

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»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А. В. Коловский

подпись      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Исследование причин отключения ВЛ – 110 кВ Копьево –

тема

Орджоникидзе (С–328/С–76 – 77)

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_

должность, ученая степень

Н.В. Дулесова

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Д.В. Топоев

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2022

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»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г.Н.Чистяков

подпись      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

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

Студенту \_\_\_\_\_ Топоеву Дмитрию Валерьевичу  
(фамилия, имя, отчество студента)  
Группа ХЭн 18-01: Направление (специальность) 13.03.02  
(номер) (код)

\_\_\_\_\_ «Электроэнергетика и электротехника»  
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Исследование причин отключений ВЛ – 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С– 328/ С–76–77)

Утверждена приказом по институту № 211\_\_ от 15.04.2022 г.

Руководитель ВКР Н.В.Дулесова, к.э.н, доцент кафедры ЭЭ

Исходные данные для ВКР Однолинейные схемы электрических соединений ПС 110 Копьево, ПС 110 кВ Орджоникидзе, поопорная схема ВЛ 110 кВ С– 328, С –76/77, данные из оперативных журналов диспетчерского персонала ЮЭС ПО ЦУС.

Перечень разделов ВКР:

1 Теоретическая часть

1.1 Планово– предупредительный ремонт оборудования

1.2 Основные усилия, обеспечивающие планово– предупредительный ремонт оборудования

1.3 Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования

2 Аналитическая часть

2.1 Исходные данные для исследования причин отключения ВЛ – 110 кВ Копьево – Орджоникидзе

2.2 Анализ отключений на ВЛ

2.3 Анализ погодных условий

2.4 Эффективность проводимых мероприятий

3 Практическая часть

Перечень обязательных листов графической части:

Однолинейная схема ПС 110 кВ Копьево;

Однолинейная схема ПС 110 кВ Орджоникидзе;

Поопорная схема ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе ч1

Поопорная схема ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе ч2

Диаграммы результатов анализа.

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

Н.В.Дулесова

инициалы, фамилия

Задание принял к  
исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

Д.В.Топоев

инициалы, фамилия студента

«20» апреля 2022 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование причин отключения высоковольтной линии электропередач ВЛ-110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С – 328, С – 76/77) содержит 49 страниц текстового документа, 17 рисунков, 6 таблиц, 25 использованных источников, 4 листа графического материала.

НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЛИНИЯ, ПРИЧИНА, АНАЛИЗ, ОТКАЗ.

Объектом исследования является воздушная линия ВЛ-110 кВ ПАО «МРСК Сибири» - «Хакасэнерго».

Предметом исследования являются причины возникновения отказов линий, их анализ и методы меры неопределенности событий.

Методы исследования – в процессе выполнения исследований применялся: аналитический метод.

Научная новизна исследования заключается в применении современных методов измерения информации о состоянии ЛЭП.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ-110 кВ и выявление наиболее распространенных причин непреднамеренных отключений линий электропередач 110 кВ для Республики Хакасия и юга Красноярского края.

Задачи выпускной квалификационной работы: провести анализ аварийных отключений и их причин; предложить мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

## ABSTRACT

Graduation qualification work on the topic "Investigation of the causes of switching off the high-voltage power line of 110 kV Overhead Line Kopevo – Ordzhonikidze with taps (C – 328, C – 76/77)" contains 46 pages of a text document, 17 figures, 6 tables, 25 used sources, 4 sheets of graphic material.

RELIABILITY, EFFICIENCY, , LINE, REASON, ANALYSIS, FAILURE.

The subject of the study is the overhead line of 110 kV overhead line of PAO "MRSK of Siberia" - "Khakasenergo".

The subject of the study are the causes of line failures, their analysis and methods for measuring the uncertainty of events.

Research method -analytical method.

The scientific novelty of the study is the use of modern methods of measuring information about the state of power lines.

The goal of the Graduation qualifying work is to analyze the state of the 110 kV overhead line and identify the most common causes of unintended shutdown of 110 kV power lines for the Republic of Khakassia and the south of the Krasnoyarsk Territory.

Application area - the work was commissioned by PAO "MRSK of Siberia" - "Khakasenergo" within the framework of cooperation.

The tasks of the Graduation qualifying work: to conduct a statistical analysis of emergency outages and their causes; to propose measures to reduce the risk of accidents on the VL-110 kV.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 Теоретическая часть .....	9
1.1 Планово-предупредительный ремонт оборудования .....	14
1.2 Основные условия, обеспечивающие планово-предупредительные отношения относительно ремонта оборудования.....	15
1.3 Этапы системы планово-предупредительного ремонта оборудования.....	16
2 Аналитическая часть.....	18
2.1 Исходные данные для исследования причин отключений ВЛ – 110 кВ Копьево – Орджоникидзе .....	18
2.2 Анализ отключений на ВЛ.....	35
2.3 Анализ погодных условий.....	37
2.4 Эффективность проводимых мероприятий .....	38
3 Практическая часть .....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	46

## **ВВЕДЕНИЕ**

Надёжность в электроэнергетических системах является одной из важнейших задач электросетевых компаний. Основной проблемой современной электроэнергетики стало обеспечение бесперебойной передачи энергии.

Отключение участка транспорта электроэнергии может произойти из-за нарушения отдельных элементов сети и перерыва электроснабжения потребителей, что в свою очередь ухудшает качество передаваемой электроэнергии до недопустимых норм.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что отключение электрической энергии воздушной линии электропередач (ВЛ) 110 кВ может быть ограничено неплановыми отключениями, которые возникают вследствие отказов отдельных конструктивных элементов ВЛ, нарушений технологии изготовления, монтажа и эксплуатации, а также внешних воздействий. К таким задачам относятся:

- борьба с грозowymi отключениями ВЛ;
- перекрытия загрязнённой изоляции.

Объектом исследования является воздушная линия ВЛ-110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С– 328/ С 76–77) Публичного акционерного общества «Межрегиональной распределительной сетевой компании Сибирь».

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ-110 кВ и выявление и предупреждение наиболее распространенных причин аварийных отключений.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по выяснению причин немотивированных отключений ВЛ-110 кВ и мероприятий по снижению их числа, также по внедрению мер повышения надёжности ВЛ и объяснение причин немотивированных отключений.

## 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрические системы состоят из электрических сетей, выполняющих передачу энергии и электроснабжения потребителей.

Линии электропередачи – элемент системы электроснабжения.

Сеть электроснабжения характерна тем, что соединяет удалённые друг от друга пункты источников и потребителей электрической энергии. Транспорт электрической энергии чаще всего производится по линиям электропередач, расположенным на открытом воздухе. Их конструкция всегда должна отвечать двум основным требованиям:

1. надёжность;
2. безопасность.

Во время эксплуатации линии электропередач подвергаются воздействию различных природных явлений: гроза, ветер, налесь, подвергающие линию высоким механическим нагрузкам.

Анализируя воздушную линию электропередач, рассматриваются такие технические элементы как:

1. Опоры –устройства для удержания проводов линии электропередач, классифицируются по назначению (опорные, угловые, анкерные, концевые), по способу установки в грунт (непосредственно в грунт, на фундаменте), по напряжению (0,4; 6–10; 35; 110; 220; 330; 500; 750; 1150).

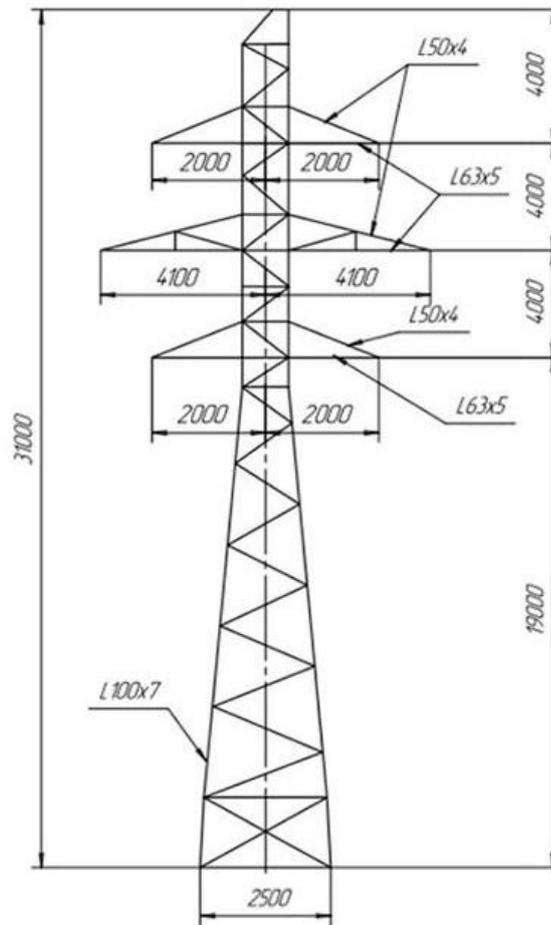


Рисунок 1 – Опора ВЛ

2. Провода предназначены для передачи электрической энергии к потребителю.



Рисунок 2 – Провод линии электропередач

3. Линейная арматура предназначена для соединения проводов, изоляторов.



Рисунок 3 – Линейная арматура

4. Изолирующее устройство для изоляции проводов линии электропередач.

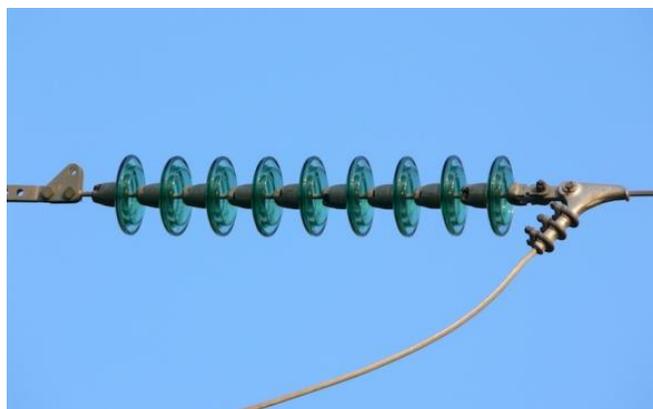


Рисунок 4 – Гирлянда изоляторов

Изоляторы могут изготавливаться из стекла, фарфора и полимерных материалов.

Изоляторы подразделяются на:

- Высоковольтные для работы на открытом воздухе в герметичном и не герметичном исполнении;

- Линейный для работы на открытом воздухе штыревой, стержневой, анкерный;
  - Защитный полый изолятор, предназначенный для использования в качестве изолирующей защитной оболочки электротехнического оборудования.
5. Траверс элемент несущей конструкции: горизонтальная балка опирающаяся или подвешенная на вертикальные опоры.

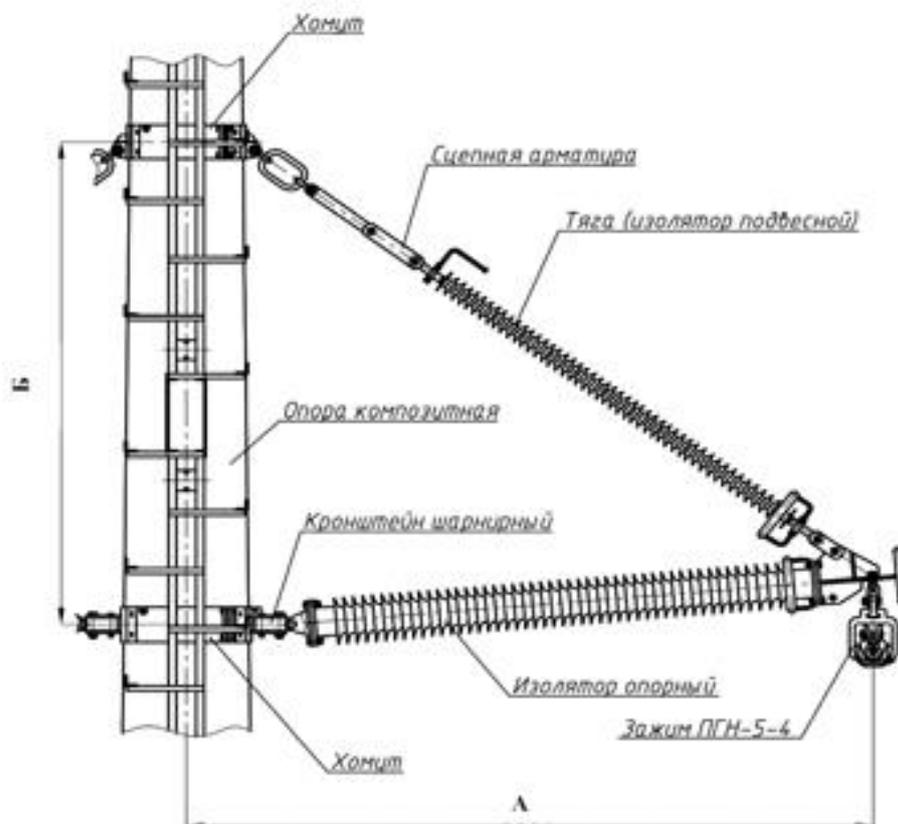


Рисунок 5 – Схема траверса

6. Грозозащитные тросы, заземленный молниеотвод, проходящий вдоль линии электропередач.

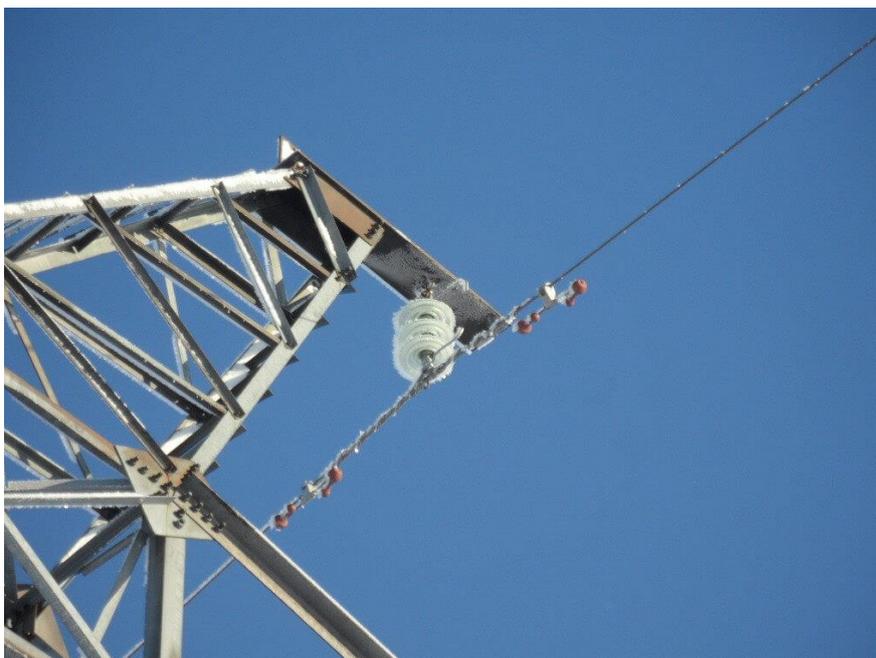


Рисунок 6 – Грозозащитный трос

7. Разрядники ограничивают от перенапряжений в электрических сетях.



Рисунок 7 – Разрядник

8. Заземление – это соединение какой-либо точки сети с заземляющим устройством. Заземление воздействия тока путём снижения напряжения прикосновения до безопасного для человека и животных значения.

9. Заземления в электротехнике подразделяют на естественное и искусственное.

- Естественное заземление имеет постоянное нахождение в земле;

- Искусственное заземление – это соединение какой-либо точки электрической сети с заземляющим устройством.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (совокупность соединений между какой – либо точкой электрической сети и заземляющего проводника), заземляющий проводника, соединяющего заземляемую часть с заземлителем.

Воздушные линии электропередачи отличаются по напряжению:

- ВЛ до 1000 В (низковольтные ВЛ);
- ВЛ выше 1000 В (высоковольтные ВЛ).
- среднее напряжение (ВЛ 1 – 35кВ);
- высокое напряжение (ВЛ 110-220кВ);
- сверхвысокое напряжение (ВЛ 330–750кВ);
- ультравысокое напряжение (ВЛ свыше 750кВ).

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются воздушные линии напряжением 110 кВ.

## **1.1 ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ**

Основные работы по техническому обслуживанию воздушных линий регламентировано приказом Министерства энергетики РФ от 25 октября 2017г. N1013 изм.13 июля 2020 г.

Плановый ремонт также следует подразделять на:

- планово-предупредительный ремонт. Его следует выполнять с периодичностью, установленной в документации, а объем ремонта должен определяться по перечню работ с учетом технического состояния и включать выполнение дополнительных ремонтных работ для устранения дефектов, выявленных в процессе эксплуатации;

- ремонт по техническому состоянию. Он представляет собой ремонт, при котором определение технического состояния оборудования следует

выполнять с периодичностью, объем и момент начала ремонта должны определяться техническим состоянием оборудования.

– **неплановый ремонт.** Не предусматривается графиком ремонта. Неплановый ремонт проводится с целью устранения последствий неисправностей, влияющих нормальную работу сети, а также по результатам осмотра технического состояния.

– **аварийный ремонт.** Проводятся в случаях устранения последствий аварии на оборудовании для восстановления его работоспособности.

При организации планово-предупредительного ремонта в зависимости от объема выполняемых мероприятий ремонты следует подразделять на текущие, средние или капитальные.

Капитальный ремонт оборудования, выполняется для полного восстановления или близкого к полному ресурса объекта с заменой или восстановлением некоторых его частей. При проведении капитального ремонта оборудования не должно изменять своё функциональное назначение. Целью капитального ремонта является восстановление его технико-экономических характеристик до значений, близких к проектным.

При среднем ремонте оборудования выполняется восстановление исправности и частичное восстановление ресурса элемента с заменой или восстановлением составных частей, предусмотренном в документации.

Текущий ремонт выполняется для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса, с заменой или восстановлением частей объекта в объеме, предусмотренном в документации.

## **1.2 ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

Для надежности работы и бесперебойного питания воздушных линий электропередачи, и предотвращения разрушения или преждевременного

износа элементов сети, из-за нарушения режима работы сети и влияния окружающей среды, проводят планово-предупредительный ремонт.

Он позволяет провести ряд работ, который направлен на восстановление оборудования, замену деталей. Это обеспечивает экономичную и непрерывную работу оборудования.

Основные работы по техническому обслуживанию ВЛ:

1. Периодический осмотр не реже 1 раза в год;
2. Верховой осмотр выборочной проверки проводов 20 лет и более, в зонах с высокой интенсивностью загрязнения не реже 1 раза в 6 лет;
3. Выборочный осмотр отдельных ВЛ не реже 1 раза в год;
4. Осмотр ВЛ подлежащих ремонту проводится перед самим ремонтом;
5. Внеочередной осмотр проводится после отключений и нарушений работы.

### **1.3 ЭТАПЫ СИСТЕМЫ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ**

Можно определить несколько условий относительно ремонта оборудования:

– выполнение необходимого количества часов планового ремонта, повторяющихся в цикле, удовлетворяется главная необходимость электрооборудования в ремонте;

– объем планово-предупредительного ремонта электрооборудования зависит от необходимости выполнения работ, необходимых для устранения имеющихся дефектов, и обеспечения работы электрооборудования до следующего запланированного ремонта без перебоев;

– организация и контроль планово-предупредительного ремонта основываются на обычном объеме работ, выполнение которого обеспечивает работоспособное состояние оборудования;

– нормальный объем работ определяется благодаря установленным оптимальным периодам между плановыми периодическими ремонтами;

– в период между планово-периодическими периодами необходимо проводить дополнительные осмотры и проверки электрооборудования, которые являются средством своевременного выявления дефектов и являются профилактическими мероприятиями.

От конструктивных особенностей электрооборудования, назначения, ремонтных особенностей и условий эксплуатации зависит чередование и периодичность планового ремонта электрооборудования.

Плановый ремонт начинается с подготовки. Подготовка основывается на подробное ознакомление с выявленным дефектом, выбор деталей замены, используемых при ремонте. Специально создается алгоритм проведения запланированного ремонта, обеспечивающий бесперебойную работу во время ремонта. Выполнение работ по представленному подходу дает возможность без нарушения привычной работы производства осуществить полный ремонт оборудования.

Грамотно составленный график планово-предупредительных ремонтов предусматривает:

- планирование;
- подготовку электрооборудования к плановому ремонту;
- проведение планового ремонта;
- проведение мероприятий, связанных с плановым техническим обслуживанием и ремонтом.

## **2 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ОТКЛЮЧЕНИЙ ВЛ – 110 КВ КОПЬЕВО – ОРДЖОНИКИДЗЕ**

Перечень ненормативных отключений был взят из оперативного журнала оперативно диспетчерской службы. Аварийные отключения были обусловлены не своевременным техническим обслуживанием, старением оборудования, грозовыми перенапряжениями, изменениями температуры окружающего воздуха, птицами, продолжительной ветровой нагрузкой и недостатком конструкции проходного изолятора. Всего за рассматриваемый период произошло 25 аварийных отключений, по ним были составлены 23 акта.

Рассматриваемая ВЛ – 110 кВ Копьево – Орджоникидзе протяженностью 90,803км, имеющая 523 опоры была введена в эксплуатацию в 1994 году. Проходит через населенные пункты, болото, поле, лес, холмистую и горную местность. Линия состоит из металлических и железобетонных опор. Металлические промежуточные, промежуточные пониженные и анкерные угловые колонны.

На всех опорах установлены гасители вибрации, гасители пляски, Защита от перенапряжений.

Установлены грозозащитные тросы АС – 120/19, АС – 95/16 общей продолжительностью 89 км.

Таблица 1 – Исходные данные отключений ВЛ из оперативного журнала

№ акт а	Организационные причины	Описание организационной причины	Содержание мероприятия	Количество обесточенного населения
1	2	3	4	5
256	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)	В 23–57 произошло однофазное КЗ ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе(С-328/С-76/С-77) фазы «В» на «землю». Причиной возникновения нарушения явилось загрязнение изоляции фазы «В» на опоре 335 ржавчиной, что в условиях повышенной влажности привело к перекрытию изоляции и срабатыванию РЗ, и отключению ВЛ110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).	1. Провести внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (с- 328/С-76/С-77). 2. На основании внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (с-328/С-76/С-77) разработать мероприятия по замене загрязнённой изоляции. 3. По результатам внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево –Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) внести выявленные замечания в журнал дефектов с указанием сроков их устранения.	
271	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)	В 09-46 произошло однофазное КЗ ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) фазы «С» на «землю». Причиной возникновения нарушения явилось перекрытие загрязненной изоляции на опоре № 67 фаза «С».	1.Произвести внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77). Произвести ремонт шлейфа опора №1 фаза «С» (выполнено 31.05.2017). 2.Разработать мероприятия по проведению ТВК соединения шлейфов ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).	1264

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
313	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)	В 04-21 произошло однофазное КЗ ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) фазы «В» на «землю». Причиной возникновения нарушения явилось загрязнение изоляции ржавчиной, что в условиях повышенной влажности привело к перекрытию изоляции и срабатыванию РЗ и отключению ВЛ 110 кВ Копьево-Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77)	1. Произвести замену загрязненной изоляции, согласно разработанных мероприятий. 2. Разработать мероприятия по замене загрязненной изоляции и покраске траверс опор. Внести выявленные при осмотре дефекты в эксплуатационную документацию с указанием сроков их устранения.	
332	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Ветровые нагрузки (Длительное воздействие ветровой нагрузки)	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Копьево -Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) явилось воздействие ветровых нагрузок не по расчетной «розе ветров», что привело к приближению шлейфа фазы «С» к телу опоры №99 и срабатыванию РЗ на отключение.	1. Произвести внеплановый осмотр в пролетах опор №94-104 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77). 2. Разработать мероприятия по установке поддерживающей гирлянды изоляторов на опоре № 99 фаза «С» ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77).	1205
763	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной отключения ВЛ 110 кВ Ужур – Учум II цепь с отпайкой на пункт учёта (С-74) и ВЛ110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) явилось воздействие атмосферных перенапряжений (грозы), что привело к перекрытию изоляции на участке ВЛ 110 кВ С-76 на опоре 210 фаза «А», в результате чего защиты ВЛ 110 кВ Ужур – Учум II цепь с отпайкой на пункт учёта (С-74) сработали на отключение ВЛ с УАПВ.	1. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77), выполнить измерение сопротивления ЗУ опоры №210. 2. Разработать мероприятия по результатам измерения сопротивления ЗУ опоры №210.	

Продолжение таблицы 1

1	2	4	4	5
781	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77)явилось загрязнение изоляции на опоре № 107, что в условиях повышенной влажности вызвало перекрытие изоляции и срабатывание РЗ на отключение, в 06:36 произошло однофазное КЗВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) фазы А на «землю». Защиты отработали правильно.	1. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77), произвести измерение сопротивления ЗУ опоры №107. 2. На основании внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77) разработать мероприятия по замене загрязненной изоляции. Разработать мероприятия на основании выполненных измерений сопротивления ЗУ опоры №107.	
166	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Неудовлетворительное техническое состояние оборудования (старение изоляции, потеря механической прочности провода, изменение свойств материалов и т.д.))	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77)явилось загрязнение изоляции на опоре № 130, что в условиях повышенной влажности вызвало перекрытие изоляции, срабатывание РЗ на отключение, в 03:53 произошло однофазное КЗВЛ 110кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) фазы С на «землю». Защиты отработали правильно.	1. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77) в пролетах опор 60-185 2. На основании внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С- 328/С-76/С-77) разработать мероприятия по замене загрязненной изоляции (включить в РП-19/РП-20).	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
333	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной возникновения технологического нарушения на ВЛ 110 кВ Копьево–Орджоникидзе(С-328/С-76/С-77) явилось попадание молнии в изолирующую подвеску ф. «В» на оп. №182.	1. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ С-76, произвести измерение сопротивления ЗУ опоры №182. 2. На основании измерений сопротивления ЗУ опоры №182 ВЛ 110 кВ С-76 разработать мероприятия по устранению выявленных замечаний.	
456	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Ветровые нагрузки (Длительное воздействие ветровой нагрузки)	Причиной отключения ВЛ 110кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) явилось повреждение жилы, от воздействия ветровых нагрузок, в пролёте опор 237-238 фазы В, на овальном соединителе провода, с замыканием на фазу «А», что привело к междуфазному замыканию и срабатыванию РЗ на отключение. Защиты отработали правильно.	1. Выполнить внеплановый верховой осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) ВЛ 110 кВ С-77 в пролете опор №327-328. 2. Разработать мероприятия на основании внепланового верхового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) ВЛ 110 кВ С-77 в пролете опор №327-328.	
482	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Неудовлетворительное техническое состояние оборудования)	Причиной возникновения на рушения на ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) опоры №256 фаза «В» явилось загрязнение изоляции ПС -70 ржавчиной, что в условиях повышенной влажности привело к перекрытию изоляции (разрушение 3-ого изолятора) и срабатыванию РЗ на отключение. В 23:11 произошло однофазное КЗ ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) фазы В на «землю». Защиты отработали правильно.	1. Выполнить внеплановый осмотр в пролетах опор 251-261, произвести измерение сопротивления ЗУ опоры №256 на ВЛ 110кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77). 2. На основании измерений сопротивления ЗУ опоры №256, разработать мероприятия по устранению выявленных замечаний, включить в план капитального ремонта на 2020 г. замену загрязненной изоляции на ВЛ 110кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77).	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
482	<p>Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)</p>	<p>Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) явилось наличие паутины на поверхности изоляции ПС-70Е на опоре № 332 фаза «А» в сочетании с образованием росы при вечернем перепаде температур, что привело к пробую гирлянды изоляторов по поверхности и кратковременному отключению ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ.</p>	<p>1. Выполнить измерение сопротивления ЗУ опоры №332 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77). 2. Разработать мероприятия на основании результатов измерения сопротивления ЗУ опоры №332 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).</p>	
904	<p>Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов Дефекты (недостатки) проекта, конструкции, изготовления, монтажа: Недостатки конструкции</p>	<p>В результате длительной эксплуатации (29 лет) кабеля произошел внутренний обрыв жилы 35 в кабеле, что явилось причиной отказа отключения ОД 1Т/110кВ ПС 110 кВ Орджоникидзе В следствии недостатка конструкции проходного изолятора марки ИПУ 10/1000-7,5 УХЛ1 изготовленного на «Камышловском изоляторном заводе» 2008 году, а именно отсутствие на верхней части изолятора защитной крышки.</p>	<p>1. Произвести осмотр проходных изоляторов КРУН-6кВ ПС 110кВ Орджоникидзе на наличие протечек воды. 2. Произвести замену дефектных изоляторов фВ , фС 6кВ 1Т/6кВ ПС Орджоникидзе. 3. Провести внеплановую проверку целостности и сопротивления изоляции контрольных кабелей проходящих по ОРУ-110кВ с опробованием действия защит и автоматики ОД-КЗ /110 кВ 1Т, 2Т ПС 110кВ Орджоникидзе. 4. Направить письмо в адрес завода изготовителя проходных изоляторов, сообщив о выводах комиссии по расследованию технологического нарушения 5. Произвести замену контрольного кабеля</p>	0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
961	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось налипание паутины на проводах в сочетании с повышенной влажностью (туман).	1. На основании внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77), при необходимости разработать мероприятия, направленные на устранение выявленных замечаний. 2. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77).	
961	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось налипание паутины на проводах в сочетании с повышенной влажностью (туман).	1. На основании внепланового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77), при необходимости разработать мероприятия, направленные на устранение выявленных замечаний. 2. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77).	
180	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта (Превышение параметров воздействия ветровых нагрузок относительно условий проекта)	По причине сильного шквалистого ветра (скорость ветра выше расчетных значений для данной ВЛ) с порывами до 33 м/с произошел наброс упаковочного пакета на провод фазы «А» опоры №509 Пакет, зацепившись за ГВН фазы «А» приблизился на недопустимое расстояние к нижней металлической траверсе спровоцировав однофазное замыкание. Неуспешное АПВ ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе произошло по той же причине. После неуспешного АПВ, часть пакета отгорела и упала на землю. РПВ ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе в 11:44 успешное.	1. При плановом осмотре ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) провести фиксацию в листах осмотра стихийных свалок мусора вблизи ВЛ. 2. Выполнить снятие пакета с провода фазы «А» опоры №509 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).	1 250

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
697	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось образование конденсата на поверхности подвесной гирлянды стеклянных изоляторов (марки ПС-70) фазы «С» на опоре № 327 при густом утреннем тумане, что привело к кратковременному перекрытию воздушного промежутка между заземленной траверсой и проводим по поверхности изоляторов.	1. По результатам измерений, наметить мероприятия при необходимости. 2. Выполнить измерение сопротивления заземляющего устройства опоры №327 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77).	
795	Воздействие животных и птиц (Воздействие на ЭУ птиц)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) с успешным АПВ явилось воздействие на электроустановку птиц, в следствии попадания отходов жизнедеятельности птиц на гирлянду стеклянных изоляторов (ПС-70) фазы А опоры № 253, произошло перекрытие изоляции на металлическую траверсу опоры, что привело к срабатыванию 1ст. ТЗНП на ПС 110 кВ Копьево.	1. Включить в ремонтную программу 2023 года замену изоляции и установку ПЗУ на опоре №253 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77). 2. Выполнить замену изоляции и установку ПЗУ на опоре №253 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77).	
973	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ явилось воздействие атмосферных перенапряжений во время грозы, что привело к перекрытию воздушного промежутка между заземленной металлической траверсой опоры №168 и проводом фазы «В».	1. При выполнении плановых осмотров ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) выполнять фотофиксацию паутины на изоляторах, в листах осмотра делать соответствующие заметки. 2. На основании результатов осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77), опоры с наличием паутины на гирляндах ставить в приоритетный план по выполнению верховых осмотров.	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
44	<p>Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Неудовлетворительное техническое состояние оборудования (старение изоляции, потеря механической прочности провода, изменение свойств материалов и т.д.))</p>	<p>По причине повреждения ТСН-2 и межфазного замыкания в зоне действия дифференциальной защиты силового трансформатора 2Т, по сигналу ДЗТ 2Т произошло включение короткозамыкателя 2Т/110кВ (на фазе «А») и отключение ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ на ПС 110 кВ Копьево. В результате естественного старения изоляции обмоток трансформатора (в эксплуатации с 1988) марки ТМ-63/6, используемого в качестве ТСН на ПС 110 кВ Орджоникидзе, произошло внутренне повреждение изоляции трансформатора 2ТСН, что привело к перегоранию предохранителей ПКТ 101-6-10-20 У3 установленных в РУ-6 кВ 2ТСН. При перегорании предохранителя фазы «А» произошло разрушение патрона, что привело к возникновению электрической дуги, перекрытию и межфазному замыканию в отсеке РУ-6 кВ 2ТСН.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнить осмотр и профилактический контроль короткозамыкателя фазы «А» 2Т ПС 110кВ Орджоникидзе.</li> <li>2. По результатам ВВИ ТСН-1 на ПС 110кВ Орджоникидзе, разработать мероприятия по его дальнейшей эксплуатации.</li> <li>3. Произвести внеплановые высоковольтные испытания (ВВИ) ТСН-1 на ПС 110кВ Орджоникидзе.</li> </ol>	
310	<p>Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)</p>	<p>Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось несвоевременное выявление образования дорожек ржавчины на изоляторах фазы «А» опоры № 443, в следствие чего произошло кратковременное перекрытие гирлянды изоляторов.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запланировать работы по антикоррозионному покрытию траверс на участке опор № 425-465 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).</li> <li>2. Выполнить работы по антикоррозионному покрытию траверс на участке опор № 425-465 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77).</li> </ol>	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
395	Воздействие животных и птиц (Воздействие на ЭУ птиц)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось кратковременное перекрытие фазы «С» на опоре № 291 по струе помёта птицы.	1. Выполнить установку ПЗУ на опоре №291 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77). 2. На основании осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) выявить места скопления птиц, определить потребность и необходимость установки ПЗУ на опорах.	
430	Воздействие животных и птиц (Воздействие на ЭУ птиц)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) явилось кратковременное перекрытие фазы «А» на опоре № 352 по струе помёта птицы.	1. На основании планового осмотра ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/ С-77) выявить места скопления птиц, определить потребность и необходимость установки ПЗУ на опорах. 2. Выполнить установку ПЗУ на участке опор №350-353, 355 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77)	
575	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной двух аварийных отключений ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ явилось воздействие атмосферных перенапряжений во время прохождения грозового фронта, что привело к перекрытию воздушного промежутка между заземленной металлической траверсой и проводами на опорах № 202 фаза «В», № 212 фаза «А» и на опоре № 213 фаза «С».	1. Разработать мероприятия на основании верхового осмотра опор №202, №212, №213 на ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе С-328/С-76/С-77, при необходимости. 2. Выполнить верховой осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе С-328/С-76/С-77 опор №202, №212, №213.	

## Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной двух аварийных отключений ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ явилось воздействие атмосферных перенапряжений во время прохождения грозового фронта	1. Разработать мероприятия на основании верхового осмотра опор №202, №212, №213 на ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе С-328/С-76/С-77. 2. Выполнить верховой осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе С-328/С-76/С-77 опор №202, №212, №213.	
783	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ явилось воздействие атмосферных перенапряжений во время прохождения грозового фронта, что привело к перекрытию воздушного промежутка между заземленной металлической траверсой и проводом фаза «С» на опоре № 224.	1. Выполнить верховой осмотр опоры № 244 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) (заказ 152093206). 2. По результатам осмотра опоры № 244 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77), разработать мероприятия, при необходимости.	
191	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление дефектов)	В условиях эксплуатации и интенсивного таяния снега на траверсе опоры № 468 произошло загрязнение поверхности поддерживающей гирлянды стеклянных изоляторов фазы «А» ржавчиной на промежуточной ж/б опоре № 468, что привело к кратковременному пробое изоляции по поверхности и отключению ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) с успешным АПВ.	1. Выполнить замену загрязненной изоляции, покраску траверс на опоре № 468 ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77). 2. Выполнить внеплановый осмотр ВЛ 110 кВ Копьево - Орджоникидзе (С-328/С-76/С-77) на предмет загрязнения изоляции ржавчиной. На основании внепланового осмотра разработать мероприятия по замене загрязненной изоляции и покраске траверс.	

Объём воздействия в 2017 г.		Объём воздействия в 2018 г.		Объём воздействия в 2019 г.		Объём воздействия в 2020 г.		Объём воздействия в 2021 г.	
Виды и объёмы работ	Общие затраты тыс.руб.	Виды и объёмы работ	Общие затраты	Виды и объёмы работ	Общие затраты	Виды и объёмы работ	Общие затраты	Виды и объёмы работ	Общие затраты
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Замена изоляторов - 7392 шт.; Замена траверс - 4 шт.; Замена/монтаж виброгасителей - 20 шт.; Окраска траверс - 1674 м2; Расчистка трасс - 17,16 га; Ремонт ЗУ - 17 шт.; Ремонт провода - 30 м; Установка ПЗУ - 255 шт.;	10637,01	Выправка опор - 15 шт.; Замена опоры - 1 шт.;	531,87	Замена/монтаж виброгасителей - 32 шт.; Расчистка трасс - 18 га;	2009,02	Ремонт грозотроса - 8 м; Ремонт ЗУ - 146 шт.;	220,30	Расчистка трасс - 14,44 га;	524,17

Таблица 2 – Работы, проводимые на данной ВЛ в рассматриваемый промежуток времени

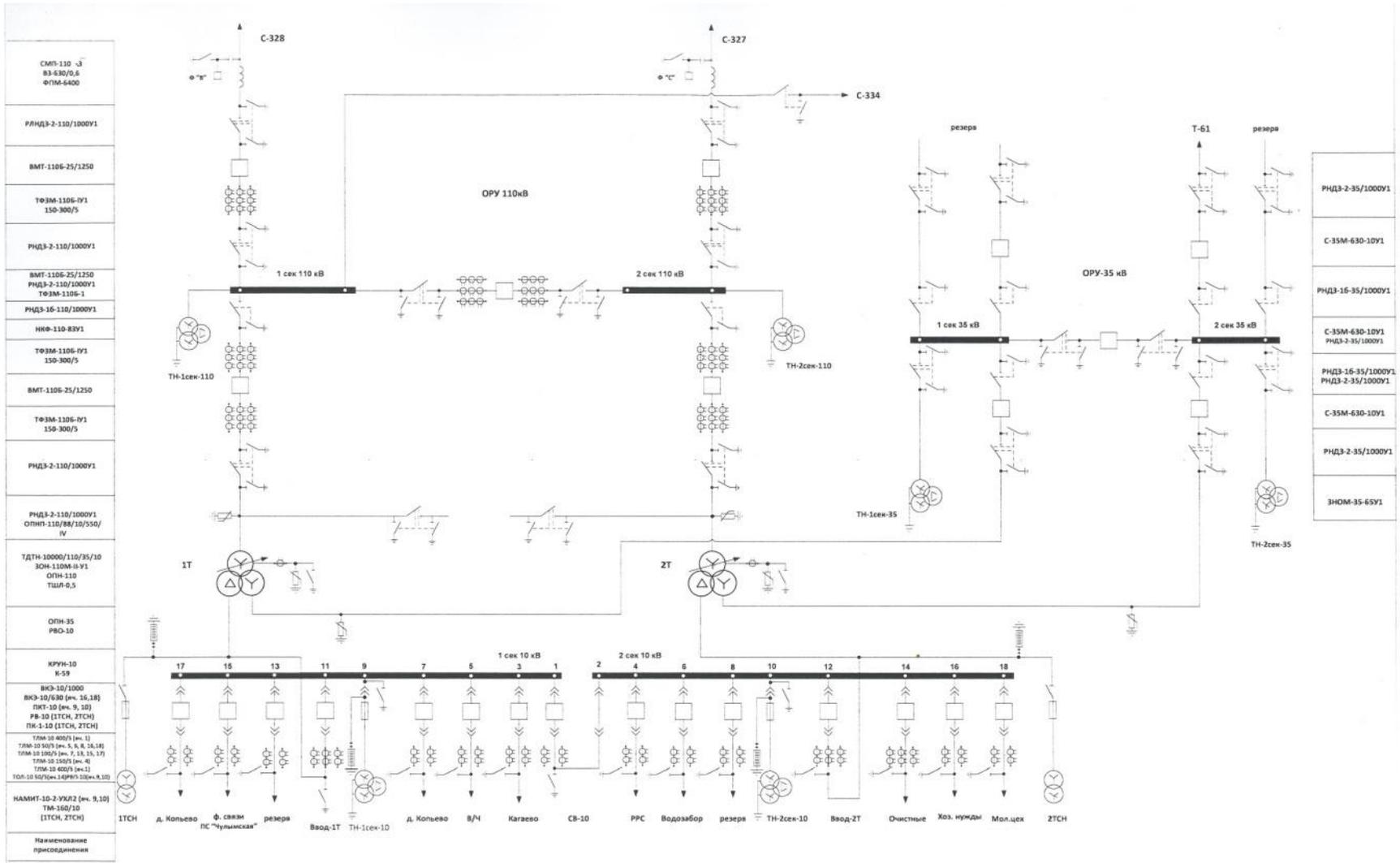


Рисунок 8 – Однолинейная схема ПС Копьево 110 кВ

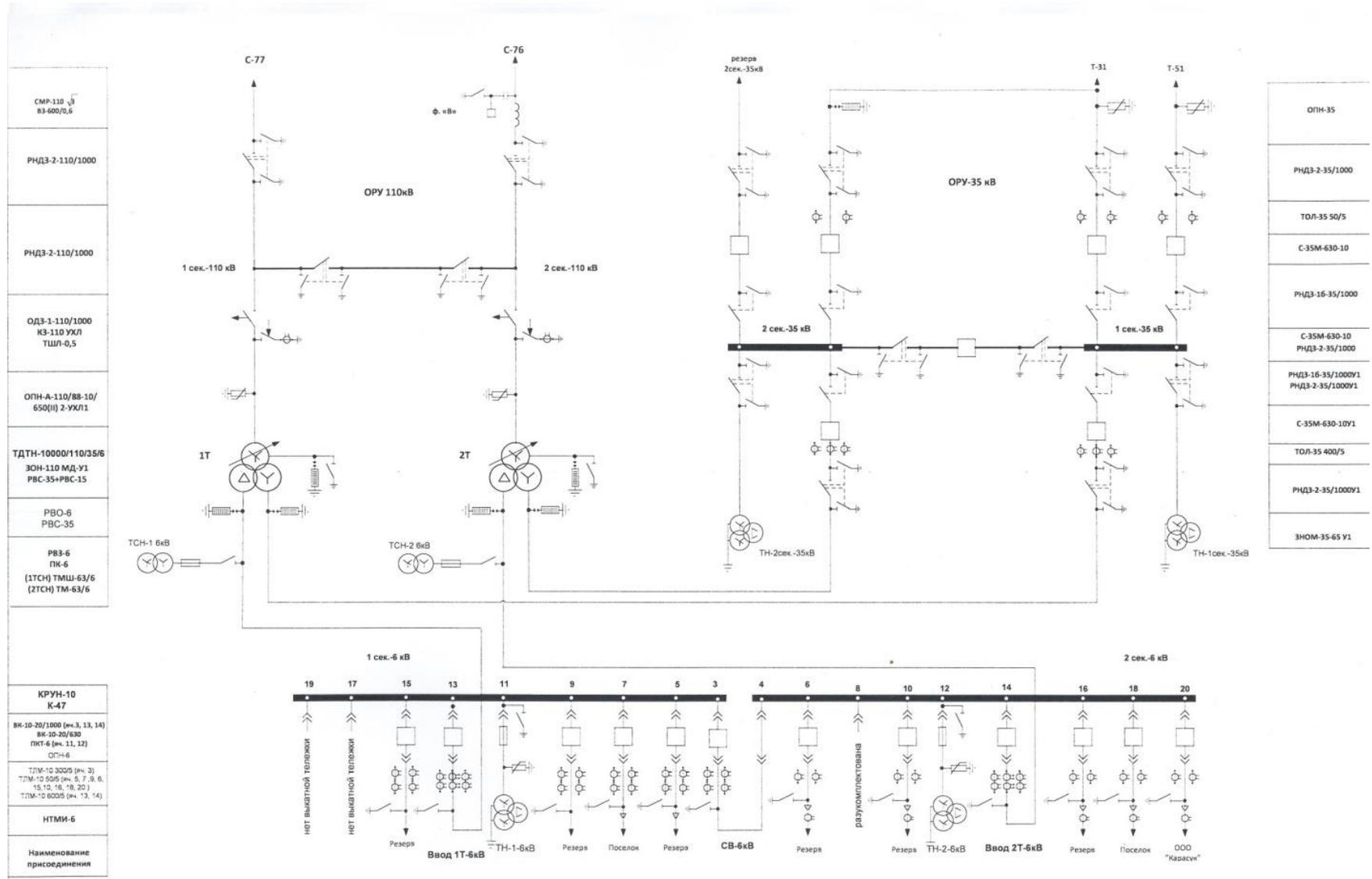


Рисунок 9 – Однолинейная схема ПС 110 кВ Орджоникидзе

Трехлинейная схема ВЛ с обозначением фазировки, воздушных и кабельных участков линии электропередачи

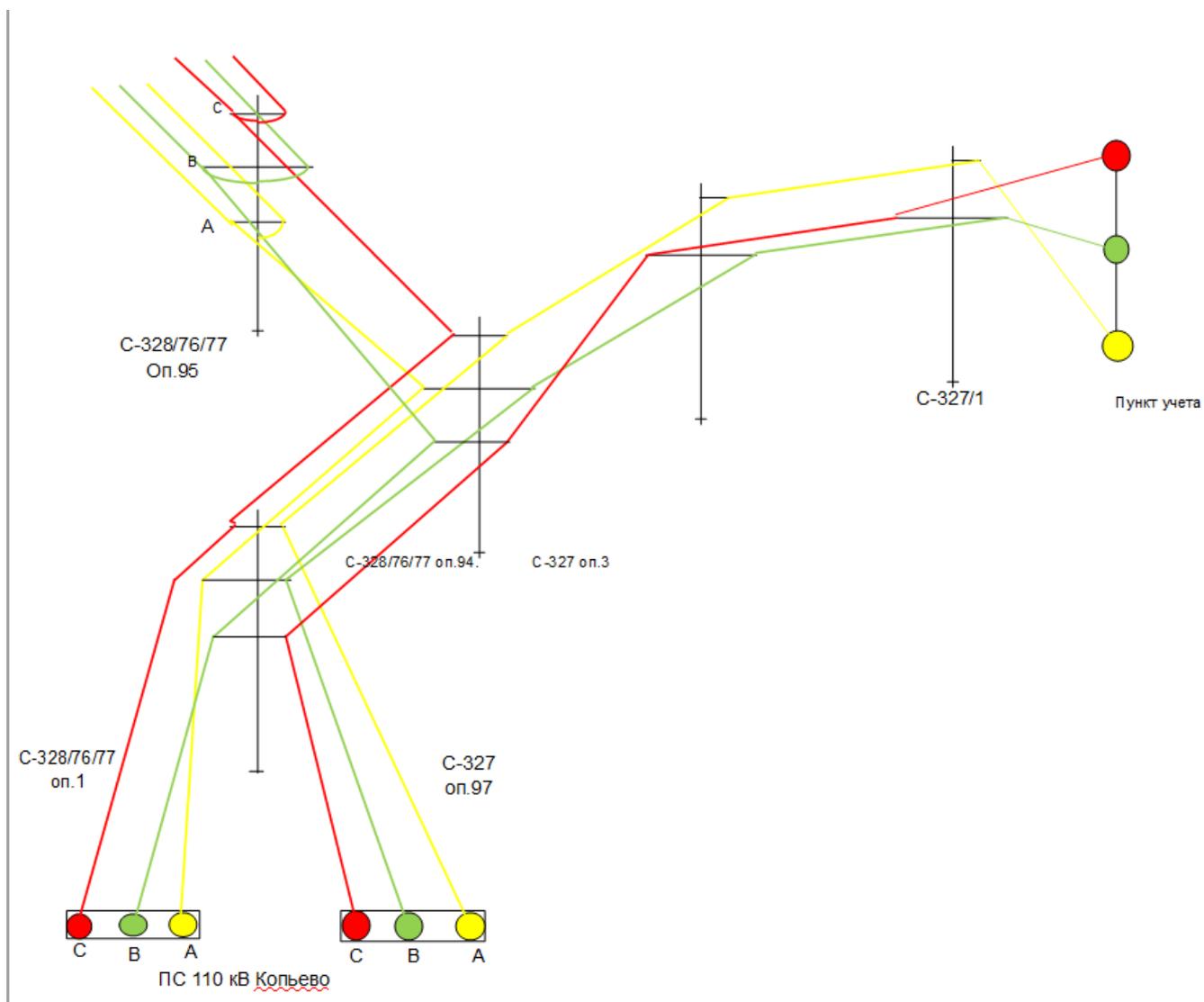


Рисунок 10 – Трехлинейная схема ВЛ– 110 кВ Копьево – Орджоникидзе (С– 328, С– 76/77)

Исходя из данных таблицы 2 можно сделать вывод о том, что большее количество отключений линии происходят от воздействия погодных условий, от перекрытия изоляторов, а также из – не соблюдения сроков обслуживания. Все ненормативные отключения несли кратковременный характер.

Причины отключений воздушной линии за рассматриваемый период сгруппированы по организационным причинам и указаны в таблице 3.

Таблица 3 –Причины отключений за период 2017-2021 годы.

Группа	Наименование ЛЭП	№ акта	Организационные причины
			4
1	2	3	4
ВЛ	ВЛ 110 кВ Кошьево–Ордж (С-328/С-76/С-77)	256,271, 313, 781, 166, 482, 904, 44, 310.	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоевременное выявление и устранение дефектов)
		763, 333, 973, 575, 783	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)
		482, 961, 697	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)
		795, 395, 430	Воздействие животных и птиц (Воздействие на ЭУ птиц)
		332, 456	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Ветровые нагрузки (Длительное воздействие ветровой нагрузки)
		904	Дефекты (недостатки) проекта, конструкции, изготовления, монтажа: Недостатки конструкции

Причинами повреждений несущий ненормативные отключения  
закljučаются в:

- грозовые перенапряжения;
- изменение температур окружающей среды;
- жизнедеятельность птиц;
- продолжительные ветровые нагрузки;
- вибрации;
- естественное старение оборудования.

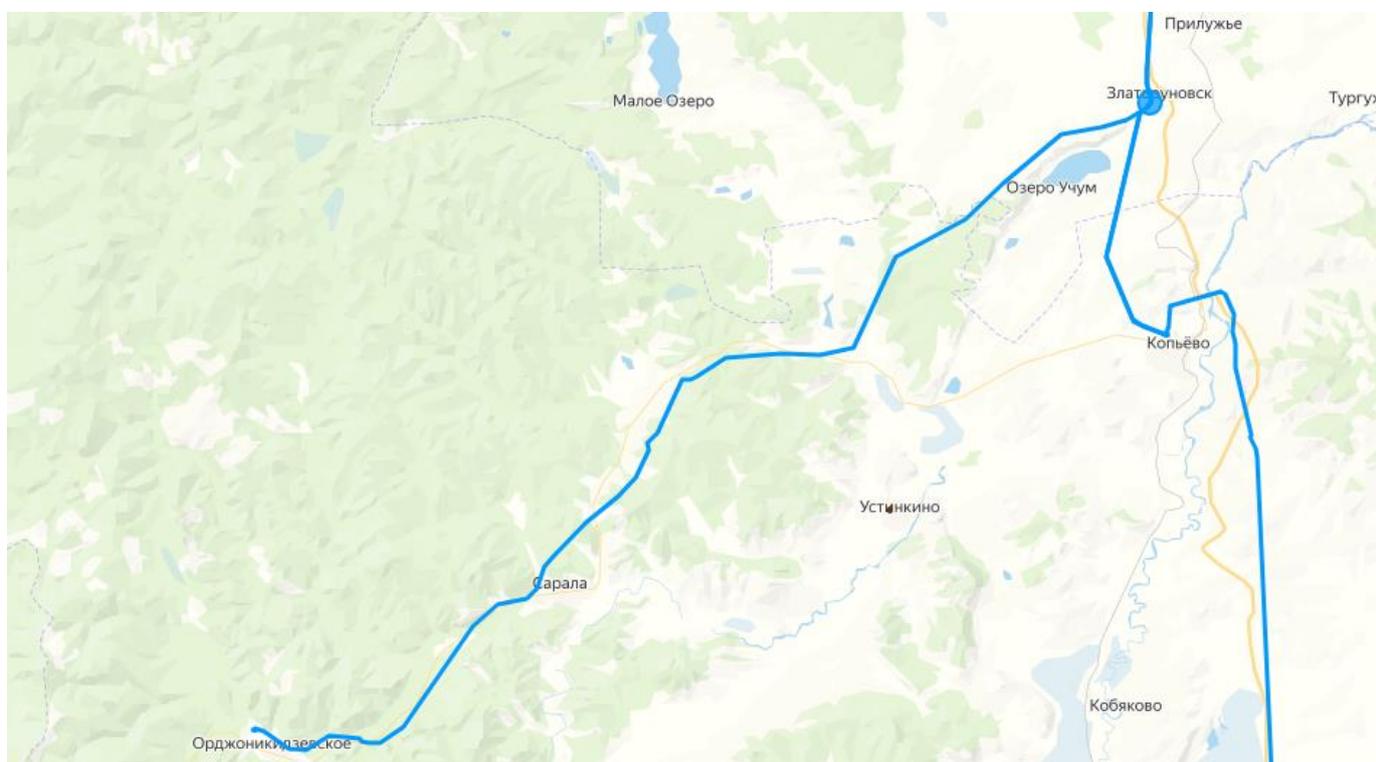


Рисунок 11– Привязка к местности ВЛ 110 кВ

## 2.2 АНАЛИЗ ОТКЛЮЧЕНИЙ НА ВЛ

Для ВЛ-110 кВ Копьево–Орджоникидзе (С-328, С-76/77) за рассматриваемый период в оперативных журналах диспетчерского персонала было зафиксировано 25 аварийных отключения. Из них 6 (24 % от общего числа) по причине – грозовые перенапряжения; 4 отключений (16 %), вызваны перепадами температур окружающего воздуха; 3 отключений (12 %), вызваны «действием» птиц; 2 (8 %) – вызваны длительным воздействием ветровой нагрузки; 9 (36 %) – несвоевременное обслуживание 1(4 %) – недостатки конструкции.

Таблица 4 – Процентное отношение по причинам отключений

Причина	Количество отключений	%
1	2	3
Несвоевременное обслуживание	9	36
Грозовые перенапряжения	6	24
Перепады температур	4	16
Птицы	3	12
Продолжительные ветровые нагрузки	2	8
Недостатки конструкции	1	4
Всего	25	100

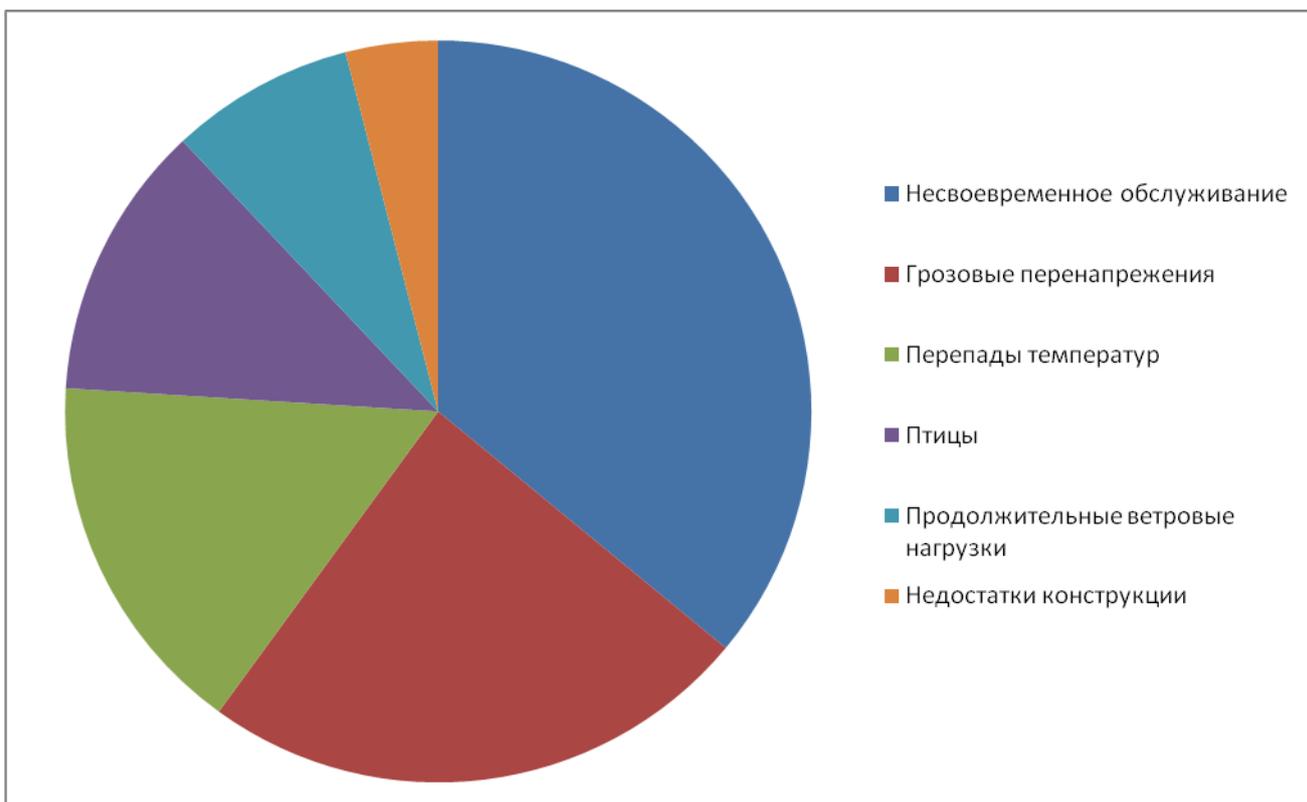


Рисунок 12 – Распределение общего числа аварийных отключений ВЛ 110 кВ

Карты районов по количеству грозových часов в году, ветров и т.д. не полностью демонстрируют влияние погодных условий.

На основе анализа выяснилось, что основными причинами являются:

- несвоевременное выявление и устранение проблем;
- погодные условия.

Используемые карты географического и климатического расположения сети не полностью отображают действительное влияние погодных условий, в связи с изменением климата. Исходя из анализа выяснилось, что грозовые перенапряжения и загрязнения линии являются основными причинами ненормированных отключений.

## 2.3 АНАЛИЗ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

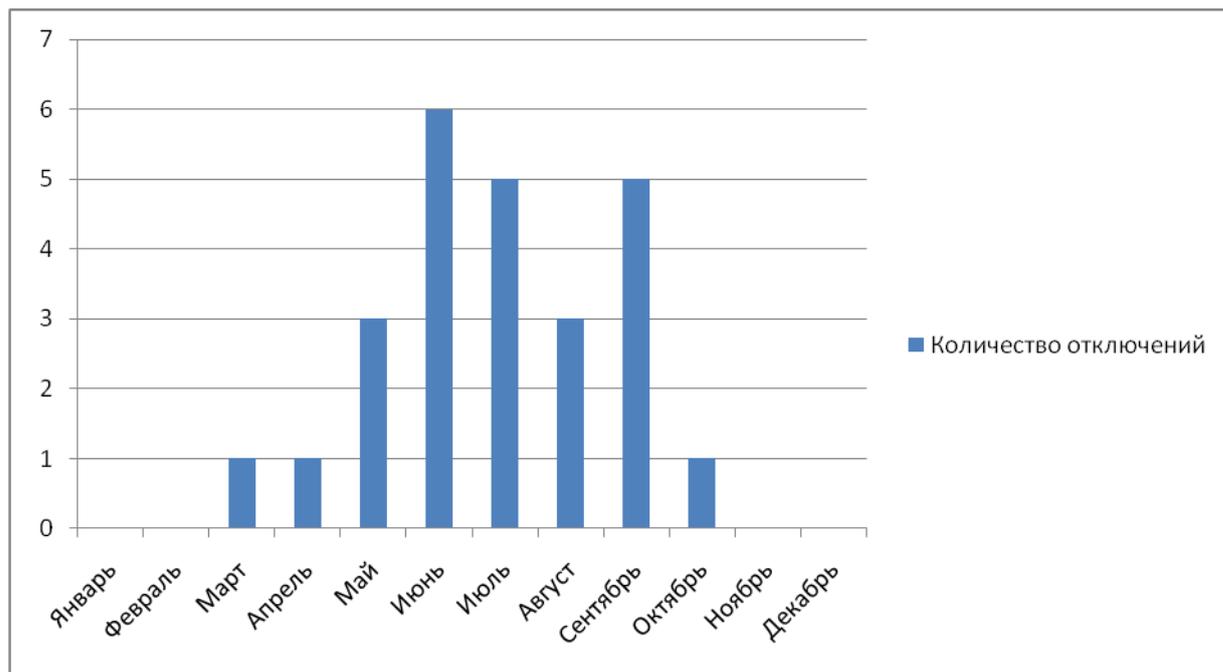


Рисунок 13– Динамика отключений ЛЭП – 110кВ

Большинство аварийных отключений происходили с мая по сентябрь, В этот период средняя температура воздуха составляла 15,3°С. Средние ежемесячные температуры отображены в таблице 5.

Таблица 5 – Средние температуры

Год	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	за го д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2017	-13,5	-12,6	-1,3	6,7	12,2	20,7	19,4	16,6	9,4	1,1	-6,3	-12,1	3,4
2018	-21,8	-16,4	-6,0	4,3	9,3	20,6	19,1	18,7	10,7	3,9	-6,2	-12,1	1,4
2019	-18,1	-17,6	0,0	4,4	9,9	17,4	18,8	18,2	11,4	3,3	-8,9	-12,9	2,2
2020	-13,8	-10,4	-1,6	9,0	15,1	15,1	19,3	17,9	10,3	2,4	-4,1	-14,0	3,8
2021	-19,4	-14,0	-4,9	3,9	11,2	15,6	19,8	17,5	9,5	2,4	-4,2	-11,9	2,1

Количество грозчасов в регионе 20-40 часов в год.

Данные отключения несли кратковременный характер благодаря работе АПВ линии. Большинство отключений произошли в летние – осенние месяцы, их причиной обусловлены погодными явлениями.

#### **2.4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВОДИМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

В годы рассматриваемого периода времени (таблица 6) количество отключений не имеет большой разницы, в 2017–2019 гг. значительное количество отключений приходится на несвоевременное выявление и устранение проблем линии, в последующие же года причинами аварийных отключений имели климатический характер. Проведенные мероприятия не влияют на уменьшение ненормативных отключений, обусловленных погодными явлениями.

Количество отключений, связанных с загрязнениями изоляции линии в 2017-2019 гг., было наибольшее количество так как не проводились расчистки трасс, в дальнейшие годы данные работы проводились, что положительно сказалось на количестве аварийных отключений обусловленных данной причиной.

Объём выполняемых работ по предотвращению отключений, связанных с природными явлениями оказалось не достаточным в полной мере, т.к с 2019 года произошло увеличение аварийных отключений по данной причине.

Таблица 6 – Количество отключений в годы рассматриваемого периода

Год	Количество отключений
1	2
2017	6
2018	4
2019	5
2020	4
2021	6
Итого	25

### 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Из анализа аварийных отключений на ВЛ 110 кВ Копьево Орджоникидзе (С – 328/ С 76–77) можно сказать, что существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления конструкции.

Одно из решений проблем с птицами –использование полимерных колпаков для защиты подвесных изоляторов. Колпак применяется для защиты гирлянды изоляторов от загрязнения жизнедеятельностью птиц, осадков, и механического воздействия. Их использование увеличивает срок службы гирлянды изоляторов, уменьшает возможность возникновения аварийных отключений.

Препятствием к размещению на критичных элементах конструкции опор линии электропередач рекомендуется использовать искусственные заграждения, выполненные из композитных диэлектрических материалов.

Контурная защита металлической сеткой частей горизонтальных траверсов, непосредственно над гирляндами изоляторов рекомендуется использовать металлическую контурную сетку, оно должно препятствовать к гнездованию птиц в критичных частях конструкции воздушной линии.

Сетчатое заграждение должна предотвращать попадание внутрь конструкции птиц.

Мероприятия, для всех видов отключения, которые были рассмотрены в данной выпускной квалификационной работе.

Были составлены программы, исходя из мероприятий по доработке проблем обеспечения надежности в электроэнергетике

- переработка карт погодных явлений;
- разработка обеспечения защиты линии от действия механических повреждений, связанных с жизнедеятельностью птиц;
- разработка плана работ по усилению конструкции ВЛ;
- разработка системы механизмов, обеспечивающих соблюдение надежности по всех цепочке от генерации до потребителя.

Предприятие, обслуживающее электрические сети должна поддерживать высокий уровень качества и надежности сетей в условиях работы.

Все большую популярность набирают беспилотные авиационные системы для диагностики состояния воздушных линий.

С помощью данных устройств можно определять видимые дефекты, положения и отклонения опор, перегретые элементы и выполнять другие осмотры. При использовании таких устройств у заказчика появляются более точные результаты о состоянии воздушных линий, при этом полученные безопасным способом, так как исключается прямое взаимодействие человека и электросетей. Но недостатком данного устройства является ограниченное количество задач. Такие проекты появились недавно, их функциональные возможности ограничены и не покрывают всех проблем, связанных с обнаруживаем на воздушных линиях.

Беспилотный летательный аппарат может сократить время на визуальное исследование воздушной линии, в связи с тем, что электромонтёру по ремонту ВЛ службы высоковольтных линий не затрачивает время на подготовку средств безопасности при верхолазных работах, и подъём на опоры воздушной линии.

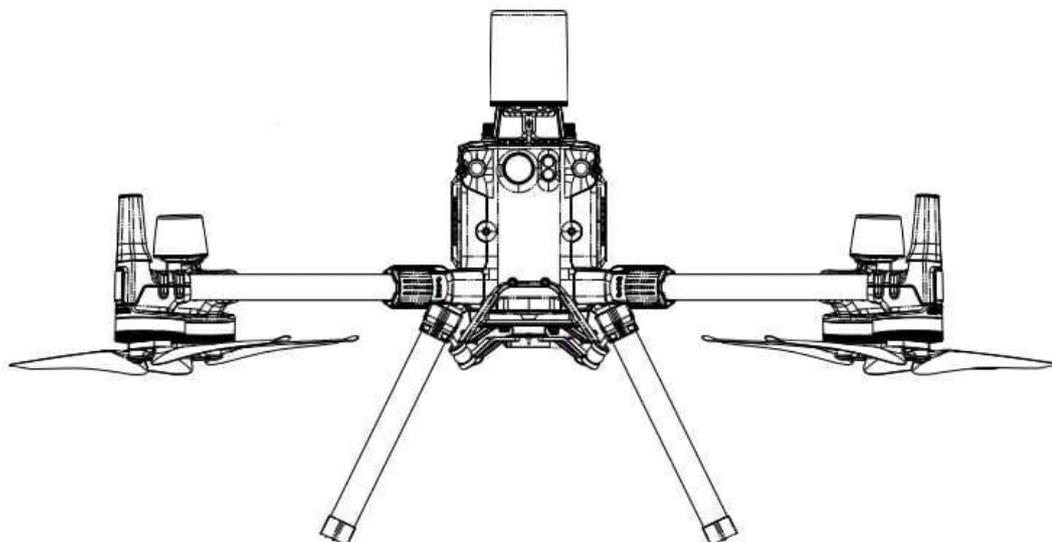


Рисунок 14– БПЛА для осмотра ВЛ

Использование БПЛА может уменьшить время затраченное выездной бригадой, при осмотрах линий электропередач.

Стоимость одного беспилотного летательного аппарата DJI Matrice 300 RTK имеющего тепловизионную камеру составляет 2100000рублей.

Технические характеристики:

- максимальная дистанция передачи составляет 6000 метров;
- время работы от батареи 2.5 часа, максимальное время полёта 60 минут;
- максимальная допустимая скорость ветра 10 м/с;
- диапазон рабочих температур -20..+40°C;
- максимальная полезная нагрузка 2,7 кг;
- Диапазон рабочих температур -20..+40 °С.

Предотвратить перекрытия изоляции помётом птиц рекомендуется применять птицевзащитные устройства ЗП– АП 2.

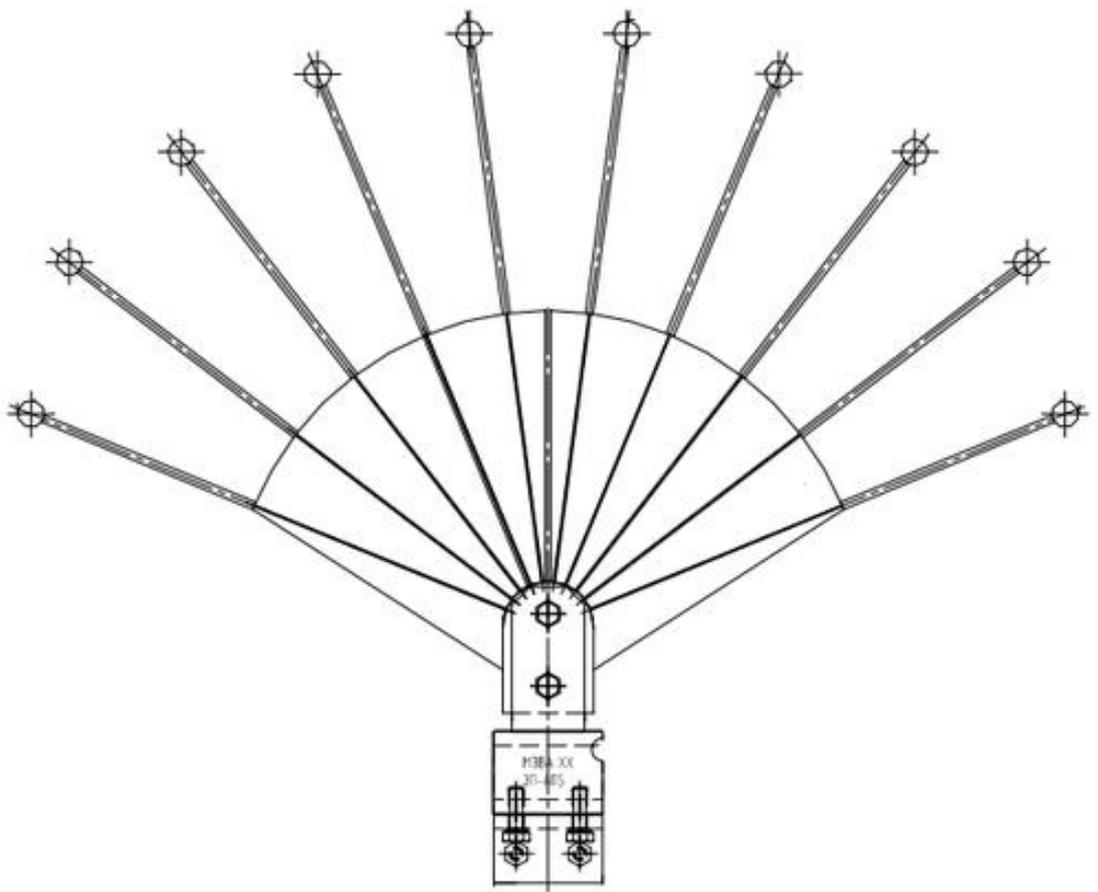


Рисунок 15 – Птицезащитное устройство ЗП– АП 2

Достоинства устройства:

- устойчивость к атмосферным явлениям;
- большая зона защиты;
- универсальное крепление.

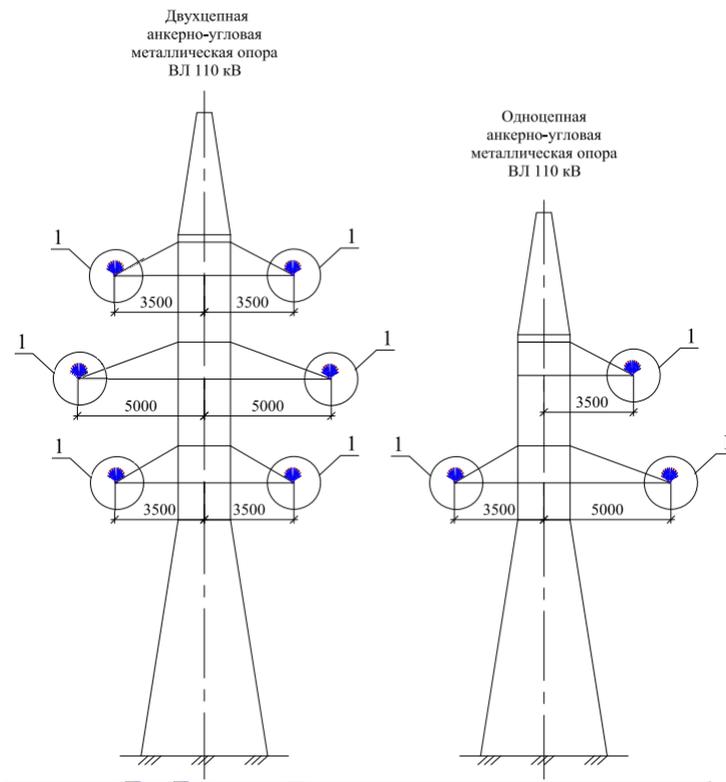


Рисунок 16 – Установка ПЗУ на анкерных опорах

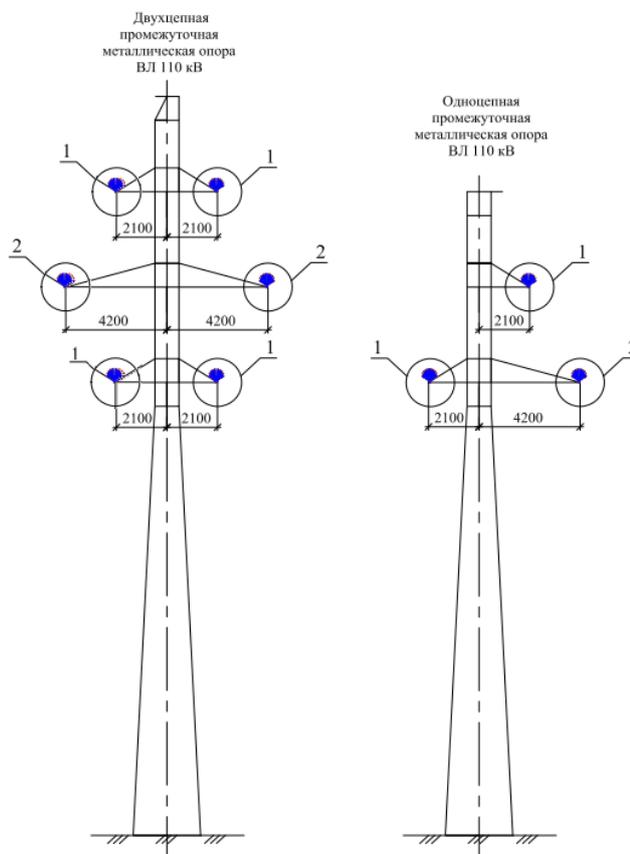


Рисунок 17 – Установка ПЗУ на промежуточных опорах

Предназначено для защиты гирлянд изоляторов от загрязнения продуктами жизнедеятельности птиц и самих птиц от поражения электрическим током. Устройство устанавливается на траверсе ВЛ рядом с местом крепления изолятора или гирлянды изоляторов и препятствует посадке птицы на траверсу в зоне его защиты. Кроме того, оно обладает отпугивающим эффектом за счет колебаний устройства, вызываемых воздействием ветра.

Цена птицевозащитного устройства ЗП– АП 2 составляет 4890 рублей за шт.

Воздушная линия между ПС 110 кВ Учум и ВС110 кВ является двухцепной для опор такого вида необходимо устанавливать по 6 ПЗУ (номера опор 1 – 95), остальная линия одноцепная устанавливаются по 3 ПЗУ на опору ( номера опор 96 –523).

Были выполнены работы по установке ПЗУ в 2017 году были установлены 255 шт.

Для введения данного мероприятия необходимое количество защитных устройств:

$$S = (95 * 6 + 428 * 3) - 255 = 1599 \text{ шт.}$$

Стоимость установки ПЗУ типа ЗП – АП2 составит:

$$З = 1599 * 4890 = 7819110 \text{ рублей.}$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены результаты анализа аварийных отключений и их причин ВЛ 110 кВ Копьево Орджоникидзе (С – 328/ С 76–77) и рекомендованы перспективные пути снижения риска возникновения аварий на ЛЭП-110 кВ.

Были получены следующие результаты:

- выполнен статистический анализ аварийных отключений и их причин;
- предложены мероприятия по снижению риска возникновения ненормативных отключений на ВЛ-110 кВ;

По итогам выполненной работы можно сделать вывод: основными причинами отключений ВЛ-110 кВ являются несвоевременное техническое обслуживание; грозовые перенапряжения и перепады температур, самое большое количество отключений приходится на период с май по сентябрь в местности с частыми перепадами температур и усилениями ветра.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 152 с.: ил.
2. Воропай, Н. И. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике [текст]: / Н. И. Воропай, Г. Ф. Ковалёв, Ю. Н. Кучеров. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. – 212с.
3. Дулесова, Н. В. Анализ причин непреднамеренных отключений ВЛ-220 кВ / Н. В. Дулесова, К. Е. Демчук. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика [Текст]: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно – практической конференции г. Воронеж, №2 (28) (Volume 5,issue 2) 2017 г. – ФГБОУВО «ВГЛТУ», 2017. С 102-106/153.
4. Заземление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/library/direction/pue/razdel-2-5-10.html>
5. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И УСТРАНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕПОЛАДОК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/91840/1/fti\\_2020\\_015.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/91840/1/fti_2020_015.pdf)
6. Классификация ВЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page>.
7. Краткая характеристика развития электрических сетей и систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-dox.ru/proekt/2.html>.
8. Линии электропередач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tss-spb.pro/uslugi/linii-elektroperedach.html>.
9. Лучинкин, А. В. Проблемы управления режимами работы энергетических систем / А. В. Лучинкин, Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов. // Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах: сб. ст. Междунар. науч.-пр. конф. - Пенза, 2012 г. - С. 37-45.

10. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik\\_1566.html](http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1566.html).

11. Основные вопросы проектирования воздушных линий электропередач: учебное пособие / Ф. Р. Исмагилов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2015. — 211 с.: ил. – Библиогр.: с. 208-210.

12. Основные понятия и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pointer.laser-squad.com/isr/books/tehobs1/ponyatiya.html>.

13. Основные понятия теории надежности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.obzh.ru/nad/4-1.html>.

14. ПАО Россети Сибирь - «Хакасэнерго» [Сайт]. – Режим доступа: <http://www.mrsk-sib.ru/index.php?lang=ru19>.

15. Планово-предупредительный ремонт оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.galaktika.ru/eam/planovo-predupreditelnyj-remont-oborudovaniya.html>.

16. Планово-предупредительный ремонт электрооборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroremont/1081-planovo-predupreditelnyj-remont.html>.

17. Причины повреждений на воздушных линиях электропередачи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/422-prichiny-povrezhdenijj-na-vozdushnykh.html>.

18. Проблемы надежности электрических систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poznayka.org/s65121t1.html>.

19. Промышленные квадрокоптеры DJI [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://dji300rtk.ru/?yadclid=97375873&yadordid=174525321&yclid=6644527665318461439>

20. Птицезащитные устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd>.

21. ПТИЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosseti.ru/investment/standart/corp\\_standart/doc/СТО\\_34.01-2.2-025-2017.pdf](https://rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/СТО_34.01-2.2-025-2017.pdf)

22. Устройство защиты от птиц типа ЗП-АП2, ЗП-АП2-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.uik.ru/productions/171/armaturazasita/ustroistva-ot-ptits/zp-ap2/>

23. Устройство ЛЭП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/vl/1688-ustrojstvo-vozdushnykh-ljep-raznogo.html>

24. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения: учебное пособие / В. Я. Хорольский, М.А. Таранов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 128 с.

25. Шатова, Ю. А. Показатели надежности ЛЭП-220 кВ Пензенской энергосистемы / Ю. А. Шатова, А. А. Кривошапов, Н. Н. Алешина. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7864>.

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Используемые 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)

Топоев Д.В  
(ФИО)

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»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Коловский А. В. Коловский

подпись инициалы, фамилия

« 04 » июля 2022 г.

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Исследование причин отключения ВЛ – 110 кВ Копьево –  
тема

Орджоникидзе (С-328/С-76 – 77)

Руководитель Дулесова 01.07.22 доцент, к.э.н.  
подпись, дата должность, ученая степень

Н.В. Дулесова  
инициалы, фамилия

Выпускник Топоев 01.07.22  
подпись, дата

Д.В. Топоев  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер Кычакова 01.07.22  
подпись, дата

И.А. Кычакова  
инициалы, фамилия

Абакан 2022