316,6 / 141648 * 100 = 6,58 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{ТЕХ, \%}} (2023 \text{ г.}) = 4811,4 / 87155 * 100 = 5,52 \text{ \%}.$$

5.2 Расчет коммерческих потерь электроэнергии

Определим коммерческие потери ЭЭ:

$$\Delta W_{\text{КОММ}} (2019 \text{ г.}) = 31834 - 8090,7 = 23743,3 \text{ кВт.ч.};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ}} (2020 \text{ г.}) = 15645 - 8744,5 = 6900,5 \text{ кВт.ч.};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ}} (2021 \text{ г.}) = 14401 - 9153,2 = 5247,8 \text{ кВт.ч.};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ}} (2022 \text{ г.}) = 14845 - 9316,6 = 5528,4 \text{ кВт.ч.};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ}} (2023 \text{ г.}) = 7164 - 4811,4 = 2352,6 \text{ кВт.ч.}$$

Коммерческие потери ЭЭ в сети от ТП 5-01-73 в %:

$$\Delta W_{\text{КОММ, \%}} (2019 \text{ г.}) = 23743,3 / 138109 * 100 = 17,19 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ, \%}} (2020 \text{ г.}) = 6900,5 / 116257 * 100 = 5,94 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ, \%}} (2021 \text{ г.}) = 5247,8 / 127638 * 100 = 4,11 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ, \%}} (2022 \text{ г.}) = 5528,4 / 141648 * 100 = 3,9 \text{ \%};$$

$$\Delta W_{\text{КОММ, \%}} (2023 \text{ г.}) = 2352,6 / 87155 * 100 = 2,7 \text{ \%}.$$

График баланса ЭЭ по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 и графики потерь по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 представлены на рис.5.1-5.2.

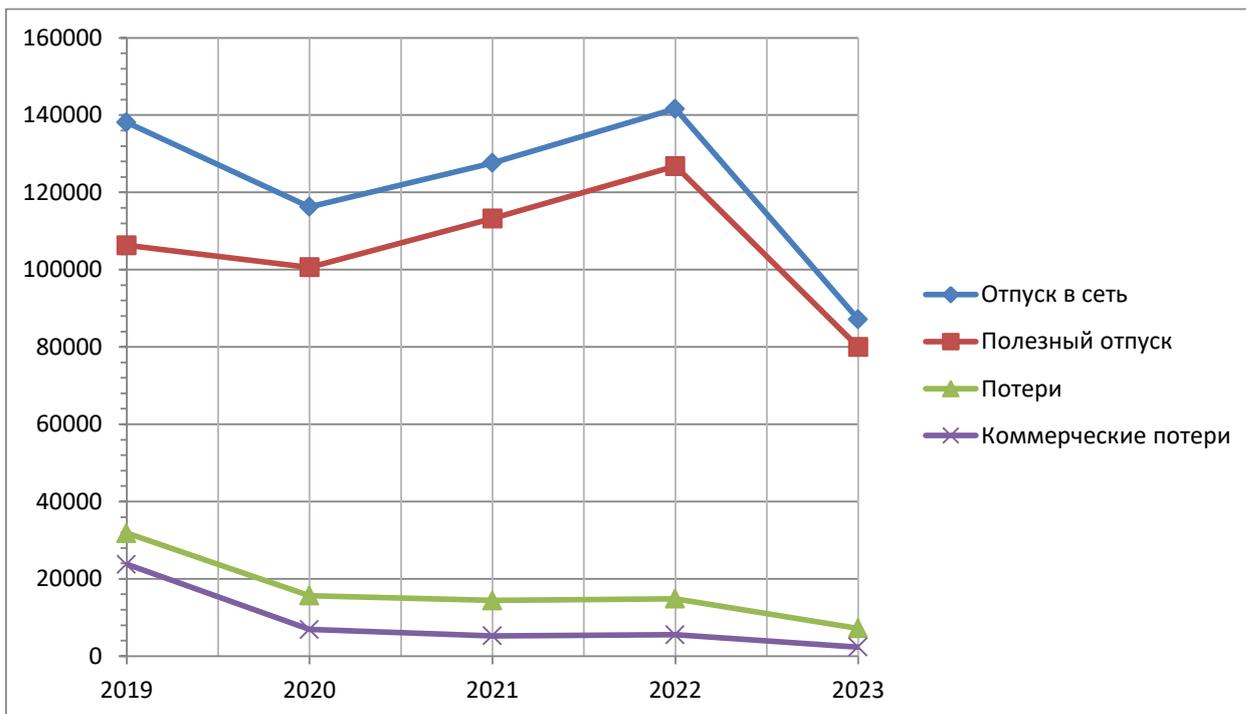


Рисунок 5.1 – Годовой график баланса ЭЭ по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Из графиков видно, что после установки АИИСКУЭ в 2020 году, коммерческие потери существенно сократились, значит, установка АИИСКУЭ эффективно предотвращает хищения ЭЭ.

В 2021 году тариф для коммунально-бытовых и приравненных к ним потребителей составлял 2,71 руб., в 2022 году – 2,98 руб., в 2023 году – 3,25 руб. для Красноярского края.

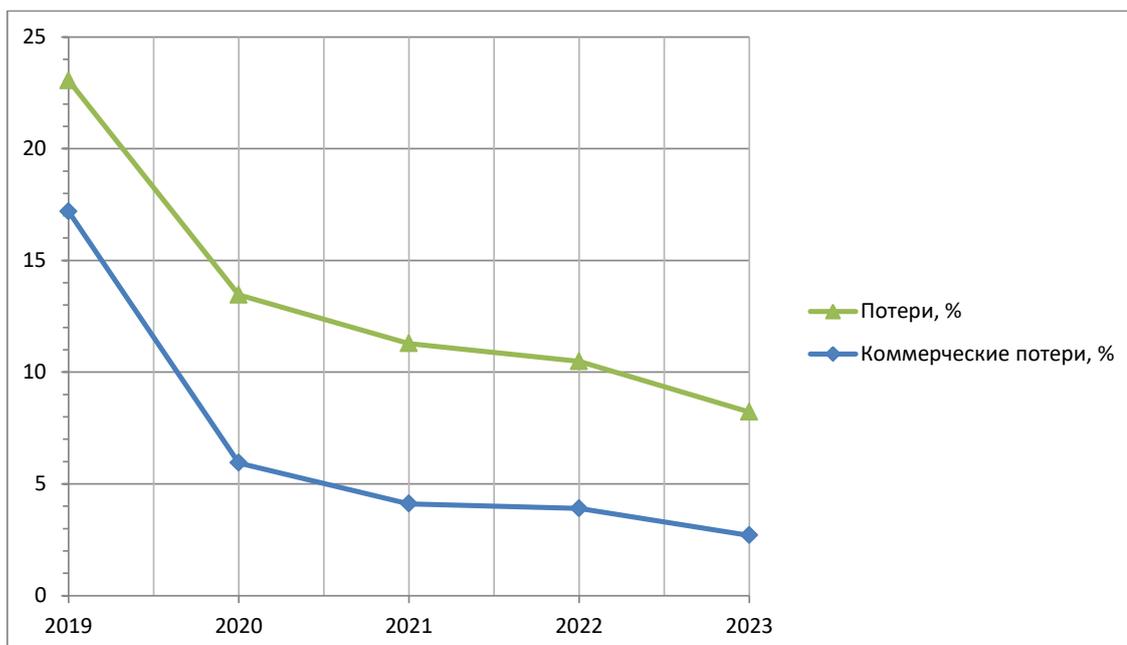


Рисунок 5.2 – Годовой график потерь ЭЭ по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Тогда экономия составит:

$$E_{2021} = (23743,3 - 5247,8) * 2,71 = 50123 \text{ руб.};$$

$$E_{2022} = (23743,3 - 5528,4) * 2,98 = 54280 \text{ руб.};$$

$$E_{2023} = (23743,3 - 2352,6) * 3,25 = 69520 \text{ руб.}$$

По данным проекта по созданию АИИСКУЭ на электросетевых объектах по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73, полная стоимость внедрения АИИСКУЭ составляет 440000 руб.

Для расчета срока окупаемости принимаем среднюю экономию за 2020-2022 гг.:

$$E_{\text{ср}} = (50123 + 54280 + 69520) / 3 = 57974 \text{ руб.}$$

$$T_{\text{ОК}} = 440000 / 57974 = 7,6 \text{ лет.}$$

Таким образом, внедрение АИИСКУЭ на электросетевых объектах по сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 имеет срок окупаемости 7,6 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над ВКР выполнен анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73 Минусинского РЭС.

В теоретической части работы рассмотрены общие сведения, причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии, а также мероприятия по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях.

В аналитической части работы произведен анализ потребления электроэнергии и потерь по линиям 0,4 кВ ТП 5-01-73, анализ динамики этих величин.

В практической части произведен расчет технических и коммерческих потерь мощности и электроэнергии, анализ их динамики с учетом изменения конфигурации (расширения) электрической сети низкого напряжения.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные методики расчета и анализа динамики потребления электроэнергии и ее потерь могут быть полезны для разработки мероприятий по экономии электроэнергии и снижения потерь в сетях аналогичной конфигурации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование.: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, 2015. – 48 с.
2. Герасименко, А. А., Федин, В. Т. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие – Ростов-н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. – 715 с.
3. Железко Ю. С., Артемьев А. В., Савченко О. В. Расчет анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Издательство НЦ «ЭНАС», 2005. – 277 с.
4. Железко Ю. С., Шаров Ю. В., Зарудский Г. К., Сипачева О. В., Шведов Г. В. Потери электроэнергии в электрических сетях: основные сведения, расчет и нормирование / уч. пособие. – М.: ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2007. – 128 с.
5. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии, реактивная мощность, качество электроэнергии // Руководство для практических расчётов. – М.: Издательство НЦ «ЭНАС», 2009. – 455 с.
6. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 254 с.
7. Потери электроэнергии в электрических сетях [сайт]. – URL: <https://asutpp-ru.turbopages.org/s/asutpp.ru/poteri-jelektrojenergii-v-jelektricheskijh-setjah.html> (дата обращения 08.04.2024).
8. ГОСТ 31818.11-2012 Счетчики электрической энергии электронные.
9. ГОСТ Р 52320-2005 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии.
10. ГОСТ Р 52321-2005 (МЭК 62053-11:2003) Группа П32. Национальный стандарт Российской Федерации. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока Частные требования Часть 11. Электромеханические счетчики активной энергии. Классов точности 0,5; 1 и 2.
11. 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.

12. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М. : ЭНЕРГИЯ, 2013. – 348 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/22731> (дата обращения 08.04.2024).

13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]. – М. : ЭНЕРГИЯ, 2013. – 332 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/22732> (дата обращения 08.04.2024).

14. Правила устройства электроустановок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации. – М. : Проспект, 2019. – 831 с.

15. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа.

16. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

17. Положение ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. - М.: ПАО «Россети». - 2017. – 196 с.

18. Костюченко, Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. -3-е изд., испр. и доп. - Красноярск, 2016. - 264 с.

19. Лещинская Т.Б. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства/ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: Изд-во БИБКМ – ТРАНСЛОГ, 2015. – 455 с.

20. РД 34.20.178-81 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения.

21. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей.

22. ГОСТ 31819.21-2012 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 21. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2.

23. Александров, Н. В. Особенности эксплуатации сельских электрических сетей [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekspluatatsii-selskih-elektricheskikh-setey> (дата обращения 08.04.2024).

24. Счетчики электрической энергии однофазные статические РИМ 189.1Х исполнений: РИМ 189.12, РИМ 189.14 [сайт]. – URL: <https://www.ao->

rim.ru/public/files/cat_cnt_rim189_1X/dat/PS_189_12_14.pdf (дата обращения 08.04.2024).

25. Счетчик электроэнергии РиМ 489.18 [сайт]. – URL: <https://www.rimtd.com/catalogue/trehfaznye-mnogotarifnye/rim-4890109-rim-4890208> (дата обращения 08.04.2024).

26. АИИСКУЭ. АО «РиМ Торговый дом» [сайт]. – URL: <https://www.rimtd.com/aiis-kue> (дата обращения 08.04.2024).

27. Счетчики электрической энергии. Акционерное общество «Радио и Микроэлектроника» [сайт]. – URL: https://alfaopt.com/upload/iblock/60c/vc05hlx01e0piqlgymc65oq5m0itkuui/1b02fca1-c3ba-11ed-8177-2cf05da87ece_20fb513b-c3ba-11ed-8177-2cf05da87ece.pdf (дата обращения 08.04.2024).

28. Руководство пользователя счетчиков РиМ 489.18 [сайт]. – URL: https://www.rimtd.com/sites/default/files/contents/rukovodstvo_po_ekspluatacii_-_rim_489.18-19.pdf (дата обращения 08.04.2024).

29. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 28.04.2023) "Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг...".

30. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений".

31. Приказ Минэнерго России № 1272 от 30.11.2022 «Об утверждении нормативов потерь электрической энергии при ее передаче по единой национальной (общероссийской) электрической сети, осуществляемой публичным акционерным обществом «Федеральная сетевая компания – Россети» с использованием объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих публичному акционерному обществу «Федеральная сетевая компания – Россети» на праве собственности или ином законном основании, на 2023 год».

32. СТО 34.01-3.2-011-2017 Трансформаторы силовые распределительные 6-10 кВ мощностью 63-2500 кВА. Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания.

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

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« 19 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

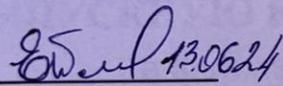
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

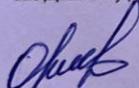
Анализ динамики потерь электроэнергии в сети 0,4 кВ от ТП 5-01-73

Минусинского РЭС

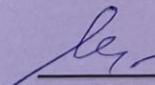
тема

Руководитель:  13.06.24 доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник:  10.06.24
подпись, дата

Д. В. Орлов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер:  13.06.24
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия