

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 Шира –

тема

Копьево (С-334)

Руководитель

Н.В. Дулесова

Выпускник

Д.А. Кравченко

Нормоконтролер

И.А. Кычакова

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

_____ А. В. Коловский

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в виде бакалаврской работы

Студенту _____ Кравченко Данилу Александровичу _____
(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 Шира – Копьево (С– 334)

Утверждена приказом по институту № 211 от 15.04.2022

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

Исходные данные для ВКР Схемы электрических соединений ПС 110 кВ Копьево, ПС 110 кВ Шира, поопорная схема ВЛ 110 кВ С–334, данные из оперативных журналов диспетчерского персонала ЮЭС ПО ЦУС.

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Планово– предупредительный ремонт оборудования

1.2 Основные усилия, обеспечивающие планово– предупредительный ремонт оборудования

1.3 Состояние ВЛ

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика Ширинского РЭС

2.2 Исходные данные для исследования причин отключения ВЛ – 110 кВ Шира – Копьево

2.3 Анализ отключений на ВЛ

2.4 Анализ ВЛ

2.5 Анализ погодных условий

2.6 Эффективность проводимых мероприятий

3 Практическая часть

3.1 Замена провода АС на АСВТ или АСВП

3.2 Остальные меры для предотвращения отключений на ВЛ

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части:

Схема электрических соединений ПС 110 кВ Шира;

Схема электрических соединений ПС 110 кВ Копьево;

Поопорная схема ВЛ 110 кВ Шира – Копьево (С-334).

Руководитель ВКР

подпись

Н. В. Дулесова

инициалы, фамилия

Задание принял к
исполнению

подпись

Д. А. Кравченко

инициалы, фамилия студента

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Исследование причин отключения высоковольтной линии электропередач ВЛ-110 кВ Шира – Копьево (С – 334) содержит 51 страниц текстового документа, 14 рисунков, 14 таблиц, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

НАДЕЖНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВЕРОЯТНОСТЬ, ЛИНИЯ, ПРИЧИНА, АНАЛИЗ, АВАРИЯ.

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

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

Методы исследования – в процессе выполнения исследований применялись: методы математической статистики; методы теории надежности и информации.

Научная новизна исследования заключается в применении современных методов измерения информации о состоянии ЛЭП. Использований новой технологии сбора проводов.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ-110 кВ. Выявление наиболее распространенных причин непреднамеренных отключений линий электропередач 110 кВ для Республики Хакасия и юга Красноярского края. Внедрении мер уменьшающих риск возникновения новых аварий на производство.

Значимость работы – обусловлена тем, что рекомендации проведенного анализа, могут быть использованы ПАО «Россети Сибири» - «Хакасэнерго» при проектировании новых распределительных сетей и обновлении старых.

Задачи выпускной квалификационной работы:

провести статистический анализ аварийных отключений и их причин;

предложить мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Investigation of the causes of disconnection of the 110 kV high-voltage transmission line Shira – Kopevo (S – 334) contains 51 pages of a text document, 14 figures, 14 tables, 25 sources used, 3 sheets of graphic material.

RELIABILITY, EFFICIENCY, PROBABILITY, LINE, CAUSE, ANALYSIS, ACCIDENT.

The object of the study is the 110 kV overhead line of PJSC Rosseti Siberia - Khakasenergo.

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

Research methods – in the course of research, the following methods were used: methods of mathematical statistics; methods of reliability and information theory.

The scientific novelty of the research lies in the application of modern methods of measuring information about the state of power lines. The use of a new technology for collecting wires.

The purpose of the final qualification work is to analyze the condition of the 110 kV overhead line. Identification of the most common causes of unintentional disconnections of 110 kV power lines for the Republic of Khakassia and the south of the Krasnoyarsk Territory. Implementation of measures that reduce the risk of new accidents in production.

The significance of the work is due to the fact that the recommendations of the analysis can be used by PJSC Rosseti Siberia – Khakasenergo when designing new distribution networks and updating old ones.

Tasks of the final qualifying work:

to conduct a statistical analysis of emergency shutdowns and their causes;

to propose measures to reduce the risk of accidents on the 110 kV overhead line.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть	8
1.1 Планово-предупредительный ремонт оборудования.....	11
1.2 Основные условия, обеспечивающие планово-предупредительные отношения относительно ремонта оборудования.....	11
1.3 Состояние ВЛ	13
2 Аналитическая часть.....	16
2.1 Характеристика Ширинского РЭС	16
2.2 Исходные данные для исследования причин отключений ВЛ – 110 кВ Шира – Копьево.....	18
2.3 Анализ отключений на ВЛ	30
2.4 Анализ ВЛ	31
2.5 Анализ погодных условий.....	33
2.6 Эффективность проводимых мероприятий	39
3 Практическая часть	41
3.1 Замена провода АС на АСВТ или АСВП	41
3.2 Остальные меры для предотвращения отключений на ВЛ	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение постоянной работоспособности электроэнергетических систем является главной задачей современной энергетики. Для выполнения этой задачи нам приходится решать проблемы возникшие при воздействия внешней среды на элементы энергосистемы.

Сильное влияние внешней среды может привести к аварии на участке сети. Это в свою очередь лишит потребителей и электроприёмники электроэнергии, или она будет плохого качества.

Тема является довольно актуальной из-за того, что все мы пользуемся электроприёмниками каждый день и любое внеплановое отключение воздушной линии электропередач из-за перекрытия изоляции, нарушения конструкции, и других воздействий приводит к различным негативным последствиям. И для решения этой проблемы ежедневно обучаются специалисты, вкладывают силы научные сотрудники и целые предприятия.

На сегодняшний день рассматриваются такие проблемы как:

- грозовые отключения на ВЛ;
- перекрытия загрязнённой изоляции;

В данной работе объектом исследования является ВЛ-110 кВ Шира – Копьево (С–334).

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

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является анализ состояния ВЛ 110 кВ и выявление наиболее распространенных причин отключения и составления мер по решению проблем на линии 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.

1 Теоретическая часть

Задачу передачи электроэнергии и электроснабжения потребителей выполняют электрические сети, а их группа образует уже электрическую систему.

Линии электропередач (ЛЭП) – элемент системы электроснабжения, по которой происходит передача электроэнергии на дальние расстояния.

Характеризуется сеть электроснабжения тем, что соединяет удалённые источники электроэнергии 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.

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

Устройство воздушной линии электропередач состоит из таких элементов как:

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 кВ);

Провода предназначены для передачи электрической энергии к потребителю;

Линейная арматура предназначена для соединения проводов, изоляторов;

Изолирующее устройство для подвешивания и изоляции проводов линии электропередач. Могут изготавливаться из стекла, фарфора и полимерных материалов.

Изоляцию различают на:

- Для работы на открытом воздухе — штыревые, стержневые;
- Опорные
- Проходные
- Для работы на открытом воздухе — с нормальной и усиленной изоляцией;
 - Высоковольтные вводы для работы на открытом воздухе в герметичном и негерметичном исполнении.
 - Линейный для работы на открытом воздухе штыревой, тарельчатый, стержневой, анкерный.
 - Защитный полый изолятор, предназначенный для использования в качестве изолирующей защитной оболочки электротехнического оборудования.

Траверс элемент несущей конструкции: горизонтальная балка опирающаяся или подвешенная на вертикальные опоры.

Грозозащитные тросы заземленный молниеотвод, проходящий вдоль линии электропередач.

Разрядники ограничивает от перенапряжений в электрических сетях.

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

Заземление в электротехнике подразделяют на естественное и искусственное:

- Естественное заземление имеет постоянный выход на землю.
- 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 рассматривается воздушная линия высокого напряжения 110 кВ.

Каждый электрический приёмник в любое время может находиться в одном из 3 состояний: исправном, работоспособном и неработоспособном состоянии.

Работоспособность – состояние объекта, при котором объект всё ещё может выполнять заданные функции и сохранять значения основных параметров.

Неработоспособность – состояние объекта, при котором объект не может выполнять все заданные функции и не может сохранять значения основных параметров.

Основные параметры характеризуют функционирование объекта при выполнении поставленных задач и устанавливаются в нормативно-технической документации (НТД).

Переход объекта из состояния работоспособности в состояние неработоспособности в львиной доле случаев происходит по причине повреждений и аварий.

Повреждения вызваны конкретными изменениями в элементах сети (обрыв провода, деформация детали и т.д.)

1.1 Планово-предупредительный ремонт оборудования

Перед планово-предупредительным ремонтом следует проводить периодические осмотры ВЛ по графику, утверждённому ответственным лицом за электрохозяйство. Сроки периодических осмотров воздушных линий обусловлены местными условиями, назначения ВЛ, вероятности повреждений, и состояния окружающей среды. В соответствии с ТКП 181-2009 периодичность осмотров каждой ВЛ по всей длине должна быть не реже 1 раза в год. Не реже чем 1 раз в год административно-технический персонал должен проводить выборочные осмотры отдельных участков линий, подлежащие ремонту, по утвержденному графику.

1.2 Основные условия, обеспечивающие планово-предупредительные отношения относительно ремонта оборудования

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 внешней среды, проводят планово-предупредительный ремонт.

Ремонт в свою очередь позволяет без последствий для потребителей починить и заменить пострадавшее оборудование.

Основные работы по техническому обслуживанию воздушных линий регламентировано СТО 5694707 – 29.240.55.111 – 2011

Таблица 1 – Основные работы по техническому обслуживанию ВЛ и сроки их проведения

Наименование работы	Сроки проведения
1	2
Осмотры	
Периодический осмотр в дневное время без подъема на опоры	По графикам, утвержденным главным инженером электросети. Не реже 1 раза в год
Верховой осмотр с выборочной проверкой состояния проводов, тросов в зажимах и дистанционных распорок	На ВЛ или их участках со сроком службы 20 лет и более или проходящих в зонах интенсивного загрязнения, а так же по открытой местности - не реже 1 раза в 6 лет; на остальных ВЛ - не реже 1 раза в 12 лет
Выборочный осмотр отдельных ВЛ (их участков) инженерно-техническим персоналом	Не реже 1 раза в год
Осмотр ВЛ (их участков), подлежащих капремонту инженерно-техническим персоналом	Перед ремонтом
Вне очередной осмотр	После отключений при нарушениях работы, после стихийных явлений, при возникновении условий, которые могут привести к повреждению ВЛ, после автоматического отключения ВЛ релейной защитой (по решению руководства ПЭС)
Ночной осмотр	По мере необходимости
Основные профилактические измерения, проверки	
Проверка расстояния от проводов до поверхности земли и различных объектов, до пересекаемых сооружений	По графику, утвержденному главными инженером ПЭС не реже 1 раза в 3 года, а также по мере необходимости после осмотра ВЛ или капитального ремонта и реконструкции
Измерение стрел провеса проводов и грозозащитных тросов, расстояний между проводами и проводов до элементов опор: на ВЛ 35–220 кВ в 3–5% на ВЛ 330-750 кВ– в 1% пролетов	Не реже 1 раза в 6 лет
Проверка состояния опор, проводов, тросов изоляции (визуально)	При периодических осмотрах
Проверка и подтяжка бандажей, болтовых соединений, гаек, болтов	Не реже 1 раза в 6 лет
Проверка антикоррозионного покрытия металлических опор, траверс, подножников и анкеров оттяжек с выборочным вскрытием грунта	Не реже 1 раза в 6 лет
Проверка загнивания деталей деревянных опор	Первый раз через 3-6 лет после ввода в эксплуатацию, далее не реже 1 раза в 3 года, а также при поднятии на опору

Продолжение таблицы 1

1	2
Проверка состояния контактных болтовых соединений проводов электрическими измерениями	Не реже 1 раза в 6 лет
Проверка (визуально) целостности изоляторов всех типов	При осмотре ВЛ
Проверка электрической прочности фарфоровых изоляторов	Первый раз на 1-2 год, второй раз на 6-10 год после ввода ВЛ в эксплуатацию, далее - в зависимости от уровня отбраковки и условий работы изоляторов
Измерение сопротивления заземляющих устройств опор	После капитального ремонта или реконструкции заземляющего устройства
Измерение сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ 110 кВ и выше с грозозащитными тросами	После обнаружения следов перекрытий или разрушений изоляторов электрической дугой
Выборочное на 2% опор от общего числа опор с заземлителями измерение сопротивления заземляющих устройств опор в населенной местности, на участках ВЛ с агрессивными, оползневыми, плохо проводящими грунтами	Не реже 1 раза в 12 лет

1.3 Состояние ВЛ

Таблица 2 – Основные состояние ВЛ по работоспособности

Состояние ВЛ	Характеристика	Возможные дефекты и повреждения	Рекомендация по дальнейшей эксплуатации и ремонту
1	2	3	4
Исправное	Все элементы и узлы исправны	Дефекты и повреждения отсутствуют, конструктивные решения, материал конструкции и условия эксплуатации соответствуют проектным	Выполнение требований нормальной эксплуатации конструкции

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Работоспособное	Элементы и узлы находятся в исправном или работоспособном состоянии; элементы и узлы, находящиеся в неработоспособном состоянии, не приводят к потере работоспособности конструкции в целом	Часть элементов и узлов имеют допустимые дефекты и повреждения. Имеются отдельные ослабления болтовых и заклепочных соединений, незначительные искривления или погнутости элементов. Противокоррозионная защита частично разрушена, коррозионный износ не опасен и не отражается на несущей способности.	Текущий ремонт в сроки, предусмотренные положением о проведении планово-предупредительных ремонтов
Неработоспособное	Имеются элементы и узлы, находящиеся в неработоспособном состоянии. Дальнейшая нормальная эксплуатация конструкции невозможна	Элементы и узлы имеют дефекты и повреждения. Конструкция подверглась значительному коррозионному износу. Отдельные элементы отсутствуют. Не обеспечиваются условия безопасного подъема и перемещения по элементам стоек, траверс, тросостоек. Часть железобетонных элементов имеют трещины различных видов, превышающие допустимые значения. и локальное отслоение защитного слоя бетона. Имеются существенные деформации и повреждения сжатых элементов конструкции. Отмечаются признаки перегрузки конструкции, обнаружены трещины в элементах. Имеются недопустимые отклонения, относящиеся к группе А и Б	Проведение капитального ремонта в объеме и в сроки, указанные организацией, проводившей обследование. Повреждения категории «аварийный» (группы А) подлежат немедленному устранению. При возможности обрушения - разгрузка конструкции, принятие мер по предотвращению обрушения и обеспечению безопасности людей.

К группе А относятся дефекты и повреждения особо ответственных элементов и соединений, представляющие непосредственную опасность разрушения (сквозные трещины, разрывы основных элементов, срез сварных швов, болтов, заклепок и т.д.);

К группе Б относятся дефекты и повреждения, не представляющие в момент обследования непосредственной опасности для конструкции, но могущие в дальнейшем привести к повреждениям других элементов и узлов или при развитии повреждений перейти в категорию А;

К группе В относятся дефекты и повреждения локального характера, которые при последующем развитии не могут оказать влияние на другие элементы.

Все эти повреждения так или иначе могут привести к смене состояния ВЛ, если ничего с этим не делать, дальше могут произойти серьёзные аварии для всей электрической цепи.

Позже полная реконструкция будет стоить всё дороже. В нашем регионе довольно мало средств чтобы, провести полный ремонт всей системы и выделяются средства на наиболее значимые и приоритетные ремонты и восстановления в экономическом и целостном плане.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика Ширинского РЭС

Зона обслуживания: Ширинский район

Начальник РЭС: Крешевский Алексей Борисович

Заместитель начальника - главный инженер РЭС: Марьясов Иван Юрьевич

Число работающих: штат 59 чел/факт 56 чел.

Транспорт:

Автомашина линейная, бригадная, сетевая повышенной проходимости
5 шт.

Автомобиль легковой 1 шт.

Автомобиль ОВБ, грузовой фургон 1 шт.

Площадь обслуживания 6,88 тыс. км²

Население 26,3 тыс. чел.

Количество мастерских участков 2 шт.

Подстанции 35-110кВ 8 шт.

ВЛ-6-10кВ 712,67 км

КЛ-6-10кВ 5,29 км

ВЛ-0,4кВ 338,03 км

КЛ-0,4кВ 11,3 км

КТП-6-10/0,4кВ, РП 365 шт

Ширинский РЭС входит в ЮЭС.

В ЮЭС входят следующие подразделения:

- Орджонекидзевский РЭС;
- Ширинский РЭС;
- Богградский РЭС;
- Усть-Абканский РЭС;
- Черногорский РЭС.

Южные электрические сети являются составной частью единой энергетической системы России.

Миссия ПАО «Россети Сибирь», и «Хакасэнерго» как его филиала, это надежное и качественное снабжение электрической энергией потребностей экономики и социального сектора по экономически обоснованной цене, за счет эффективного управления распределительными сетями.

Цели предприятия основываются на Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации №511-р 3-го апреля 2013 года.

1. Обеспечение системной надежности и безопасности для поддержания устойчивого функционирования распределительно-сетевого комплекса региона, безопасной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования и сооружений, предотвращение угроз для жизни населения;

2. Устойчивое развитие качества и объемов предоставляемых услуг по передаче электрической энергии, обеспечение экологической безопасности и создание инфраструктурной основы для экономического развития региона;

2.2 Исходные данные для исследования причин отключений ВЛ – 110 кВ Шира – Копьево

Перечень ненормативных отключений был взят из оперативного журнала оперативно диспетчерской группы. 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 17 аварийных отключений описанные в таблице 3.

Таблица 3 – Данные отключений ВЛ из оперативного журнала с 2017 по 2021 год

№ акта	Дата/время события	Организационные причины	Описание организационной причины	Количество обесточенного населения
1	2	3	4	5
334	21.06.2017 15:30	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта (Прочие превышения параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта)	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Шира – Копьево (С-334) явились грозовые перенапряжения с перекрытием изоляции и разрушением 3-ого изолятора на опоре №340 фаза "В", что привело к срабатыванию РЗ на отключение. Другой причиной возникновения нарушения явились грозовые перенапряжения которые в условиях повышенной влажности привели к перекрытию изоляции и срабатыванию РЗ и А на отключение ВЛ110 кВ Туим - Шира (С-336).	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
725	22.08 .2017 06:01	Воздействие животных и птиц (Воздействие на ЭУ птиц)	По данным осциллограмм аварийного процесса, полученных с РАС «Чёрный ящик» ПС 220кВ Туим и ОМП ИМФ-3С ПС 110кВ Шира 22.08.2017 в 06:01 на ВЛ 110кВ Шира-Копьёво (С-334) произошло однофазное КЗ фазы А. Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334)явилось загрязнения изоляции на опоре №288 фаза "А" продуктами жизнедеятельности птиц, что в условиях повышенной влажности привело к перекрытию изоляции с разрушением 8-ого изолятора и срабатыванию РЗ на отключение.	
773	11.09 .2017 01:20	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Несвоеременно е выявление дефектов)	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явились образование паутины на траверсе и гирлянде изоляторов, что в условиях повышенной влажности вызвало перекрытие изоляции на опоре № 218 фаза В и срабатывание РЗ на отключение. По данным аварийного процесса, полученных с ИМФ-3С ПС 110кВ Шира, в 01:20 произошло однофазное КЗ фазы В.	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
977	04.11. 2017 02:10	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта (Превышение параметров воздействия ветровых нагрузок относительно условий проекта)	Причиной возникновения нарушения на ВЛ 110кВ Шира - Копьево (С-334) явилось воздействие ветровой нагрузки 26м/сек, что привело к приближению провода к телу опоры №283фаза "В" перекрытию воздушного промежутка и срабатыванию РЗ на отключение. По данным аварийного процесса, полученных с ИМФ-3С ПС 110кВ Шира, в 02:10 произошло однофазное КЗ фазы В с параметрами	
563	05.08. 2018 11:53	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явились воздействие грозового разряда. При кратковременном перенапряжении на ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) произошло нарушение изоляции фазы "В" наопоре №278 и разрушение 7-го изолятора действием электрической дуги, что привело к срабатыванию защит ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) на ПС 110кВ Шира с успешным АПВ.	
595	12.08. 2018 04:40	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов	В процессе эксплуатации произошло изменение структуры полимерной изоляции фазы В на опоре №119 ВЛ 110кВ Шира - Копьево (С-334), с образованием токопроводящих дорожек, что привело к его перекрытию и срабатыванию РЗ на отключение. Защиты отработали правильно.	2891

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
653	22.08. 2018 02:50	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Неудовлетворительное техническое состояние оборудования)	В процессе эксплуатации произошло изменение структуры полимерной изоляции фазы с на опоре №253 ВЛ 110кВ Шира - Копьёво (С-334), с образованием токопроводящих дорожек, что привело к его повреждению и срабатыванию РЗ на отключение. Защиты отработали правильно.	1205
718	02.09. 2018 14:05	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств: Несвоевременное выявление и устранение дефектов (Неудовлетворительное техническое состояние оборудования свойств материалов и т.д.)	Причиной отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьёво (С-334) явилось снижение изоляционных свойств полимерного изолятора ЛП 70/110 фазы "С" в следствии износа оболочки изолятора, с образованием микротрещин. В условиях проливного дождя произошло проникновение влаги к сердечнику изолятора, что вызвало замыкание на заземленную траверсу опоры № 331, повреждение изолятора и отключение ВЛ 110кВ Шира - Копьёво (С-334) действием защит с неуспешным АПВ на ПС 110 кВ Шира.	2950

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
741	09.09. 2018 06:08	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	При утреннем перепаде температуры окружающего воздуха произошло образование росы на изоляторах ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-34) и привело к перекрытию изоляторов фазы «А» на опоре №31 по поверхности.	
972	21.09. 2019 06:54	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явилось образование росы на элементах ВЛ при густом тумане и утреннем перепаде температур окружающего воздуха, что привело к кратковременному пробое воздушного промежутка между проводом фазы "А" и металлической траверсой опоры № 167.	
83	09.02. 2020 01:30	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта (Превышение параметров воздействия ветровых нагрузок относительно условий проекта)	В результате воздействия на ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) сильного порывистого ветра с порывами до 32 м/с., превышающее расчетные значения определенные проектом, (Приложение № 8, 9), произошло притягивание подвесной гирлянды изоляторов фазы "С" опоры №71 к металлической траверсе на недопустимое расстояние, что привело к кратковременному пробое воздушного промежутка и отключению ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) действием защит с успешным АПВ.	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
530	26.05. 2020 20:23	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта (Превышение параметров воздействия ветровых нагрузок относительно условий проекта)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явились воздействие сильного ветра с порывами до 36 м/с. (Приложение 7), что превышает расчетные значения ветровой нагрузки этой ВЛ (II категория 29 м/с. Приложение 8), в следствии чего на опоре № 306 произошло притягивание шлейфа фазы "В" к металлической траверсе опоры на недопустимое расстояние, что привело к пробоем воздушного промежутка и срабатыванию РЗ на отключение ВЛ.	
842	22.07. 2020 21:47	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явилось воздействие атмосферных перенапряжений (гроза), в следствии чего произошло перекрытие гирлянды изоляторов фазы "С" на опоре №278 и разрушение восьмого изолятора, марки ПСД-70, возникшей электрической дугой.	
923	13.08. 2020 05:18	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) с успешным АПВ, явилось образование конденсата на поверхности подвесной гирлянды стеклянных изоляторов (марки ПС-70) фазы "С" на опоре № 243 при густом утреннем тумане, что привело к кратковременному перекрытию воздушного промежутка между заземленной траверсой и проводим по поверхности изоляторов.	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
485	17.06. 2021 03:48	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явились воздействие атмосферных перенапряжений при грозе, в следствии чего произошло кратковременное перекрытие фазы "С" на опоре № 157 с разрушением восьмого изолятора, что привело к срабатыванию РЗ на отключение ВЛ с успешным АПВ.	
636	18.07. 2021 08:04	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Атмосферные перенапряжения (гроза)	Причиной аварийного отключения ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) явились воздействие атмосферных перенапряжений при грозе, в следствии чего произошло кратковременное перекрытие воздушного промежутка между проводом фазы "В" и заземленной металлической траверсой опоры №344, что привело к срабатыванию РЗ на отключение ВЛ с успешным АПВ.	
674	31.07. 2021 04:59	Воздействие повторяющихся стихийных явлений: Прочие воздействия неблагоприятных природных явлений (Перепады температур окружающего воздуха)	В условии густого тумана, на ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) произошел кратковременный пробой воздушного изоляционного промежутка между шлейфом провода фазы "С" и заземленной металлической траверсой опоры № 306, что привело к отключению ВЛ 110 кВ Шира - Копьево (С-334) с успешным АПВ.	

Из оперативного журнала в ходе анализа будет составлен разбор по причинам отключений и условий, в которых они произошли.

Таблица 4 – Выполненные работы на ВЛ – 110 кВ в рассматриваемый период времени

Имя ЛЭП	Объём воздействия в 2018 г.		Объём воздействия в 2020 г.		Объём воздействия в 2021 г.	
	Виды и объёмы работ	затраты, тыс.руб.	Виды и объёмы работ	затраты, тыс.руб.	Виды и объёмы работ	затраты, тыс.руб.
ВЛ 110 кВ Шира-Копьево (С-334)	Замена изоляторов - 16 шт.;	64,45	Замена изоляторов - 1246 шт; Ремонт грозотроса - 100 м;	1679,34	Выправка опор – 3 шт.; Замена изоляторов - 247 шт.; Ремонт грозотроса - 2 м; Ремонт ЗУ – 5 шт.;	645,50

С помощью данных воздействия на ВЛ предприятием выделим слабые места линии и сможем проанализировать эффективность проведённых мероприятий с помощью исходных данных отключений составляя для себя какие проблемы были решены, а какие нет.

Трехлинейная схема ВЛ с обозначением фазировки, воздушных и кабельных участков линии электропередачи представлена на рисунке 2

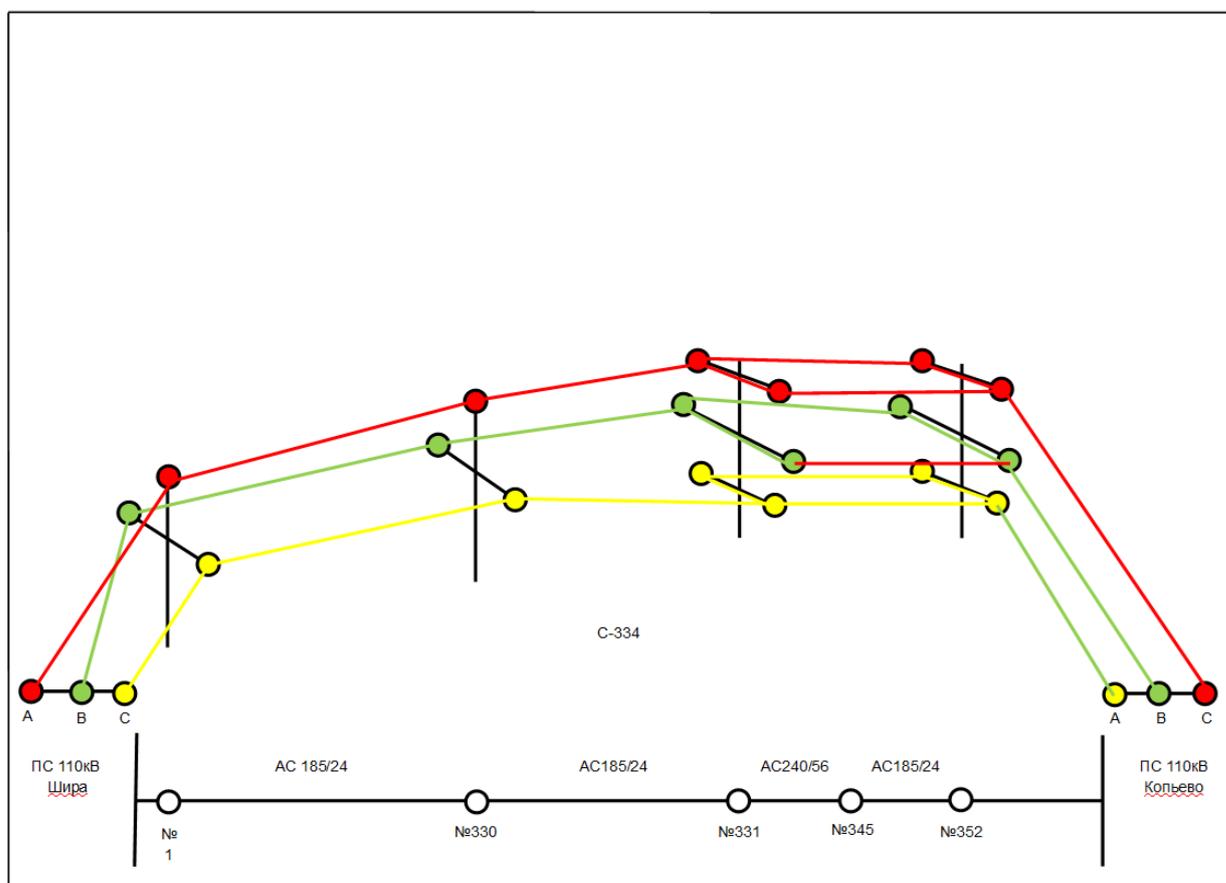


Рисунок 2 – Трехлинейная схема ВЛ– 110 кВ Шира-Копьево (С-334)

На рассматриваемой воздушной линии, протяженностью 68,58 км насчитывается 352 шт. опор. В таблице 4 указаны типы опор и их количество

Таблица 5 – Типы и количество опор

Наименование опор	Количество, шт.	Тип
1	2	3
Промежуточных	322	ПБ110-15, ПС110-9, ПС110-10
Анкерно-угловых	30	У110-1+5, У110-2+5, У110-1+9, УС110-3, У110-2+14

Абревиатуры типов опор:

- ПС – Промежуточная специальная опора;
- ПБ – Промежуточная железобетонная опора;
- У – Угловая опора;
- УС – Угловая специальная опора.

Число 110 после букв, указывает напряжение ВЛ, а число после дефиса – типоразмер опор (нечетная – для одноцепных, четная – для двухцепных опор)
 Число, после знака «+» указывают на размер дополнительной секции-подставки.

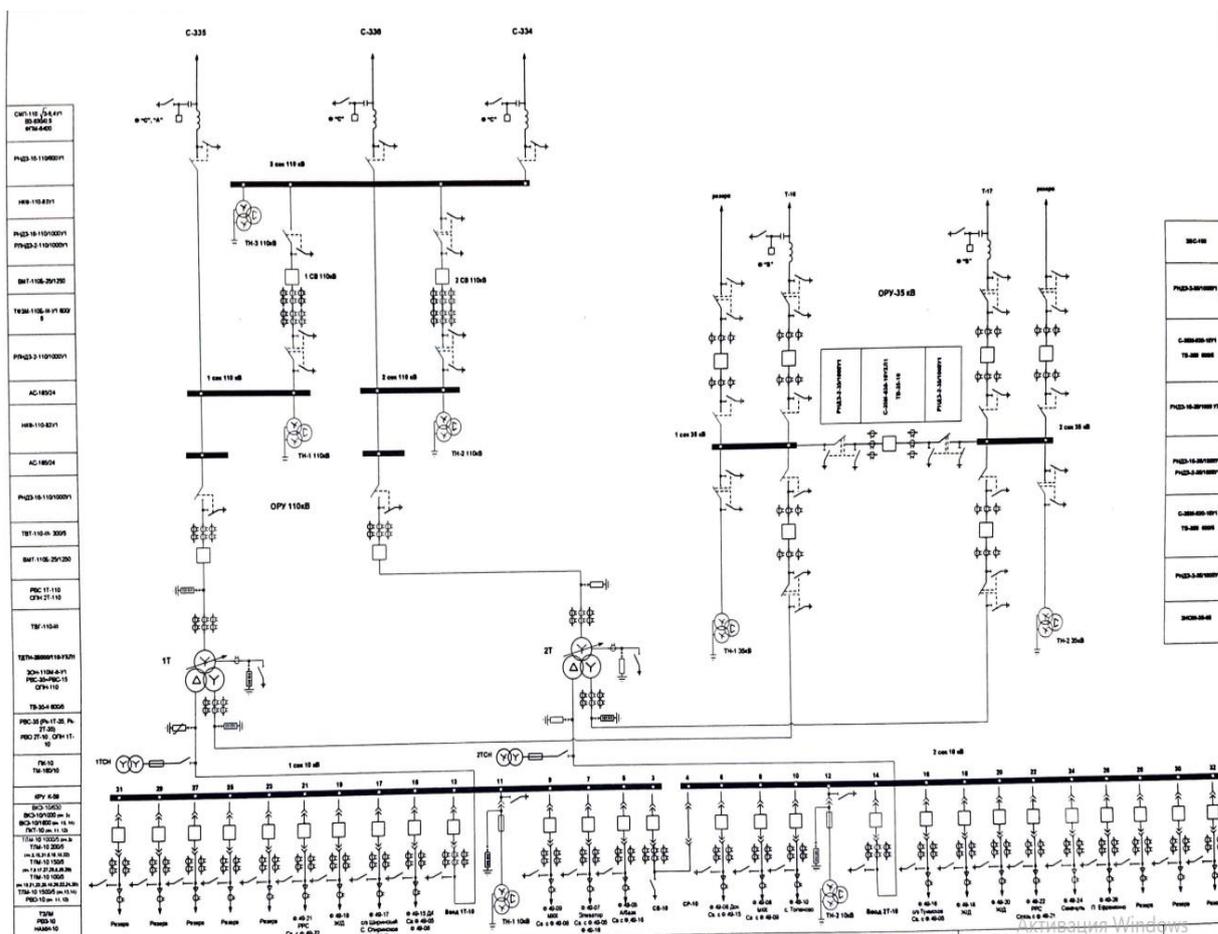


Рисунок 3 – Однолинейная схема ПС 110 кВ Шира

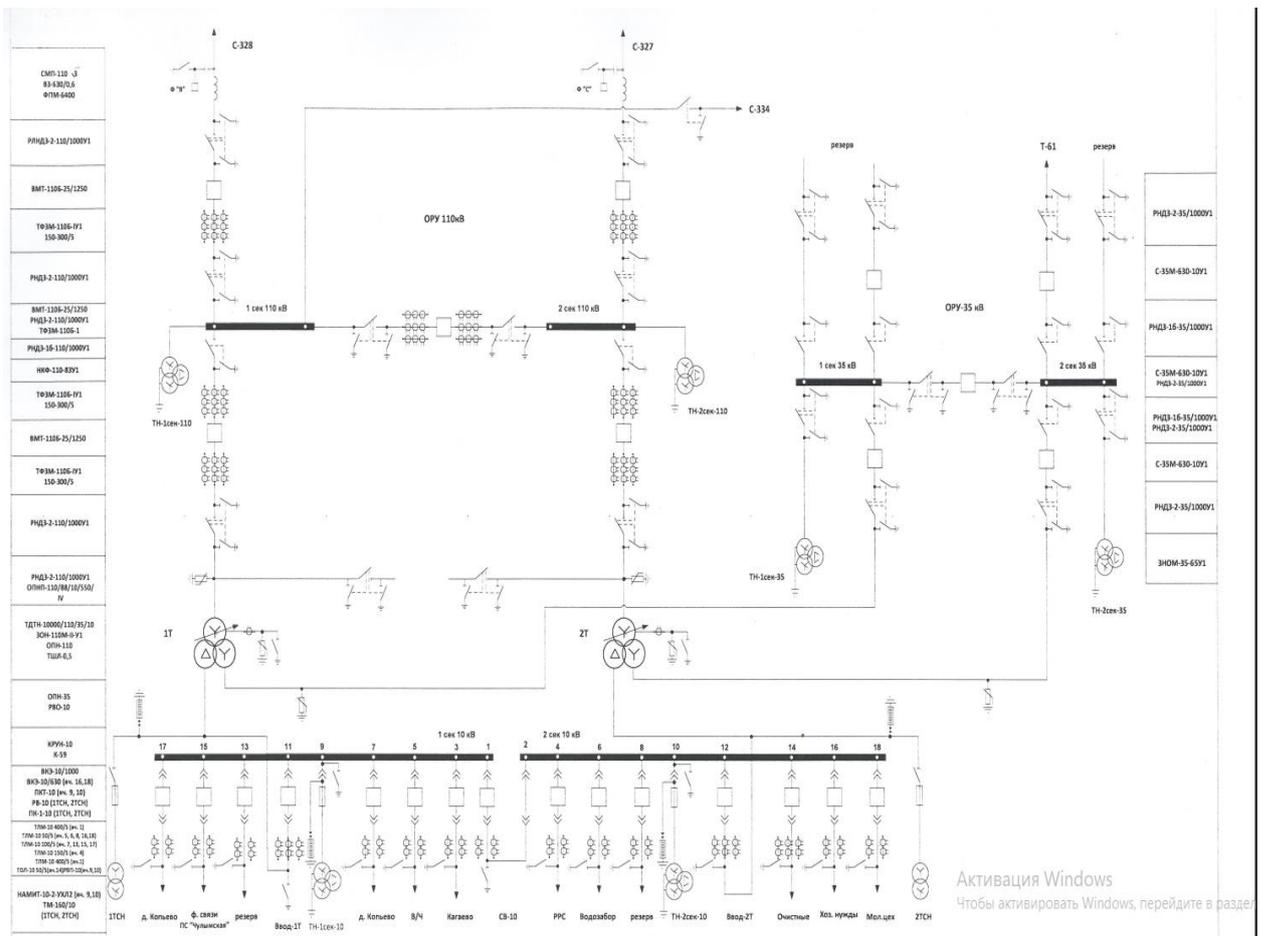


Рисунок 4 – Однолинейная схема ПС 110 кВ Копьево

Причинами повреждений несущий ненормативные отключения заключаются в:

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

Суммарное количество отключений на участке ВЛ 110 кВ, протяженностью 68,58 км составило 17.

2.3 Анализ отключений на ВЛ

Проанализируем причины отключений. Для ВЛ 110 кВ за указанный период в оперативных журналах диспетчерского персонала было зафиксировано 17 аварийных отключений.

Таблица 6 – Причины отключений в процентном отношении

Причина	Количество отключений	%
1	2	3
Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта	4	23
Воздействие животных и птиц	1	6
Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания или ремонта оборудования и устройств	4	23
Воздействие повторяющихся стихийных явлений	8	48
Всего	17	100

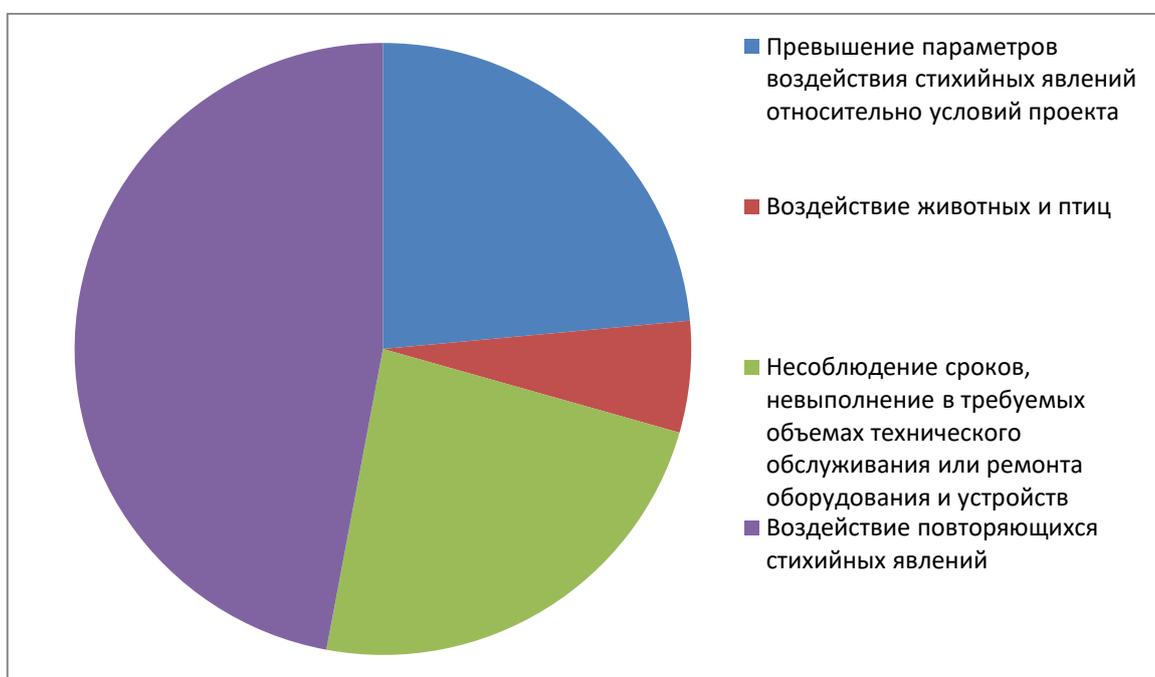


Рисунок 5 – Распределение общего числа аварийных отключений ВЛ 110кВ

На рисунке 5 наглядно представлено о влиянии каждого из перечисленных факторов. Имеющиеся карты районов по ветровой нагрузке, количество грозных часов в году и др. не в полной мере отображают действительную картину влияния погодных условий ввиду изменения климата, но всё же имеет место быть заключение о том что изначальные проблемы с оборудованием были решены, а постоянные аварии из за внешних воздействий остаются постоянными и из-за изменения климатических условий эти причины остаются главной проблемой.

2.4 Анализ ВЛ

Рассматриваемая ВЛ 110 кВ Шира – Копьево протяженностью 68,58 км, имеющая 352 опоры была введена в эксплуатацию в 1998 году. Проходит через населенные пункты, горную и открытую местность. Линия состоит из металлических и железобетонных опор.

Как показали проводимые мероприятия Железобетонные опоры не стоят всегда прямо под действием ветров и других климатических причин, а именно могут быть наклонены что в тяжёлых случаях таких как падение опоры может привести к обрыву всей ЛЭП.

На всех опорах установлены гасители вибрации

Таблица 7 – Провода на ВЛ 110 кВ Шира-Копьево

Участок ВЛ (от опоры до опоры)	Марка провода	Количество проводов в фазе
1	2	3
Участок от Присоединение С-334 до Опора № 331	Провод АС 185/24	1
Участок от Опора № 331 до Опора № 345	Провод АС 240/56	1

Продолжение таблицы 7

1	2	3
Участок от Опора № 345 до Присоединение С-334	Провод АС 185/24	1
Вся линия	С-50 (грозозащитный трос)	1

Срок службы проводов в среднем 45 лет, но как показывает жизненный опыт это время очень сильно укорачивается под повышенным действием тока, повреждением изоляции и другими внешними условиями и возможно в недалёком будущем станет причиной аварии на ВЛ. Ветер, состояние почвы, отходы жизнедеятельности животных, дожди, молния и другие причины способствуют износу опор.

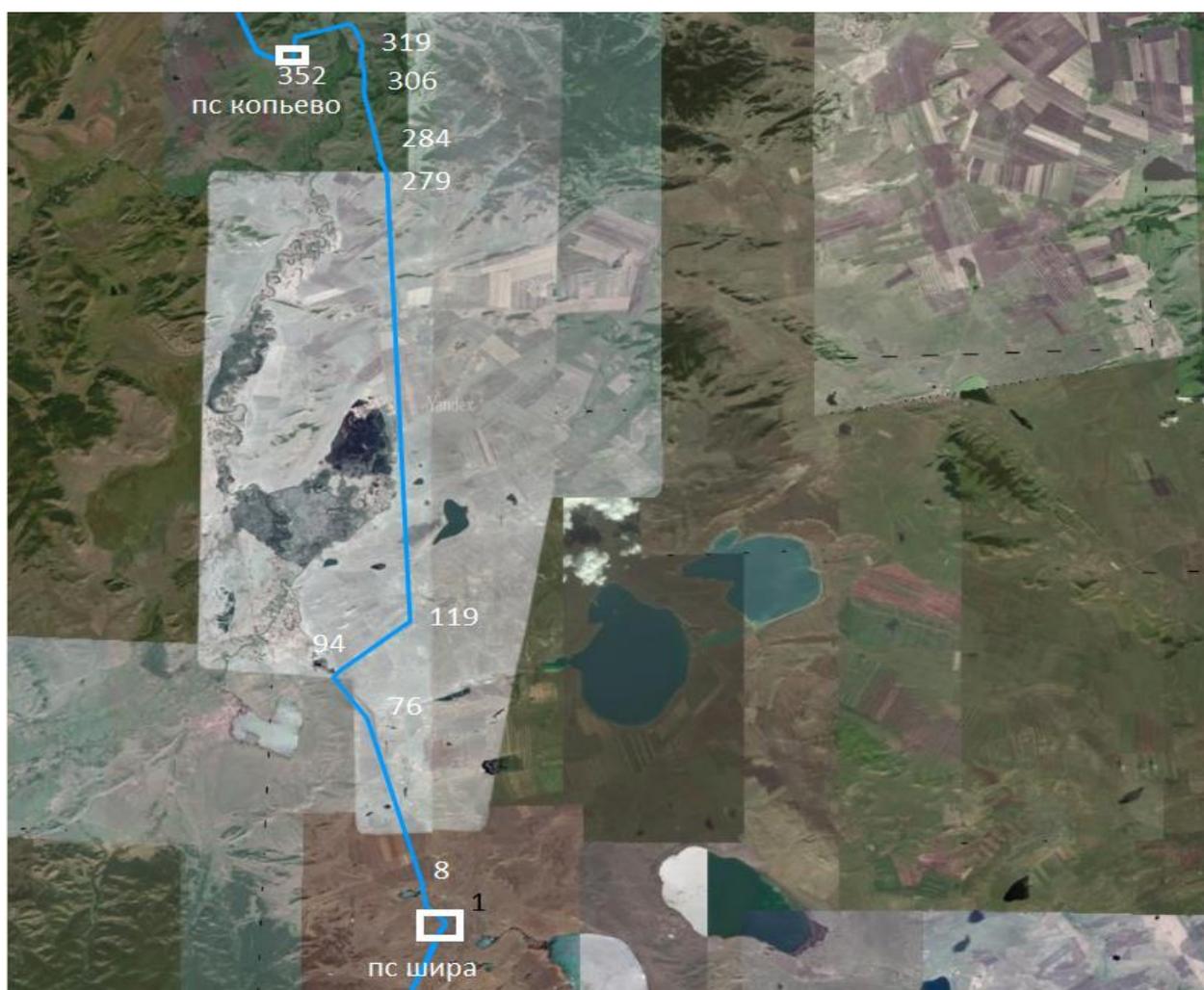


Рисунок 6 – Привязка к местности ВЛ 110 кВ (С-334)

2.5 Анализ погодных условий

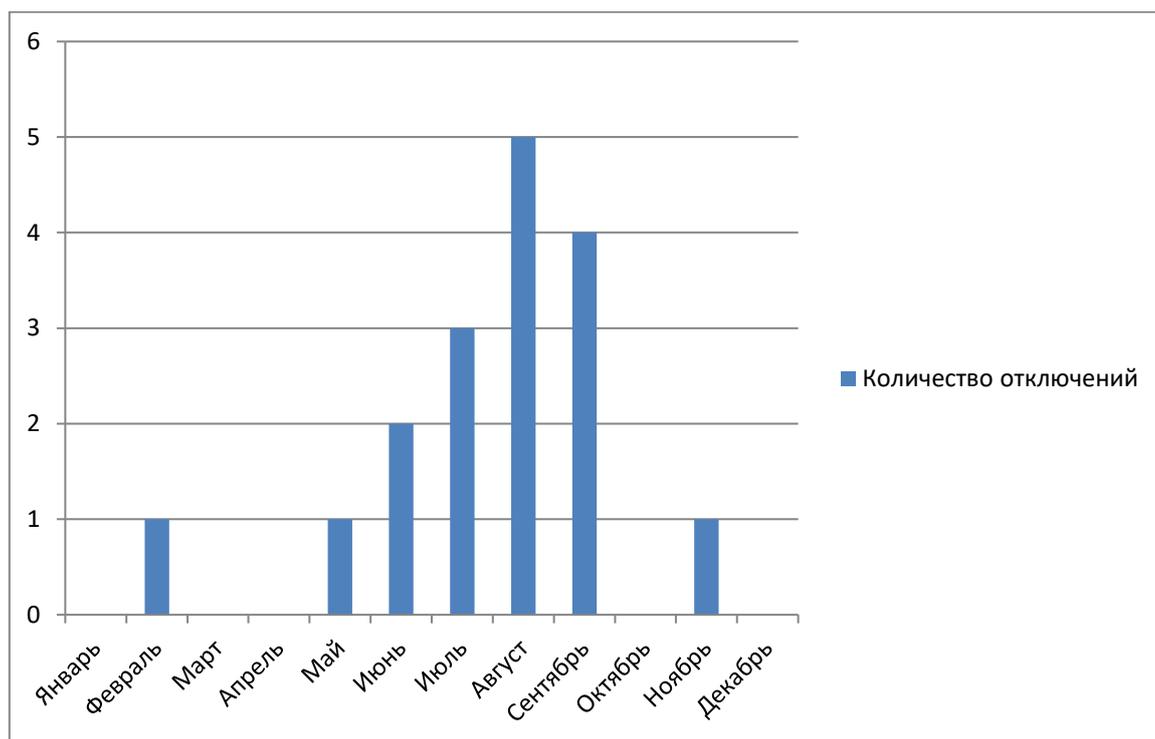
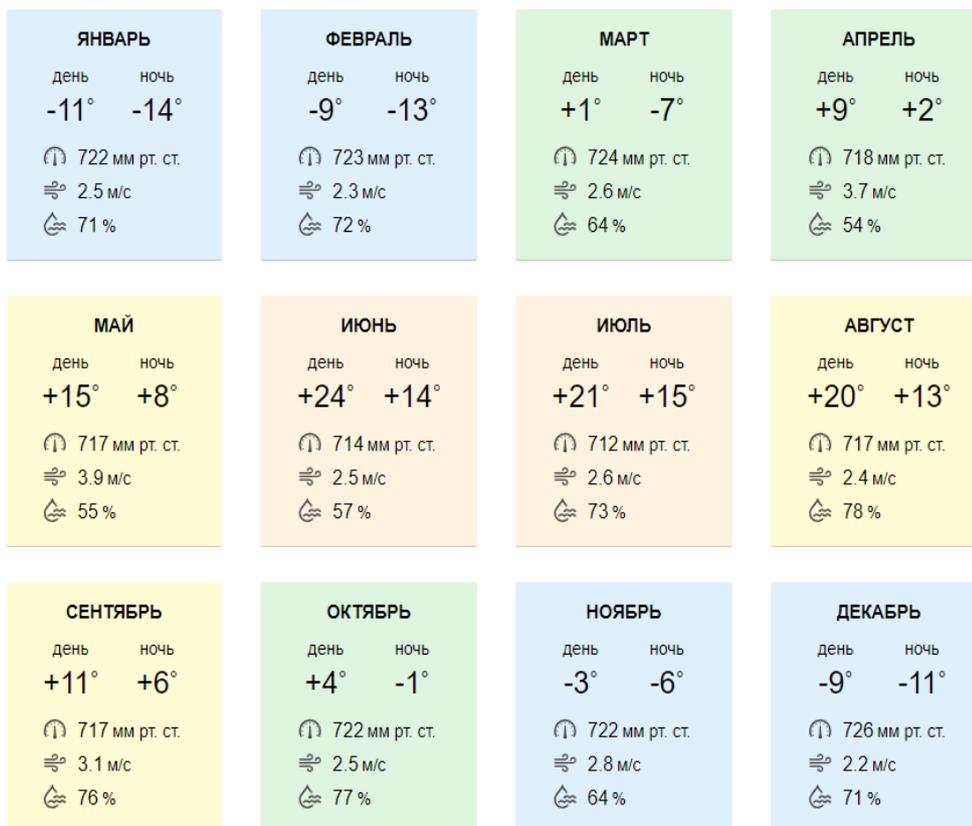


Рисунок 7 – Динамика отключений ЛЭП 110 кВ за 5 лет по месяцам

Большинство аварийных отключений происходили с мая по сентябрь, Средние ежемесячные температуры отображены в рисунках ниже с 2017 по 2021 год.

Среднее количество грозových часов в регионе от 20 до 40 часов в год, как написано в паспорте данной линии.

Данные отключения несли кратковременный характер благодаря работе АПВ линии. Большинство отключений произошли в летние – осенние месяцы, их причиной обусловлены климатическими условиями и особенностями.



Средние значения в 2017 году

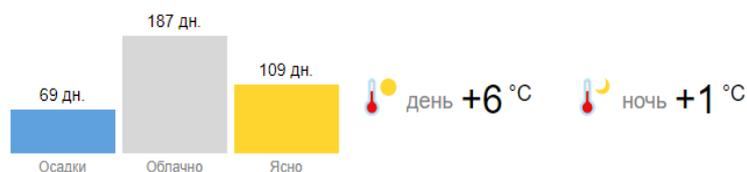
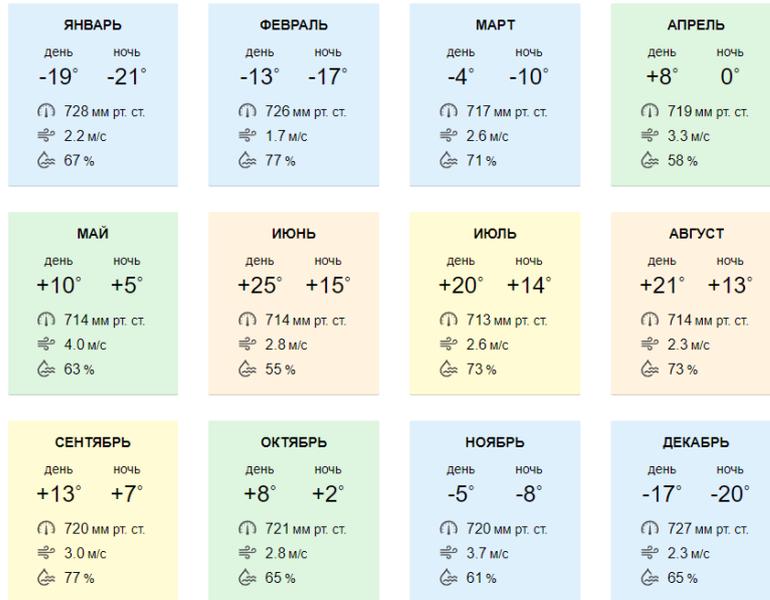


Рисунок 8 – Климатические условия за 2017 год на ВЛ (С-334)

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

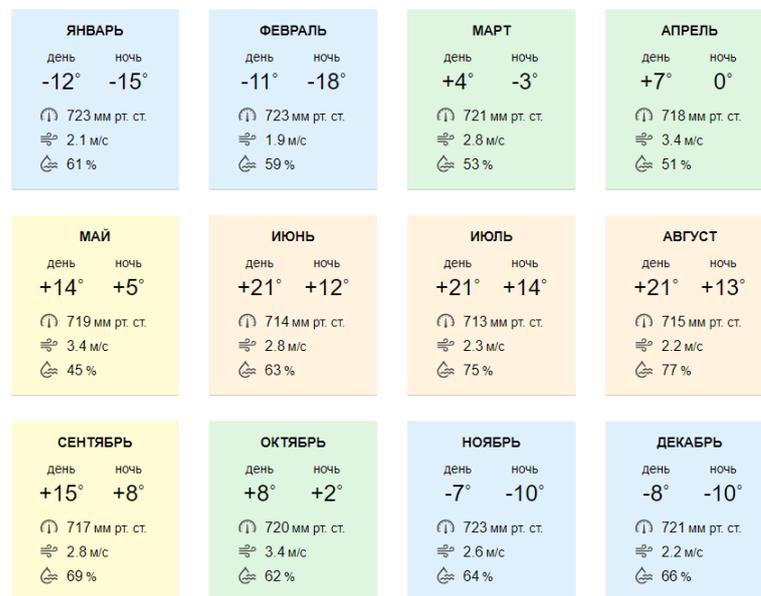


Средние значения в 2018 году



Рисунок 9 – Климатические условия за 2018 год на ВЛ (С-334)

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021



Средние значения в 2019 году



Рисунок 10 – Климатические условия за 2019 год на ВЛ (С-334)

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

ЯНВАРЬ день ночь -9° -11° 719 мм рт. ст. 2.8 м/с 69 %	ФЕВРАЛЬ день ночь -6° -10° 721 мм рт. ст. 2.1 м/с 70 %	МАРТ день ночь +1° -5° 720 мм рт. ст. 4.1 м/с 56 %	АПРЕЛЬ день ночь +15° +4° 721 мм рт. ст. 2.7 м/с 49 %
МАЙ день ночь +19° +10° 718 мм рт. ст. 3.6 м/с 51 %	ИЮНЬ день ночь +17° +11° 714 мм рт. ст. 2.9 м/с 71 %	ИЮЛЬ день ночь +22° +15° 713 мм рт. ст. 2.2 м/с 72 %	АВГУСТ день ночь +21° +14° 714 мм рт. ст. 2.2 м/с 74 %
СЕНТЯБРЬ день ночь +15° +7° 718 мм рт. ст. 2.6 м/с 69 %	ОКТЯБРЬ день ночь +6° +1° 721 мм рт. ст. 3.5 м/с 64 %	НОЯБРЬ день ночь -2° -6° 725 мм рт. ст. 2.6 м/с 67 %	ДЕКАБРЬ день ночь -11° -14° 726 мм рт. ст. 2.8 м/с 54 %

Средние значения в 2020 году

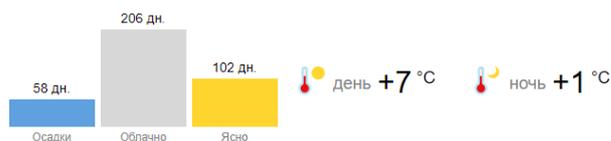


Рисунок 11 – Климатические условия за 2020 год на ВЛ (С-334)

2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

ЯНВАРЬ день ночь -17° -19° 726 мм рт. ст. 2.3 м/с 62 %	ФЕВРАЛЬ день ночь -11° -15° 720 мм рт. ст. 2.6 м/с 67 %	МАРТ день ночь -3° -8° 718 мм рт. ст. 3.2 м/с 68 %	АПРЕЛЬ день ночь +7° 0° 723 мм рт. ст. 3.4 м/с 54 %
МАЙ день ночь +15° +7° 717 мм рт. ст. 3.6 м/с 53 %	ИЮНЬ день ночь +19° +11° 714 мм рт. ст. 2.6 м/с 62 %	ИЮЛЬ день ночь +24° +15° 713 мм рт. ст. 2.1 м/с 61 %	АВГУСТ день ночь +21° +13° 716 мм рт. ст. 2.0 м/с 67 %
СЕНТЯБРЬ день ночь +13° +5° 717 мм рт. ст. 2.7 м/с 66 %	ОКТЯБРЬ день ночь +6° 0° 722 мм рт. ст. 2.9 м/с 65 %	НОЯБРЬ день ночь -2° -5° 720 мм рт. ст. 3.6 м/с 55 %	ДЕКАБРЬ день ночь -8° -10° 723 мм рт. ст. 2.3 м/с 66 %

Рисунок 12 – Климатические условия за 2021 год на ВЛ (С-334)

Причины значительного числа аварийных отключений линии обусловлены неблагоприятными атмосферными условиями. Такими как перепады температур, сильный ветер и грозвые перенапряжения.

При имении средних данных погодных условий по месяцам за каждый год начиная с 2017 по 2021 достаточно сложно установить, что явилось причиной отключения т.к. нам предоставлены средние значения и отследить мимолётный шторм не представляется возможным без более подробного рассмотрения по дням. Но вынести общие выводы о влажности воздуха, средней температуре и количестве осадков достаточно, что в свою очередь ссылает на рассмотрение причин отключения в менее критичной форме.

По поводу климатических условий и при отключении связанных с конденсацией воздуха, так как воздух там влажный чуть ли не круглый год, как видно на рисунках выше. Грозвые перенапряжения должны решаться устройствами ОПН и грозотросом. Если же нынешнее оборудование с этим не справляется, то поставить более мощное, а если и оно будет не справляться, то искать инновационные методы решения этой проблемы которые возможно в скором будущем будут изобретены, проверены и использоваться повсеместно.

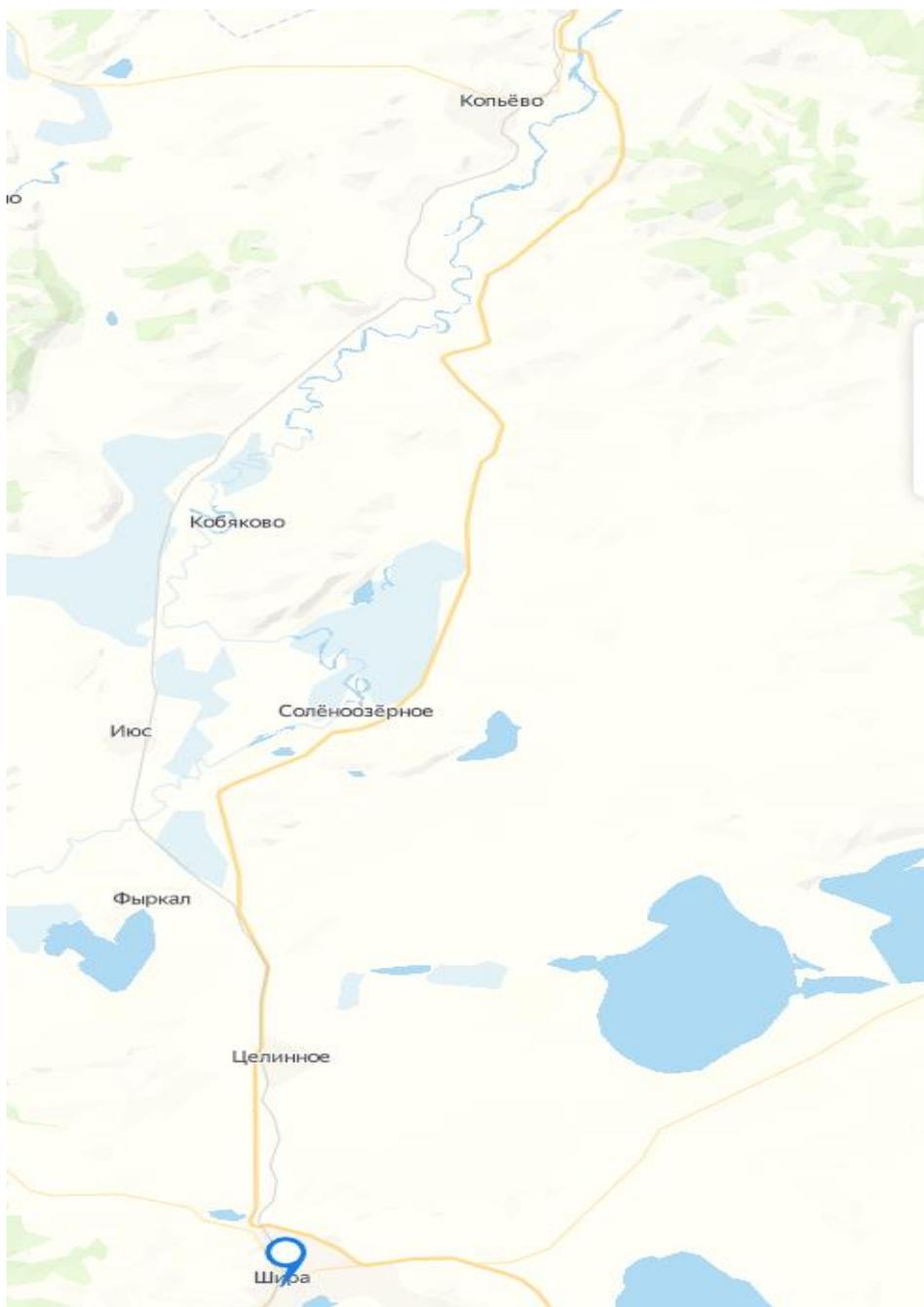


Рисунок 13 – Карта местности ВЛ (С-334)

На привязке к местности не так хорошо видны водные источники, близ которых проходит наша ВЛ (С-334). Посмотрев на карту местности сразу отпадает сомнения насчёт влажности воздуха представленные на рисунках выше.

2.6 Эффективность проводимых мероприятий

В годы с 2017 по 2021 (таблица 8) количество отключений не имеет большой разницы, в 2017–2018 гг. значительное количество отключений приходится на несвоевременное выявление и устранение проблем линии, в последующие же года причинами аварийных отключений имели климатический характер. Проведенные мероприятия мало влияют на уменьшение ненормативных отключений, обусловленных погодными условиями.

Выполненные работы по предотвращению отключений, не связанные с природными явлениями, оказались недостаточными в полной мере т.к с 2020 года не произошло увеличение аварийных отключений по данной причине, а произошло уменьшение. Но прекращать обновление оборудования нельзя ни в коем случае так как климатические условия довольно много повреждений могут нанести всей цепи и довольно большое количество потребителей останется без электроэнергии, что в свою очередь, может быть, по причине поставщика и может выйти в крупную компенсацию если есть потребители которые могут потребовать компенсацию за простои в производстве по вине того что не досмотрели за оборудованием. А это в свою очередь приведёт к убытку для компании из-за ухода потребителей на более надёжных по их мнению поставщиков электроэнергии.

Таблица 8 – Количество отключений в годы рассматриваемого периода

Год	2017	2018	2019	2020	2021	Итого
1	2	3	4	5	6	7
Количество отключений	4	5	1	4	3	17



Рисунок 14 – Количество отключений с 2017 по 2021г.

Исходя из данных наглядно видно, что частота отключений за 5 лет является неравномерной из-за выделяющегося на фоне остальных 2019 года, где произошло только 1 отключение. В основном отключения держатся на уровне 4 в год. По данным выполненных работ можно судить, что проблемы износа оборудования решаются, но с погодные условия вышли основной аварийной проблемой.

3 Практическая часть

Из анализа аварийных отключений и их причин на ВЛ 110 кВ Шира–Копьево (С-334) можно предположить, что небольшое большее число аварийных отключений воздушной линии по погодным причинам может быть снижено, так как климатические условия довольно непредсказуемы в последнее время и постоянно меняются.

Существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления и обновления конструкции.

Рекомендую попробовать замену стандартного провода АС на АСВП или АСВТ.

3.1 Замена провода АС на АСВТ или АСВП

Замена проводов нынешних АС на более лучшие по характеристикам АСВП и другая его версия АСВТ (для условий с большей температурой).

АСВП имеет большую механическую прочность и сечение алюминиевой части при сохранении диаметра.

Технология пластической деформации обеспечивает комплекс преимуществ:

- увеличение коэффициента заполнения до 92-97%;
- значительно увеличивает прочность и площадь сечения, без увеличения диаметра;
- снижение аэродинамической нагрузки (20-35%);
- гололедообразования (25-40%);
- закрытая конструкция обеспечивает рост напряжения возникновения короны;
- дополнительную защиту внутренних слоёв стали (у провода-сердечника) от коррозии;

- технология проще, а значит значительно дешевле, чем у любой аналогичной продукции, при этом достигаются, как минимум те же характеристики;
- предотвращает раскручивание провода;
- в несколько раз снижается эксплуатационная вытяжка.

Таблица 9 – Сечения кабелей АСВТ с длительно допустимым током

Номинальное сечение, мм ²	Ток, А
1	2
128/36	690,9
133/37	713,2
139/38	735,4
159/44	808,9
162/46	821,6
168/50	846,2
174/50	864,7
190/54	918,0
197/55	942,8
197/56	944,8
214/60	998,0
218/62	1009,6
258/73	1141,0
277/80	1199,6
371/108	1475,9
461/64	1667,8
477/66	1711,7
571/80	1941,7

Таблица 10 – Сечения кабелей АСВП с длительно допустимым током

Номинальное сечение, мм ²	Ток, А
1	2
128/36	434,4
133/37	448,4
139/38	462,37
159/44	508,7
162/46	516,5
168/50	531,9
174/50	543,6
190/54	577,0
197/55	592,6
197/56	593,8
214/60	627,2
218/62	634,5
258/73	717,0
277/80	753,8
371/108	927,1
461/64	1047,6
477/66	1075,1
571/80	1219,4

Данные в таблицах представлены при разных условия работы:

- АСВТ при 150 С, температура воздуха 20 С и скорости ветра 1,2 м/с;
- АСВП при 70 С, температура воздуха 20 С, скорость ветра \leq 1,2 м/с.

Таблица 11 – АСВП и АСВТ Технические характеристики

Номинальное сечение, мм ²	Сопротивление 1 км провода, Ом, при температуре 20	Разрывное усилие провода, Н
1	2	3
128/36	0,225	77067
133/37	0,217	80141
139/38	0,207	81170
159/44	0,181	93198
162/46	0,178	96146
168/50	0,171	102034
174/50	0,1655	104886
190/54	0,152	113054
197/55	0,146	116750
197/56	0,146	117147
214/60	0,1348	126672
218/62	0,1329	130096
258/73	0,1116	151533
277/80	0,104	163940
371/108	0,0776	220403

При всех преимуществах АСВП и АСВТ над АС полная замена 68,58 км может стоить значительных вложений. Решением этой проблемы служит соединительная арматура АС с АСВП и АСВТ. Можно поменять изначально лишь часть линии и посмотреть подходит ли это решение для предприятия.

Таблица 12 – Аналоги АС на провода АСВП

Провод АС	Диаметр, мм	Длительный ток при 70 С	Разрывное усилие провода, Н	Предлагаемый АСВП	Диаметр, мм	Длительный ток при 70 С	Разрывное усилие провода, Н
1	2	3	4	5	6	7	8
150/34	17,5	450	62643	139/39	15,7	491	81170
185/43	19,6	515	77767	174/51	17,7	572	104886
240/56	22,4	610	98253	218/63	19,8	665	130096
300/67	24,5	680	126270	258/73	21,6	738	151533
400/51	27,5	825	120481	295/44	21,5	784	116800
500/64	30,6	945	148257	461/64	26,9	1051	170507

Таблица 13 – Аналоги АС на провода АСВТ

Провод АС	Диаметр, мм	Длительный ток при 70 С	Разрывное усилие провода, Н	Предлагаемый АСВТ	Диаметр, мм	Длительный ток при 70 С	Разрывное усилие провода, Н
1	2	3	4	5	6	7	8
240/32	21,6	605	75500	128/36	15,2	559	77070
330/43	25,4	730	103784	214/61	19,6	755	126672
400/51	27,5	825	120481	277/81	22,4	861	167655

Нам не требуется заменять ВЛ вместе с опорами т.к. по словам производителя можно использовать старые опоры. Но при строительстве с ВЛ с нуля экономия произойдёт на строительстве опор из-за большего допустимого расстояния между опорами.

Так как цены в настоящее время достать не удалось экономический подсчёт невозможен. Цены на провода изменяются с ценами на сырьё, из которого они произведены

3.2 Остальные меры для предотвращения отключений на ВЛ

Что касается износа элементов линии электропередач, то его разрешение лежит в русле ресурсных ограничений на выполнение капитальных ремонтов и замены изношенного оборудования.

Один из оптимальных вариантов решения проблем с птицами – это использование полимерных колпаков для защиты подвесных изоляторов ЛЭП-110 кВ. Защитный колпак применяется для предохранения поверхности гирлянды изоляторов ЛЭП от загрязнения пометом птиц, окрасочных работ, атмосферных осадков и механического воздействия.

Использование защитных колпаков, выполненных в виде широкого конуса из композитных материалов, увеличивает срок службы гирлянды подвесных изоляторов, предотвращает аварийные отключения электросети благодаря уменьшению риска возникновения замыканий.

Для создания физических препятствий к размещению птиц в зоне расположения изоляторов на конструкциях опор ЛЭП-110 кВ рекомендуется использовать конструкции пассивной защиты в виде искусственных заграждений.

Рекомендуется использовать конструкции искусственных заграждений, выполненные с использованием композитных диэлектрических (полимерных, стеклопластиковых и др.) материалов.

Для создания препятствий к гнездованию птиц в наиболее критичных частях конструкций опор ЛЭП 110 кВ рекомендуется контурная защита металлической сеткой участков горизонтальных траверс, расположенных непосредственно над гирляндами изоляторов.

Установленное сетчатое ограждение должно препятствовать проникновению внутрь конструкции опоры средних и крупных птиц, при этом диаметр ячейки защитной сетки составляет не более 50 мм.

Рекомендуется применение более долговечной окрашенной или оцинкованной металлической сетки.

Защита верхней части горизонтальной траверсы, расположенной над гирляндами изоляторов, выполняется с использованием искусственных заграждений.

Также предложим мероприятия, представленные в таблице 14, для всех видов отключения, которые были рассмотрены в данной выпускной квалификационной работе.

Таблица 14 – Мероприятия по снижению риска аварийных отключений

Причины отключений	Мероприятия
1	2
Не своевременное выполнение технического обслуживания	Профилактические мероприятия (чистка, усиление изоляции, гидрофобизация поверхности изоляторов)
Гроза	Установка линейных ОПН и разрядников типа РВЛ
Перепады температуры	Пересмотр климатических карт для новых проектируемых ЛЭП
Птицы	Использование искусственных заградительных барьеров, установка полимерных колпаков изоляции
Продолжительная ветровая нагрузка	Пересмотр климатических карт для новых проектируемых ЛЭП, замена проводов
Недостатки конструкции	Существующие ЛЭП должны пройти процесс усиления конструкции

Учитывая предложенные мероприятия и согласно концепции обеспечения надежности в электроэнергетике, выделим перечень программ по проработке конкретных проблем и направлений обеспечения надежности:

- разработка системы мониторинга и прогнозирования надежности в электроэнергетике;
- разработка системы и конкретных значений нормируемых показателей надежности и требований по надежности;

Деятельность предприятия, которое обслуживает электрические сети, должна быть направлена на поддержание высокого уровня надежности сетей в процессе их эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании причин отключения на ВЛ 110 кВ Шира –Копьево (С – 334) в выпускной квалификационной работе были получены следующие результаты:

- Выполнен статистический анализ аварийных отключений и их причин;
- Предложены мероприятия по снижению риска возникновения аварий на ВЛ-110 кВ.

Для полноты выполнения данной работы могут быть сделаны следующие выводы: основными причинами аварий на ВЛ110 кВ являются неблагоприятные климатические условия такие как:

- Грозовые перенапряжения;
- Продолжительная ветровая нагрузка;
- Переменные скачки тепла.

Наибольшее количество отключений приходится с мая по сентябрь. К рекомендациям отнесу и мероприятия, проводимые предприятием. Их следует продолжить и так же учитывать прогнозы погодных условий для обновления данных об общей ситуации с климатом для лучшего планирования работ по строительству сетей и их обслуживанию с мониторингом состояния ВЛ. Оборудование следует обновлять или будут происходить аварии по причине загрязнений изоляции, повреждения оборудования и его неработоспособности, как с 2017 по 2018 год рассматриваемого нами периода.

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 состояния линий электропередач 110 кВ на основе меры неопределенности информации / Н. В. Дулесова, П. А. Братилова. // Актуальные вопросы научных исследований [Текст]: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно – практической конференции г. Иваново, 15 февраля 2017 г. – Иваново: ИП Цветков А.А., 2017. – С .19 – 23/ 76 с.

4. 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.

5. Дулесов, А. С. Логарифмическая мера информации состояния технического объекта / А. С. Дулесов, Е. В. Кабаева. // Журнал "Современные проблемы науки и образования". – 2013. – №1 (Электронный журнал); URL: www.science-education.ru/107-8210 (дата обращения: 28.01.2013).

6. Дулесов А. С. Мера неопределенности информации и её свойства применительно к оценке случайного поведения технического объекта / А. С. Дулесов, Н. Н. Кондрат. // Журнал «Научное обозрение». – 2014. – №7. – С.258-264.

7. Дулесов А. С. Определение меры неопределенности информации в задаче бесперебойной поставки ресурсов потребителям / А. С. Дулесов, Е. А.

Ускова. // Журнал «Перспективы науки. Science prospects». – 2012. – №4 (31). – С.81-85.

8. Информационная энтропия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_энтропия.

9. Классификация ВЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-montagnik.ru/?address=lectures/part2/&page=page>.

10. Краткая характеристика развития электрических сетей и систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektro-dox.ru/proekt/2.html>.

11. Линии электропередач [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tss-spb.pro/uslugi/linii-elektroperedach.html>.

12. 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.

13. МРСК Сибири - «Хакасэнерго» [Сайт]. – Режим доступа: <http://www.mrsk-sib.ru/index.php?lang=ru19>.

14. Надежность электроснабжения и качество электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1566.html.

15. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

24.Цветков, О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике / О. В. Цветков; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ). — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2015. – 201 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)

Кравченко Д.А.
(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

Колов А. В. Коловский

подпись инициалы, фамилия

« 01 » июня 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Исследование причин отключения ВЛ 110 кВ Шира –

тема

Копьево (С-334)

Руководитель

Дулесова 01.07.22, доцент, К.Т.Н.

подпись, дата

должность, ученая степень

Н.В. Дулесова

инициалы, фамилия

Выпускник

Кравченко 01.07.2022

подпись, дата

Д.А. Кравченко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Кычакова 01.07.22

подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия