


АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

Направление подготовки – 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника
Профиль: Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой



_____ Н. В. Савицкий
« 15 » 06 _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: : Реконструкция релейной защиты линии электропередачи 110 кВ
Владивостокская ТЭЦ-2 – Орлиная в связи с подключением подстанции
Светланская и выполнением отпаек на ПС Голубинка в Приморском крае.

Исполнитель

студент группы 442об-3(п2)


_____ 06.06.18
подпись, дата

С.Т. Агнаев

Руководитель

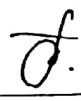
Доцент, канд. техн. наук


_____ 06.06.18
подпись, дата

А.Н. Козлов


Консультант

по безопасности и
экологичности


_____ 10.06.18
подпись, дата

А.Б Булгаков

Нормоконтроль


_____ 10.06.18
подпись, дата

А. Н. Козлов

Благовещенск 2018 г.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра энергетики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой энергетики



Н.В. Савина

« 12 » 03 2018 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Агнаева Сергея Таймуразовича

1. Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция релейной защиты линии электропередачи 110 кВ Владивостокская ТЭЦ-2 – Орлиная в связи с подключением подстанции Светланская и выполнением отпаек на ПС Голубинка в Приморском крае.

(утверждена приказом от 12.03.18 № 543-УК)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 06.06.18

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе исходные данные
предоставленной проектной

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): 1) характеристика района проектируемого объекта;
2) расчет токов короткого замыкания; 3) выбор сечения кабельной линии;
4) выбор оборудования; 5) расчет уставок релейной защиты; 6) безотказность и экология; 7) технико-экономическая оценка

5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.): схема участка сети;
схемы замыканий

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) компьютеризация по разделу безопасности и экология,
экономика, конст. электр. машин Туркина Андрей Николаевич

7. Дата выдачи задания _____
Руководитель выпускной квалификационной работы: Козлов Александр Николаевич

экономика, конст. электр. машин
(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 12.03.18

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 93 стр., 12 рисунков, 29 таблиц, 1 приложение.

КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ, ТОК, ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАЩИТА, РЕЛЕ, ОТСЕЧКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ, ЗАЩИТА ЛИНИИ, ВЫСОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ БЛОКИРОВКА, РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ.

В данной выпускной квалификационной работе был произведен расчет реконструкции релейной защиты линии электропередачи 110 кВ в связи с подключением новой подстанции. Были рассчитаны токи короткого замыкания для выбора оборудования и далее их проверки, а так же для выбора и проверки уставок основной и резервных защит линии. Выбраны и проверены сечение кабельной линии, выключатели и разъединители, а так же произведены выбор и проверка устройств сетевой автоматики. Проанализирована укладка кабеля по экономическим соображениям, и расписаны основные правила строительства и монтажа высоковольтных линий электропередач.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Характеристика района подключаемого объекта	7
1.1 Климатические характеристики района	5
1.2 Сведения о районе подключения	8
2. Выбор защит линии	10
3. Расчет токов короткого замыкания	17
4. Выбор сечений проводов кабельной линии	19
5. Выбор оборудования	20
5.1 Выбор выключателей	20
5.2 Выбор разъединителей	21
6. Уставки срабатывания выбранных защит	23
6.1 Расчет уставок срабатывания МП РЗ	23
6.1.1 Бланки уставок срабатывания	23
6.2 Уставки ДЗ	23
6.3 Уставки БК	26
6.4 Уставки ТЗНП и токовой отсечки	31
6.5 Уставки ВЧБ	38
7. Устройства сетевой автоматики	39
7.1 Выбор АПВ	39
7.2 Устройство резервирования отказа выключателя	47
8. Безопасность и экология	51
8.1 Безопасность персонала	51
8.2 Экологичность	53
8.2.1 Расчет санитарно-защищенной зоны ВЛ	55
8.3 Чрезвычайные ситуации	59
8.3.1 Расчет показателей производственного травматизма	61
9. Экономическая часть	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АПВ – автоматическое повторное включение;

АВР – автоматический ввод резерва;

РЗА – релейная защита и автоматика;

ПА – противоаварийная автоматика;

СА – сетевая автоматика;

ДЗ – дистанционная защита;

ТЗНП – токовая защита нулевой последовательности;

БК – блокировка от качаний;

РМ – реле мощности;

КЗ – короткое замыкание;

ВЛ – воздушная линия;

КЛ – кабельная линия;

ЛЭП – линия электропередачи;

ЭЭС – электроэнергетическая система;

УРОВ – устройство резервирования отката выключателя;

АУВ – автоматическое управление выключателем;

ЭС – энергосистема.

ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривается реконструкция релейной защиты линии электропередачи в связи с подключением к ней новой подстанции.

Для чего, согласно проекту, нужно выполнить подключением ПС к:

- Отпайке линии 110 кВ между ПС «Владивостокская ТЭЦ-2» и ПС «Орлиная»;
- ПС «Светланская».

Исходные данные для проектирования: однолинейная схема Приморского края, нагрузки и напряжения по подстанциям в контрольный день замеров на 2013 г, приказ Минэнерго по развитию ЕЭС РФ на 2013-2019 годы, схема развития распределительных электрических сетей 35-110 кВ Приморского края на период до 2020 г. с учетом перспективы до 2025 г.

Целью выпускной квалификационной работы является реконструкция релейной защиты линии электропередачи 110 кВ «Владивостокская ТЭЦ-2 - Орлиная» в связи с подключением подстанции «Светланская» с высшим напряжением 110 кВ и выполнением отпаек от ЛЭП на ПС «Голубинка», Приморский край.

Подключение ПС «Светланская» 110 кВ происходит в соответствии с ПУЭ, строительными нормами и правилами (СНиП), а также указаниями и рекомендациями инструкции, руководящих указаний действующих директивных документов, относящихся к проектированию, сооружению и эксплуатации ПС.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что энергосистема города Владивосток является одной из самых загруженных на Дальнем Востоке. В связи с чем для развития этого города и поддержания уровня экономики, необходимо иметь высокое качество электроснабжения и надежность.

Проект был выполнен в операционной системе Windows 7
Профессиональная 2009 г. с использованием приложений: Microsoft Office
Word 2013 г., Microsoft Office Visio 2013 г., Microsoft Office Excel 2013 г.,
MathType 5.0 Equation, Mathcad 15.0, RastrWin 3

1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПОДКЛЮЧАЕМОГО ОБЪЕКТА.

1.1

Город Владивосток находится в южной части Приморского Края. Для этого города характерна смешанная сезонная погода.

Средняя температура воздуха во Владивостоке $+4,9^{\circ}\text{C}$.

Основные климатические характеристики района:

район по ветру – IV;

нормативная скорость ветра – 8м/сек;

район по гололеду – IV;

толщина стенки гололеда – 26 мм;

низшая температура воздуха – -19°C ;

высшая температура воздуха – $+20^{\circ}\text{C}$;

район по ветровому давлению – IV (800 Па);

район по среднегодовой продолжительности гроз в часах 20-40.

1.2

Линия электропередач ВТЭЦ-2 – ПС «Светланская» проходит в основном по застроенным районам города, вдоль ул. Шилкинская, проспект Красного Знамени, ул. Капитана-Шефнера, и ул. Светланская. Линия находится в районах «Босфор», «Нагорный» и «Цесаревича». Проектируемая линия отходит от ЛЭП ВТЭЦ-2 на сопке и далее уходит плавно вниз. По своему пути возвышенностей не имеет. Общая длина проектируемой линии составляет 2,093 км. Выполнение отпаяк на ПС «Светланская» будет выполнено на 1,93км линии «Голубинка- ВТЭЦ-2» - рис. 1.



Рисунок 1 – Проектируемая линия на ПС «Светланская»

Схема сети до и после подключения подстанции «Светланская» представлены на рисунках 2, 3.

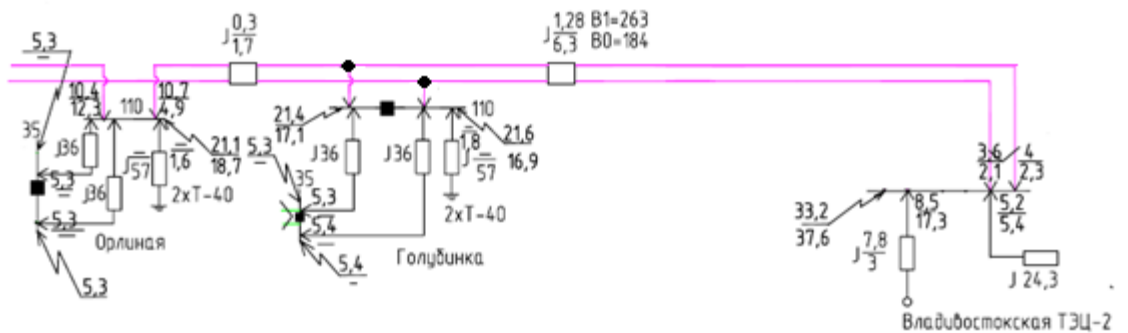


Рисунок 2- Принципиальная схема сети до подключения

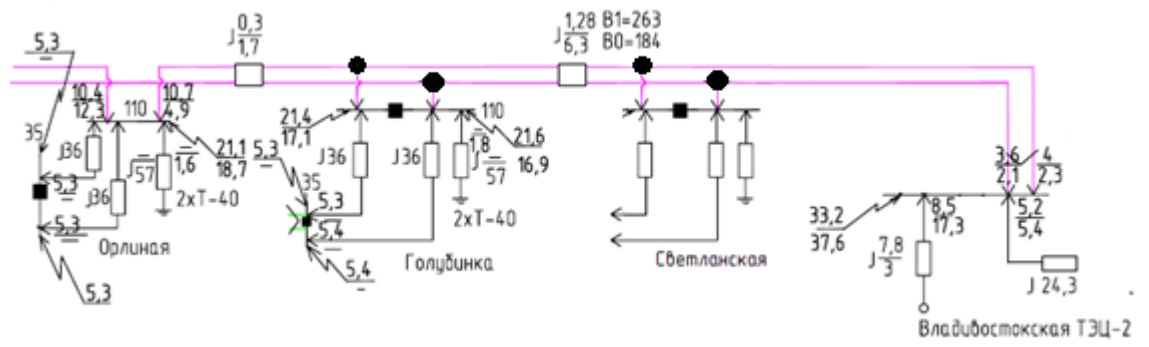


Рисунок 3- Принципиальная схема сети после подключения

2 ВЫБОР ЗАЩИТ ЛИНИИ.

По правилам ПУЭ, в линиях 110-500 кВ с эффективно заземленной нейтралью должны быть установлены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и замыканий на землю. [6]

Релейная защита – набор устройств, предназначенных для быстрого (в случаях повреждениях) обнаружения и отделения от электрической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях для обеспечения нормальной и бесперебойной работы. Релейная защита организована по принципу непрерывной оценки технического состояния отдельных контролируемых элементов электроэнергетических систем. Релейная защита (РЗ) осуществляет непрерывный контроль состояния всех элементов электрической системы и реагирует на возникновение повреждений и аварийных режимов. При случае повреждения РЗ должна обнаружить повреждённую область и отключить ее от ЭЭС, действуя на специальные выключатели, предназначенные для размыкания тока повреждения (короткого замыкания).

Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная работа энергосистем.

Основные требования к устройствам РЗА:

- селективность — свойство релейной защиты, характеризующее способность точно идентифицировать поврежденный элемент системы электроснабжения и отсоединить этот элемент от исправной части энергосистемы (ЭЭС). Защита может иметь абсолютную или относительную селективность. Защиты с абсолютной селективностью действуют в принципе только в случае повреждения в их зоне. Защита с относительной селективностью может действовать с повреждениям не только в своей, но и в соседней зоне. А селективность отключения поврежденного элемента ЭЭС обеспечивается дополнительными средствами (например, выдержкой времени срабатывания);

- быстрдействие — это свойство релейной защиты, характеризующее скорость обнаружения и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов. Показателем быстрдействия является время срабатывания защиты — это временной интервал времени с момента возникновения повреждения до момента отделения от сети повреждённого элемента;

- чувствительность — это свойство, характеризующее способность релейной защиты обнаруживать повреждения в конце зоны действия, установленной для него в минимальном режиме работы энергосистемы. Другими словами, это способность ощущать типы повреждений и ненормальных режимов, на которые она рассчитана, в любых состояниях работы защищаемой электрической системы. Показателем чувствительности определяется как коэффициент чувствительности, который для максимальных защит (реагирующих на возрастание контролируемой величины) определяется как отношение минимально возможного значения сигнала, соответствующего отслеживаемому повреждению, к установленному параметру защиты (уставке);

- надёжность — это свойство, характеризующее способность релейной защиты действовать правильно и надёжно во всех режимах контролируемого объекта для всех типов повреждений и ненормальных режимов работы, в которых эта защита установлена, и не действует в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима, при которых действие этой защиты не предусмотрено. Другими словами, надёжность, это свойство релейной защиты, которое характеризует её способность выполнять свои функции в любых условиях эксплуатации. Основные показатели надёжности — время безотказной работы и интенсивность отказов (количество отказов за единицу времени).

Защиты должны быть оборудованы устройствами блокировки при качаниях, если в сети возможны качания или асинхронный ход, при которых вероятны излишние срабатывания защиты. Возможно выполнение защиты без

блокирующих устройств, если она отстроена от качаний по времени (около 1,5-2 с).

Для линий напряжением 110-220 кВ вопрос о типе основной защиты, в том числе о необходимости применения защиты, действующей без замедления при КЗ в любой точке защищаемого участка, должен решаться в первую очередь с учетом требования сохранения устойчивости работы энергосистемы. При этом, если по расчетам устойчивости работы энергосистемы не предъявляются другие, более жесткие требования, может быть принято, что указанное требование, как правило, удовлетворяется, когда трехфазные КЗ, при которых остаточное напряжение на шинах электростанций и подстанций ниже $0,6-0,7 U_{ном}$, отключаются без выдержки времени. Меньшее значение остаточного напряжения ($0,6 U_{ном}$) может быть допущено для линий 110 кВ, менее ответственных линий 220 кВ (в сильно разветвленных сетях, где питание потребителей надежно обеспечивается с нескольких сторон), а также для более ответственных линий 220 кВ в случаях, когда рассматриваемое КЗ не приводит к значительному сбросу нагрузки. [7]

При выборе типа защит, устанавливаемых на линиях 110-220 кВ, кроме требования сохранения устойчивости работы энергосистемы должно быть учтено следующее:

1. Повреждения, из-за которых отключение с выдержкой времени может привести к нарушению работы ответственных потребителей, должны отключаться без выдержки времени

2. При отключении с выдержкой времени повреждений с токами, в несколько раз превосходящими номинальный, возможен недопустимый перегрев проводников.

Допускается применение быстродействующих защит в сложных сетях и при отсутствии изложенных выше условий, если это необходимо для обеспечения селективности.

На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий следует устанавливать ступенчатые токовые защиты или

ступенчатые защиты тока и напряжения. Если такие защиты не удовлетворяют требованиям чувствительности или быстроты отключения повреждения, например на головных участках, или если это целесообразно по условию согласования защит смежных участков с защитой рассматриваемого участка, должна быть предусмотрена ступенчатая дистанционная защита. В последнем случае в качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени.

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности. Защита должна быть установлена, как правило, только с тех сторон, откуда может быть подано питание.

Для линий, состоящих из нескольких последовательных участков, с целью упрощения допускается использование неселективных ступенчатых защит тока и напряжения (от многофазных замыканий) и ступенчатых токовых защит нулевой последовательности (от замыканий на землю) в сочетании с устройствами поочередного АПВ.

На одиночных линиях, имеющих питание с двух или более сторон (последнее на линиях с ответвлениями), как при наличии, так и при отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, от многофазных замыканий должна быть применена дистанционная защита (преимущественно трехступенчатая), используемая в качестве резервной или основной. [6]

В качестве дополнительной защиты рекомендуется использовать токовую отсечку без выдержки времени. В отдельных случаях допускается использовать токовую отсечку для действия при ошибочном включении на трехфазную короткую в месте установки защиты, когда токовая отсечка, выполненная для действия в других режимах, не удовлетворяет требованию чувствительности. От замыканий на землю должна быть предусмотрена, как правило, ступенчатая токовая направленная или ненаправленная защита нулевой последовательности.

Таким образом, исходя из требований и необходимых комплектов защит, которые необходимо установить на защищаемую линию, целесообразно принять к установке два шкафа фирмы ЭКРА. Шкаф с комплектом ступенчатых защит КСЗ и АУВ – ШЭ2607 011 и шкаф с основной защитой линии – ВЧБ, ШЭ2607 085.

Релейная часть защиты выполнена на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704V011.

ТЗНП содержит 4 направленных ступеней для защиты от КЗ на землю.

Предусмотрены возможности ускорения защит: от параллельной линии, при опробовании линии, оперативные и по ВЧ каналу.

ПО тока реагирует на линейные и фазные величины токов.

Функция АУВ обеспечивает прием команд включения и отключения, контроль и фиксацию положения, блокировку от многократных включений.

Пуск АПВ (однократного или двукратного) осуществляется с контролем напряжений на шинах и линии (контроль отсутствия, наличия или синхронизма напряжений). Предусмотрен режим включения выключателя как с контролем, так и с улавливанием синхронизма.

Функция УРОВ реализует принцип индивидуального устройства, причём возможно выполнение универсального УРОВ как по схеме с дублированным пуском, так и по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя.

Шкаф типа ШЭ2607 085 предназначен для защиты линий электропередачи напряжением 110 – 330 кВ. Шкаф содержит основную высокочастотную защиту линии. Выбирается одна из защит:

-направленная ВЧ защита нулевой последовательности (ВЧБ);
комплект ступенчатых защит (КСЗ):

- 3ступени ДЗ от междуфазных замыканий,
- ступень от земляных замыканий,
- четыре ступени ТНЗНП;
- ТО;
- МТЗ;

Релейная часть защиты выполнена на базе микропроцессорного терминала типа БЭ2704V085. Программное обеспечение предназначено для использования терминала в качестве основной быстродействующей или резервной защиты на линиях напряжением 110 – 220 кВ. Имеется возможность использования защиты на линиях с тяговой нагрузкой, линиях с ответвлениями и линиях, оборудованных ОАПВ. В состав высокочастотной части входят: приемопередатчик, обеспечивающий передачу ВЧ сигналов по линии, и аппаратура автоматического контроля канала связи. Шкаф предназначен для совместной работы с ВЧ приемопередатчиком типа: ПВЗУ, ПВЗУ-Е, ПВЗУ-Е (ВОЛС), ПВЗУ-М, ПВЗ-90М, ПВЗ-90М1, ПВЗ, АВЗК-80, АВАНТ. Предприятием поставляется только релейная часть защиты – шкаф типа ШЭ2607 085, на котором предусмотрено место для установки высокочастотного приемопередатчика и проложены провода для присоединения его к схеме защиты. Каждый шкаф выполнен по индивидуальной карте заказа. Высокочастотная аппаратура поставляется предприятием-изготовителем отдельно от релейной части шкафа. Сведения, необходимые для изучения, регулирования и эксплуатации высокочастотной аппаратуры, содержатся в соответствующей технической документации её предприятий-изготовителей.

Основные органы устройств РЗА:

- пусковые органы непрерывно контролируют состояние и режим работы защищаемого участка цепи и реагируют на возникновение коротких замыканий и нарушения нормального режима работы. Выполняются обычно с помощью реле тока, напряжения, мощности и др.;

- измерительные органы определяют место и характер повреждения и принимают решения о необходимости действия защиты. Измерительные органы также выполняются с помощью реле тока, напряжения, мощности и др. Функции пускового и измерительного органа могут быть объединены в одном органе.

- логическая часть — это схема, которая запускается пусковыми органами и, анализируя действия измерительных органов, производит предусмотренные действия (отключение выключателей, запуск других устройств, подача сигналов и пр.). Логическая часть состоит, в основном, из элементов времени (таймеров), логических элементов, промежуточных и указательных реле, дискретных входов и аналоговых выходов микропроцессорных устройств защиты..

Для достижения поставленной цели необходимо осуществить ряд задач:

1. выбрать устройства РЗА ЛЭП 110 кВ ВТЭЦ-2- Орлиная;
2. произвести расчет необходимых параметров сети и защищаемого оборудования;
3. рассчитать параметры настройки (уставки) для выбранных устройств РЗА;
4. сделать вывод о чувствительности выбранных защит в разных режимах работы.

3 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

На основании исходных данных, делаем вывод о наличии необходимых токов КЗ. Однако, есть необходимость в расчете дополнительных значений токов КЗ.

Расчет токов КЗ на сети подробно приведен в приложении А. На рисунках изображены схемы замещения отдельных последовательностей и результаты расчета токов КЗ. Сворачивание схемы и расчет параметров схем замещения приведен, так же, в приложении А.

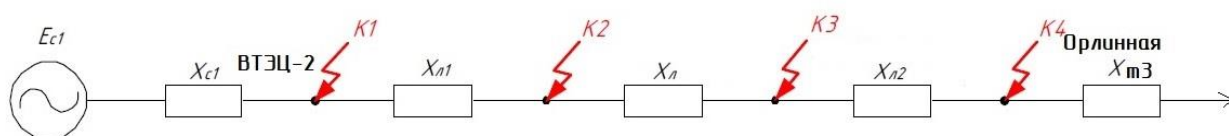


Рисунок 4 – Схема замещения сети прямой последовательности

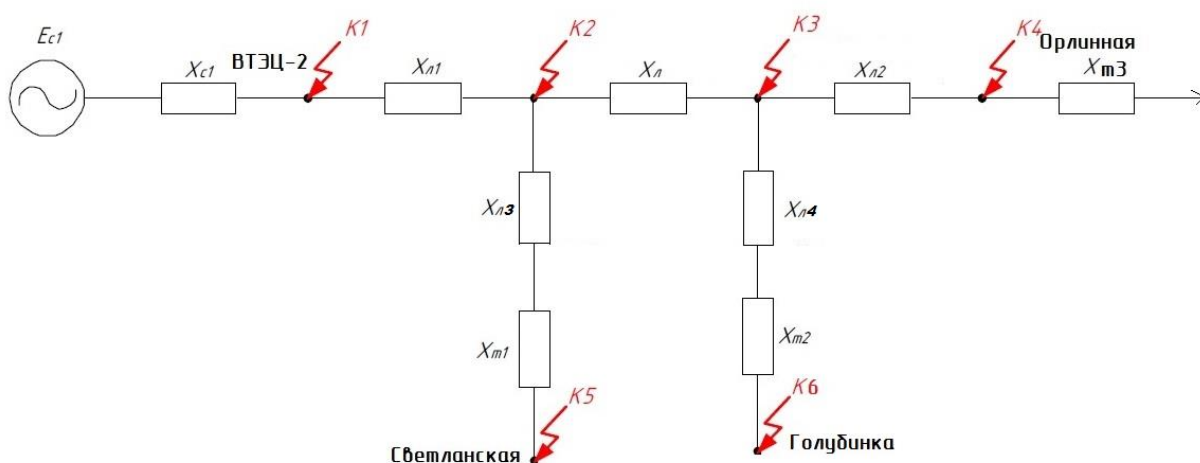


Рисунок 5 – Схема замещения сети нулевой последовательности

Расчетные точки и протекающие токи представлены в виде схемы в графической части курсового проекта. Уровни токов КЗ для основных точек расчетной модели сведем в Таблицу 1. Остальные значения токов КЗ

рассчитаны в ходе определения параметров настройки и алгоритмов функционирования устройств РЗА и приведены в Приложении А.

Таблица 1 – Значения токов КЗ в расчетных точках сети

Расчетная точка КЗ	Периодическая составляющая суммарного утроенного тока нулевой последовательности однофазного КЗ, кА	Периодическая составляющая суммарного тока прямой последовательности трехфазного КЗ, кА
1	2	3
К1	17,3	16,05
К2	24,39	18,88
К3	31,85	31,32
К4	37,42	25,02
К5	3,2	-
К6	3,3	-

4 ВЫБОР СЕЧЕНИЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ.

Сечение кабельной линии 110 кВ, должно выбираться по напряжению установки, конструкции, экономической плотности тока и допустимому току. Она прокладывается в кабельных туннелях в РУ, а далее либо в земле, либо так же в специальном туннеле.

Расчетный ток для выбора сечения кабеля:

$$I_p = \frac{S_{p.l.}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot n_{\phi}}, \quad (1)$$

где $S_{p.l.}$ - расчетная передаваемая мощность КЛ,

U_n - номинальное напряжение,

n_{ϕ} - количество цепей.

$$I_p = \frac{61142}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 2} = 153,48 \text{ А}$$

Выбираем кабель СПЭ-185

Проверяем по длительно допустимому току:

$$I_{n/a} \leq I_{доп}$$

$$153,48 < 427$$

Условие выполняется, кабель подходит.

Выбранный одножильный кабель отпайки выполняется в двухцепном исполнении, в каждой 3 одножильных кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена. Пример укладки кабеля представлен на рисунке 6.

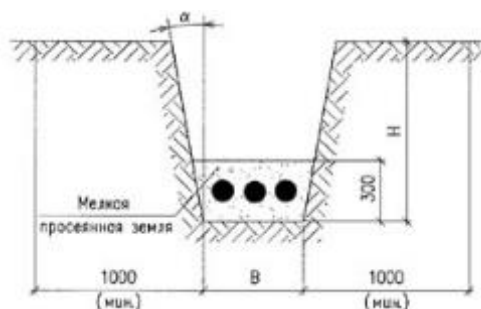


Рисунок 6 –Горизонтальная укладка кабелей в ряд в кабельном канале

5 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ.

5.1

Выключатель – это устройство, предназначенное для отключения и включения цепей в нормальных и аварийных режимах. Выключатель является основным коммутационным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения цепи в любых режимах.

Выключатель должен соответствовать следующим критериям:

- 1) надежное отключение токов любой величины – от десятков ампер до номинального тока отключения;
- 2) быстрота действия, значит наименьшее время отключения;
- 3) Возможность для автоматического повторного включения;
- 4) удобство ревизии и осмотра контактов и механической части;
- 5) взрыво- и пожаробезопасность;
- 6) удобство транспортировки и обслуживания.

Для выбора выключателя нам понадобятся следующие величины:

$I_{но}$ - ток трехфазного КЗ в точке К5;

$i_{уд}$ - ударный ток КЗ в точке К5;

$i_{ат}$ - апериодическая составляющая тока;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение.

$K_{уд110}$ - коэффициент ударного тока равный 1,75;

$t_{откл.выкл}$ - время отключения выключателя (принимается 0,02с);

Δt - ступень селективности (принимается 1с);

T_a – постоянная затухания (принимается 0,03).

$$i_{уд} = \sqrt{2} I_{но} \cdot K_{уд110} ; \quad (2)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 6,3 \cdot 1,75 = 15,59 \text{ кА.}$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} I_{но} \cdot e^{-t/T_a} ; \quad (3)$$

$$i_{at} = \sqrt{2} \cdot 6,3 \cdot e^{-0.1/0.03} = 0,376 \text{ кА.}$$

Проведем проверку по термической устойчивости выключателя:

$$B_{K1} = I_{no1}^2 \cdot (t_{omk1} + Ta) ; \quad (4)$$

$$B_{K1} = 6,3^2 \cdot (0,035 + 0,02) = 2,183 \text{ кА}^2\text{с.}$$

Подробный расчет приведен в приложении А.

Таблица 2 – Сравнение расчетных и каталожных данных выключателя

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
1	2	3
$U_H = 110 \text{ кВ}$	$U_p = 110 \text{ кВ}$	$U_p \leq U_H$
$I_H = 2000 \text{ А}$	$I_{p.\text{мах}} = 420 \text{ А}$	$I_p \leq I_H$
$I_{пр.скв} = 102 \text{ кА}$	$I_{уд} = 15,592 \text{ кА}$	$I_{уд} \leq i_{скв}$
$B_k = 4800 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k = 2,183 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{кр} \leq B_{кн}$
$I_{вкл} = 40 \text{ кА}$	$I_{по} = 6,3 \text{ кА}$	$I_{по} \leq I_{вкл}$
$I_{откл} = 40 \text{ кА}$	$I_{по} = 6,3 \text{ кА}$	$I_{по} \leq I_{откл.ном}$

Выключатель ВГБУ-110-4/2000 УХЛ1 подходит по всем параметрам, его мы и выбираем.

5.2

Разъединитель – это контактное коммутационное устройство, предназначенное для отключения и включения электрической цепи без тока или с малым током, который для обеспечения безопасности имеет между контактами в отключенном положении изоляционный промежуток.

Выбор и проверка разъединителей проводится так же как и выключателей, но без учета отключаемого тока и мощности по номинальным значениям тока и напряжения, проверяется по электродинамической и термической стойкости.

Таблица 3 - Сравнение расчетных и каталожных данных разъединителя

Каталожные данные	Расчетные данные	Условия выбора
$U_n = 110 \text{ кВ}$	$U_p = 110 \text{ кВ}$	$U_p \leq U_n$
$I_n = 2000 \text{ А}$	$I_{p.max} = 420 \text{ А}$	$I_p \leq I_n$
$I_{дин} = 100 \text{ кА}$	$I_{уд} = 15,592 \text{ кА}$	$I_{уд} \leq i_{скв}$
$B_k = 992,25 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_k = 2,183 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{кр} \leq B_{кн}$

По этим данным мы выбираем разъединитель РГН-110/1000 УХЛ1, так как он проходит все условия выбора.

6 УСТАВКИ СРАБАТЫВАНИЯ ВЫБРАННЫХ ЗАЩИТ.

6.1

Так как в нашем расчете защит все наши рассчитанные уставки прошли проверку на чувствительность, нам необходимо выставить получившиеся значения в соответствии с панелями МП защит. Подробный расчет произведен с помощью ПК MathCAD 15 и предоставлен в Приложении А.

6.1.1

Шкаф ШЭ2607011, БЭ2704011 (КСЗ+АУВ)

6.2

Дистанционная защита используется в сетях для защиты линии от междуфазных коротких замыканий. Эта защита срабатывает при снижении сопротивления линии. Основные преимущества ДЗ это независимость защищаемой зоны при изменении режима сети, и направленность действия. Селективной данной защиты обеспечивается ступенчатыми выдержками времени. Как правило первая ступень отключает КЗ с минимальным временем, далее по ступеням время увеличивается. На третьей ступени самое большое время отключения. ИО дистанционной защиты являются направленные реле полного сопротивления. На 1 и 2 ступенях эти реле называются дистанционными органами, а на 3 ступени пусковыми. Дистанционная защита реагирует на расстояние до точки КЗ. То есть ее логика работы это измерение сопротивления от места защиты до точки КЗ.

Выбор сопротивления срабатывания первой ступени ДЗ отстраивается от тока КЗ в конце линии:

$$z_{сз1}^I = 0,87 z_{л}, \quad (5)$$

где $z_{л}$ - сопротивление линии;

Сопротивление срабатывания второй ступени дистанционной защиты выбирается по условию отстройки от КЗ на шинах СН или НН:

$$z_{сз1}'' = 0,85(z_{л1} + z_T / K_{токT}), \quad (6)$$

где z_T - сопротивление трансформатора;

$K_{токT}$ - коэффициент токораспределения при КЗ за трансформатором.

Третья ступень ДЗ согласуется с сопротивлением срабатывания второй ступени:

$$z_{сз1}'' = 0,87z_{л1} + (0,78/K_{токЛ2})z_{сз3}'', \quad (7)$$

где $K_{токЛ2} = I_1 / I_2$ - коэффициент токораспределения на линии Л2 при КЗ на шинах ПС.

Подробный расчет уставок ДЗ приведен в приложении А.

Таблица 4 - Уставки ИО $Z_{I-III ст.}$ (Первичные величины)

	Наименование	Значение
	Уставка по оси X характеристики РС I ступени при КЗ на землю, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	1,2
	Уставка по оси R характеристики РС II ступени при КЗ на землю, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	0,6
	Угол наклона φ_1 характеристики с при КЗ на землю ступени, °(45...89 шаг 1)	79,38
	Корректирующий множитель КKR коэффициента компенсации тока нулевой последовательности по активному сопротивлению, о.е. (0,00...3,00 шаг 0,1) (по умолчанию КKR=1,00)	1
	Корректирующий множитель ККX коэффициента компенсации тока нулевой последовательности по реактивному сопротивлению, о.е. (0,00...3,00 шаг 0,1) (по умолчанию ККX=1,00)	1
	Уставка по оси X характеристики РС I ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	1,206
	Уставка по оси R характеристики РС I ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	0,612
	Угол наклона φ_1 характеристики РС I ступени, °(45...89 шаг 1)	80

	Угол наклона φ_4 верхней части характеристики РС I ступени, ° (-45...0 шаг 1)	0
0	Уставка по оси X характеристики РС II ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	4,398
1	Уставка по оси R характеристики РС II ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	2,233
2	Угол наклона φ_1 характеристики РС II ступени, °(45...89 шаг 1)	- 22
3	Уставка по оси X характеристики РС III ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	47,5
4	Уставка по оси R характеристики РС III ступени, Ом (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	24,118
5	Угол наклона φ_1 характеристики РС III ступени, °(45...89 шаг 1)	120
6	Угол наклона φ_3 нижней левой части характеристики, ° (91...135 шаг 1)	120
7	Угол наклона φ_2 нижней правой части характеристики, ° (-45...0 шаг 1)	-22
8	Уставка по оси R нагрузочного режима (1/ Ином...500/ Ином шаг 0,01)	51,2
9	Угол выреза нагрузочного режима (1...70 шаг 1)	нет

Таблица 5 - Орган определяющий вид повреждения

	Наименование	Значение
	Напряжение срабатывания ПО РННП, В (6,00...15,00 шаг 0,01)	6
	Ток срабатывания $3I_0$ ПО РТНП, А (0,05·Ином...0,2· Ином шаг 0,01)	300
	Коэффициент торможения ПО РТНП, о.е. (0,000...0,150 шаг 0,001)	0,150
	Ток срабатывания ПО БТ, А (1,00...15,00 шаг 0,01)	2· Ином=2000

6.3

Нарушение устойчивой работы линий ЭС сопровождается сильными колебаниями тока, напряжения, а также углами между ними. Из-за этого может сработать дистанционная защита, именно поэтому ДЗ дополняется блокировкой при качаниях. При описании этой блокировки используют тот факт, что при КЗ возникает не симметрия токов и напряжений, в следствии чего БК подает сигнал защите на срабатывание в течении определенного времени. Блокировка выполняется в виде двух панелей. Первая реагирует на токи обратной последовательности, а вторая на напряжение обратной последовательности. К слову, блокировка с фильтром напряжения используется реже, так как в некоторых случаях становится нечувствительной.

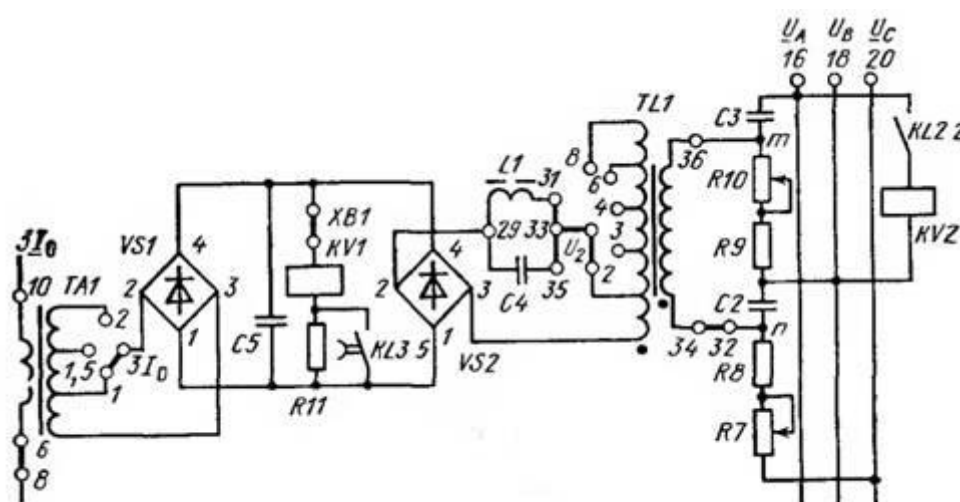


Рисунок 6 – принципиальная схема блокировки при качаниях типа КРБ

Таблица 6 - Уставка блокировки при качаниях (БК) по DI

	Наименование	Значение
	Уставка по приращению I_2 чувствительного реле тока (РТ) БК, А ($0,04 \cdot I_{ном} \dots 1,5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	100
	Уставка по приращению I_2 грубого РТ БК, А ($0,06 \cdot I_{ном} \dots 2,5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	300

Уставка по приращению I_1 чувствительного РТ БК, А ($0,08 \cdot I_{ном} \dots 3 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	200
Уставка по приращению I_1 грубого РТ БК, А ($0,12 \cdot I_{ном} \dots 5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	600
DT37 Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК,с	0,4
DT38 Время ввода быстродействующих ступеней от грубого РТ БК,с ($0,2 \dots 1$ шаг 0,1)	0,4
DT39 Время ввода медленнодействующих ступеней от РТ БК,с ($3 \dots 16$ шаг 1)	6,0

Таблица 7 - Уставки блокировки при качаниях (БК) по DZ

Наименование	Значение
Ток срабатывания РТ I_2 для dZ/dt , (1,0-50,0)% I_1	15
DT43 Время задержки блокировки по DZ, (0,001-1,000) с	0,045
DT44 Время возврата БК по DZ, (0,01-5,00) с	2,5
XB26 Формирование области контроля DZ/dt относительно III ступени/ II ступени	II ступени

6.4

Дистанционная защита обеспечивается селективной работой ступеней с помощью дополнительного параметра – времени. Выдержка времени каждой ступени должна быть согласована с работой ступеней дистанционной защиты.

Первая ступень ДЗ выполняется без выдержки времени:

$$t^I = 0$$

Выдержка второй ступени отстроена от времени первой ступени дистанционной защиты на величину ступени селективности $\Delta t = 0,3$ с и

задействует выдержку УРОВ $t_{уров} = 0,3$ с:

$$t'' = \Delta t + t_{уров} = 0,6 \text{ с} \quad (8)$$

Время выдержки третьей ступени должно быть согласовано с выдержкой второй или третьей ступени ДЗ.

Таблица 8 - Уставки по времени для ДЗ

	Наименование	Значение
	DT28 Время ввода ускорения при включении выключателя, с (0,7...2 шаг 0,1)	1,0
	DT29 Задержка на срабатывание ускорения при включении выключателя от ДЗ и ТО, с (0...1 шаг 0,001)	0,05
	DT33 Задержка на срабатывание I ступени ДЗ, с (0...1 шаг 0,001)	0,05
	DT34 Задержка на срабатывание II ступени ДЗ с меньшей выдержкой времени, с (0,05...15 шаг 0,01)	15
	DT35 Задержка на срабатывание II ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01)	0,6
	DT36 Задержка на срабатывание III ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01)	2,5
	DT46 Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01)	15
	DT47 Задержка на срабатывание V ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01)	15
	DT48 Задержка на срабатывание I ступени ДЗ на землю, с (0,05...15 шаг 0,01)	15
0	DT45 Задержка на срабатывание I, II или III ступени ДЗ при оперативном ускорении, с (0,05...5 шаг 0,01)	0,3
	DT42 Продление сигнала пуска ВЧТО №2, с (0,00...0,20 шаг 0,01)	0,04

Таблица 9 - Логика работы ДЗ

	Наименование	Значение
	XB62 I ступень ДЗ на землю (выведена, в работе)	Выведена
	XB63 IV ступень ДЗ (выведена, в работе)	Выведена
	XB64 V ступень ДЗ (выведена, в работе)	Выведена
	XB20 Подхват срабатывания РС I ступени от ненаправленного РС II ступени (не предусмотрен,	Не предусмотрен
	XB21 Подхват действия I ступени (или II ступени с меньшей выдержкой времени) (от БК-б, от БК-м)	От БК-б
	XB22 Действие II ступени в меньшей выдержкой времени (не предусмотрено, предусмотрено)	Не предусмотрено
	XB23 Ускоряемая ступень ДЗ при включении выключателя (не предусмотрена, II ступень, III ступень)	II ступень
	XB24 Контроль действия III ступени от блокировок (от БНН и БК, только от БНН)	Только от БНН
	XB25 Ускоренный возврат БК при отключении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен)	Предусмотрен
0	XB27 Алгоритм БК DZ/DI	DI
1	XB28 Оперативно ускоряемая ступень (I ступень, II ступень, III ступень)	II ступень
2	XB29 Контроль действия ступеней ДЗ от БНН (не предусмотрен, предусмотрен)	Предусмотрен
3	XB44 Контроль ускорения при включении выключатель от напряжения на линии (не предусмотрен, ШОН РН на линии)	Не предусмотрен
4	XB45 Контроль I ступени ДЗ на землю (от БК-б, от БК-м)	От БК-б
5	XB46 Контроль IV ступени ДЗ (от БК-б, от БК-м, нет)	От БК-б
6	XB47 Контроль V ступени ДЗ (от БК-б, от БК-м, нет)	От БК-б
17	XB41 Запрет АПВ при ОУ от ДЗ или ТНЗНП (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
18	XB42 Запрет АПВ от ускорения при включении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен)	Предусмотрен

	XB41 Запрет АПВ от III ступени ДЗ (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
0	XB15 Действие сигнала ВЧТО №1 (с контролем, без контроля)	Без контроля
1	XB16 Контроль от КQT при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
2	XB17 Контроль от БК при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
3	XB18 Контроль I(II) ступени ДЗ или реле тока IV ступени ТЗНП при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
4	XB19 Контроль от I(II) ступени ДЗ при приеме ВЧТО №2 (I ступень, II ступень)	II ступень

6.5

В качестве первой ступени принимается токовая отсечка без выдержки времени. Ток срабатывания первой ступени отстраивается от утроенного тока нулевой последовательности в месте КЗ:

$$I'_{сз} = K_{отс} + 3I_{0Л1max}, \quad (9)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки; для первой ступени $K_{отс} = 1,3$;

$3I_{0Л1max}$ – максимальный ток нулевой последовательности при однофазном или двухфазном КЗ на землю на шинах ПС в конце линии.

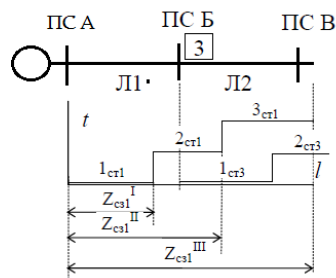


Рисунок 7 - согласование ступеней ТЗНП.

Ток срабатывания второй ступени ТЗНП выбирается исходя из двух условий:

а) по отстройке от утроенного тока, проходящего в месте установки защиты при КЗ на землю:

$$I_{сз}^{II} = K_{отс} + 3I_{0T \max}, \quad (10)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки; для второй ступени принимается

$$K_{отс} = 1,2;$$

$3I_{0T \max}$ – максимальный ток нулевой последовательности при КЗ на землю за трансформатором.

б) по условию согласования с током срабатывания ступени ТЗНП предыдущей линии (линия Л2):

$$I_{сз}^{II} = K_{отс} K_{токЛ2} I_{сз3}^I, \quad (11)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки: $K_{отс} = 1,1$;

$K_{токЛ2}$ – коэффициент токораспределения для линии:

$$K_{токЛ2} = 3I_{01} / 3I_{02} \quad (12)$$

Ток срабатывания третьей ступени ТЗНП выбирается исходя из двух условий:

а) по согласованию с током срабатывания второй ступени ТЗНП предыдущей линии:

$$I_{сз}^{III} = K_{отс} K_{токЛ2} I_{сз3}^{II(III)}, \quad (13)$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки: $K_{отс} = 1,1$;

$K_{токЛ2}$ – коэффициент токораспределения для линии;

$I_{сз3}^{II(III)}$ – ток срабатывания второй (третьей) ступени ТЗНП

б) по условию согласования с током срабатывания защиты от замыкания на землю предыдущего трансформатора. Согласование выполняется с первой ступенью защиты трансформатора, если вторая ступень ТЗНП отстроена от

замыкания на землю на стороне предыдущего трансформатора, а если нет – то со второй ступенью защиты трансформатора:

$$I_{сз}^{III} = 1,1K_{токТ} I_{сзТ}^{II(III)}, \quad (14)$$

где $K_{токТ}$ – коэффициент токораспределения в схеме нулевой последовательности для трансформатора Т;

$I_{сзТ}^{II(III)}$ - ток срабатывание второй (третьей) ступени за трансформатором.

Ток срабатывания четвертой ступени ТЗНП выбирается исходя из двух расчетных условий:

а) по условию отстройки от тока небаланса при внешних трехфазных КЗ за трансформаторами своего и противоположного концов линии :

$$I_{сз}^{IV} = (0,0625...0,125)I_{Т\max},$$

где $I_{Т\max}$ - больший ток трехфазного КЗ за трансформатором.

б) по условию отстройки от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме, но не менее 60 А. Если при этом ступень не обеспечивает требуемую чувствительность (не обеспечивается дальнейшее резервирование), то ток срабатывания выбирается по условию:

$$I_{сз}^{IV} = (0,05...0,1)I_{нагр.\max},$$

где $I_{нагр.\max}$ -максимальный ток нагрузки.

Таблица 10- Уставки реле ТНЗНП и токовой отсечки

	Наименование	Значение
	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП, А (0,05·Iном...30· Iном шаг 0,01)	1894
	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП, А (0,05·Iном...30· Iном шаг 0,01)	135

Продолжение таблицы 10

	Ток срабатывания III ступени ТЗНП, А ($0,05 \cdot I_{ном} \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	68
	Ток срабатывания IV ступени ТЗНП, А ($0,05 \cdot I_{ном} \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	30
	Ток срабатывания блокирующего РНМ, А ($0,04 \cdot I_{ном} \dots 0,5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	60
	Ток срабатывания разрешающего РНМ, А ($0,04 \cdot I_{ном} \dots 0,5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	60
	Напряжение срабатывания блокирующего РНМ, В (0,5...5 шаг 0,1)	2540
0	Напряжение срабатывания разрешающего РНМ, В (0,5...5 шаг 0,1)	2540
1	Коэффициент выноса ТН на линию, о.е. (0,00...0,50 шаг 0,01)	0
2	Ток срабатывания токовой отсечки, А ($0,35 \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	2494
3	Ток срабатывания ПО токовой отсечки при включении выключателя, А ($0,35 \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	18000

6.5.1

Время срабатывания первой ступени микропроцессорных защит принимается $t = 0,05-0,1$ с. При этом обеспечивается приоритет действия дистанционных защит, реагирующих на замыкания на землю. Также обеспечивается отстройка от бросков тока намагничивания при включении силовых трансформаторов, если они установлены на ответвлениях от ЛЭП.

Время срабатывания второй ступени принимается $t_{II} = 0,6$ с, при этом степень селективности для отстройки от первой ступени ТЗНП предыдущей линии $\Delta t = 0,3$ с и время работы УРОВ $t = 0,3$ с.

Время срабатывания третьей ступени согласовывается с временем срабатывания второй или третьей ступени ТЗНП предыдущей линии.

Время срабатывания четвертой ступени согласовывается с временем срабатывания третьих или четвертых ступеней ТЗНП предыдущих линий и дополнительно с выдержками времени защит, действующих за трансформаторами своего и противоположного концов защищаемой линии.

Некоторые ступени ТЗНП могут иметь ускорение. От неполнофазного режима ускоряемые ступени отстраиваются по времени $t = 0,05-0,2$ с. Если ускоряемые ступени, а также первая и вторая не отстроены по току от неполнофазного режима в цикле ОАПВ, то предусматривается вывод этих ступеней на время цикла ОАПВ.

Ступени ТЗНП выполняются направленными «в линию». Для повышения надежности работы срабатывания ТЗНП целесообразно хотя бы одну из ступеней выполнить ненаправленной. Ненаправленными могут выполняться первая ступень, если она не срабатывает при КЗ на землю на шинах своей подстанции (КЗ «за спиной»), и четвертая ступень, если время ее срабатывания больше времени срабатывания последних ступеней ТЗНП всех других линий, отходящих от шин своей подстанции.

Таблица 11- Уставки по времени для ТНЗНП и токовой отсечки.

	Наименование	Значение
	DT49 Задержка на срабатывание ускорения при включении выключателя от ТНЗНП, с (0,05...5 шаг 0,01)	0,3
	DT50 Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП, с (0,01...15 шаг 0,01)	0,3
	DT51 Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01)	0,8
	DT52 Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01)	1,3
	DT53 Задержка на срабатывание IV ступени	1,8

Продолжение таблицы 11

	DT54 Задержка на срабатывание ускорения ТНЗНП при приеме сигнала ВЧТО №3, с (0,05...5 шаг 0,01)	0,05
	DT55 Время ожидания при внешних повреждениях, с (0,01...0,20 шаг 0,01)	0,15
0	DT56 Задержка пуска ВЧТО №3 при реверсе мощности, с (0,01...0,20 шаг 0,01)	0,15
1	DT57 Задержка на срабатывание токовой отсечки, с (0,000...15,000 шаг 0,001)	0,05
2	DT58 Задержка на срабатывание II, III или IV ступени ТНЗНП при оперативном ускорении, с (0,05...5 шаг 0,01)	0,5
3	DT80 Продление сигнала пуска ВЧТО №3, с (0,00...0,60 шаг 0,01)	0,04
4	DT18 Задержка на срабатывание ускор. ТНЗНП от защиты парал. линии, с (0,05...5,00 шаг 0,01)	5,0

Таблица 12 - Логика работы ТНЗНП и токовой отсечки

	Наименование	Значение
	XB65 V ступень ТНЗНП (выведена, в работе)	Выведена
	XB66 VI ступень ТНЗНП (выведена, в работе)	Выведена
	XB30 Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
	XB31 Автоматический вывод направленности в режиме ускорения при включении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен)	Не предусмотрен
	XB32 Контроль направленности I ступени ТНЗНП (предусмотрен, не предусмотрен)	Предусмотрен
	XB33 Контроль направленности II ступени ТНЗНП (предусмотрен, не предусмотрен)	Предусмотрен
	XB34 Контроль направленности III ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р, от РМН-б)	от РНМ-р

	XB35 Контроль направленности IV ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р, от РМН-б)	от РНМ-р
	XB39 Контроль направленности V ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р, от РМН-б)	от РНМ-р
0	XB91 Направленности V ступени ТНХНП (вперед, назад)	вперед
1	XB40 Контроль направленности VI ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р, от РМН-б)	от РНМ-р
2	XB92 Направленности VI ступени ТНХНП (вперед, назад)	Вперед
3	XB36 Ускоряемая ступень ТНЗНП при включении выключателя (не предусмотрена, II ступень, III ступень)	III ступень
4	XB37 Оперативно ускоряемая ступень ТНЗНП (II ступень, III ступень, IV ступень)	III ступень
5	XB38 Ускорение действия токовой отсечки при включении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено)	Не предусмотрено
6	XB53 Отстройка V ступени ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена)	Не предусмотрено
7	XB54 Отстройка VI ступени ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена)	Не предусмотрено
8	XB57 Контроль ВЧТО №3 от III(IV) ступени ТНЗНП (III ступень, IV ступень)	III ступень

6.6

Для организации ВЧ блокировки защит по защищаемой ВЛ организуется ВЧ канал и на каждом конце защищаемой ВЛ дополнительно к существующим резервным защитам ВЛ (ДЗ и ЗЗ) устанавливается ВЧА (рис. 2.6.1).

Принцип действия ВЧ блокировки резервных защит аналогичен принципу действия направленной ВЧ защиты:

1. В нормальном режиме работы защиты на обоих концах ВЛ находятся в не сработавшем состоянии, ВЧ передатчики остановлены.
2. При возникновении любого КЗ защита на каждом конце ВЛ сразу же запускает свой ВЧ передатчик. При междуфазных КЗ передатчик запускает ДЗ, при КЗ на землю - ЗЗ.
3. Если запущен ВЧ передатчик хотя бы на одном конце ВЛ, то в ВЧ канале имеется ВЧ сигнал, который принимается ВЧ приемниками на обоих концах ВЛ, при этом работа защиты без выдержки времени блокируется. ДЗ и ЗЗ могут сработать как обычно с выдержками времени.
4. Если защита на каком-либо конце ВЛ определяет, что направление в сторону КЗ - от шин в линию, то она останавливает свой ВЧ передатчик. При междуфазных КЗ определяет направление в сторону КЗ и останавливает ВЧ передатчик ДЗ, при КЗ на землю - ЗЗ.
5. Если будут остановлены оба ВЧ передатчика, то в ВЧ канале исчезнет ВЧ сигнал и защиты на обоих концах ВЛ подействуют на отключение ВЛ без выдержки времени.

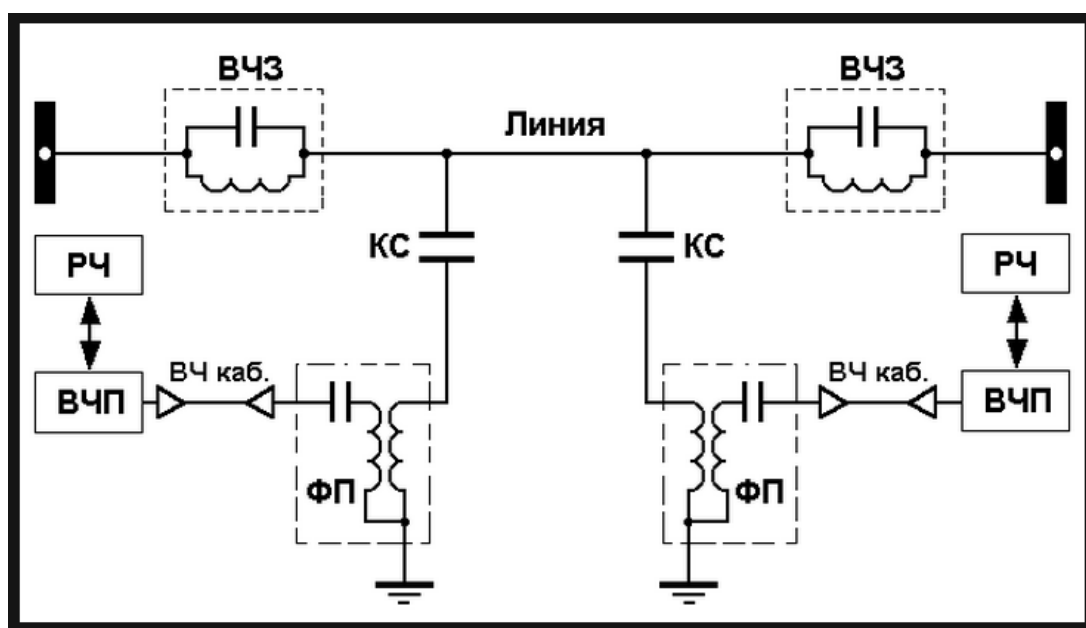


Рисунок 8 – Схема ВЧ тракта.

Таблица 13 - Уставки реле тока и напряжения

	Наименование	Значение
	Ток срабатывания блокирующего реле тока $I_{0бл}$, А ($0,05 \cdot I_{ном} \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	70
	Ток срабатывания отключающего реле тока $I_{от}$, А ($0,05 \cdot I_{ном} \dots 30 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	210
	Напряжение срабатывания откл. реле напряжения $U_{от}$, В (0,5...20 шаг 0,01)	4
	Уставка по приращению I_1 блокирующего, А ($0,08 \cdot I_{ном} \dots 3 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	1
	Уставка по приращению I_2 блокирующего, А ($0,08 \cdot I_{ном} \dots 3 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	0,5
	Ток срабатывания ПО I_2 пуск, А ($0,025 \cdot I_{ном} \dots 0,5 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01)	120
	Коэффициент торможения ПО I_2 пуск, о.е. (0...0,15 шаг 0,01)	0,04

Таблица 14 – Уставки реле сопротивления

	Наименование	Значение
	Уставка по оси X характеристики $Z_{от}$, Ом ($I/I_{ном} \dots 500/I_{ном}$ шаг 0,01)	2,838
	Уставка по оси R характеристики $Z_{от}$, Ом ($I/I_{ном} \dots 500/I_{ном}$ шаг 0,01)	1,441
	Угол наклона характеристики (от оси X) $Z_{от}$, град ($I/I_{ном} \dots 500/I_{ном}$ шаг 0,01)	79,38
	Угол наклона нижней правой части характ-ки $Z_{от}$, град (0...89 шаг 1)	-22
	Угол наклона нижней левой части характ-ки $Z_{от}$, град (91...179 шаг 1)	120

Таблица 15 - Уставки по времени

	Наименование	Значение
	Задержка остановки ВЧ передатчика, с (0,025...0,1 шаг 0,01)	0,05
	Время продления сигнала пуска ВЧ передатчика при однофазных КЗ, с (0,2...1 шаг 0,1)	0,04
	Время ввода Zот от БК, с (0,2...1 шаг 0,1)	0,4
	Время вывода Zот от БК, с (3...12 шаг 1)	6

Таблица 16 - Логика работы ВЧБ

	Наименование	Значение
	Действие БНН на пуск ВЧ передатчика (не предусмотрено, предусмотрено)	Не предусмотрено
	Пуск ВЧ передатчика при выводе защиты (не предусмотрено, предусмотрено)	Не предусмотрен
	Вывод защиты от КЗ на землю при включении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрен
	Сигнализация пуска на отключение (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрена
	Ускоренный возврат БК при отключении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрен
Юот	Блокирование действия ДЗ при срабатывании реле (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрено

Продолжение таблицы 16

	Блокирование действия ДЗ при срабатывании реле U0от (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрено
	Совместная работа с ЭПЗ1643 (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрено
	ПО It2 пуск (выведен, в работе)	В работе

УСТРОЙСТВА СЕТЕВОЙ АВТОМАТИКИ

7.1

Устройства АПВ применяются для быстрого восстановления питания внутрисистемных сетей и потребителей, с помощью автоматического включения выключателей при аварийном отключении устройствами релейной защиты.

Автоматическое повторное включение выключателей предусматривается на воздушных и кабельно-воздушных линиях напряжением выше 1 кВ. В целях экономии, АПВ ставят на линию электропередачи. Установка устройств АПВ должно быть выполнено так, чтобы они не сработали при:

- 1) отключении персоналом дистанционно;
- 2) автоматическом отключении от РЗА после включения персоналом.

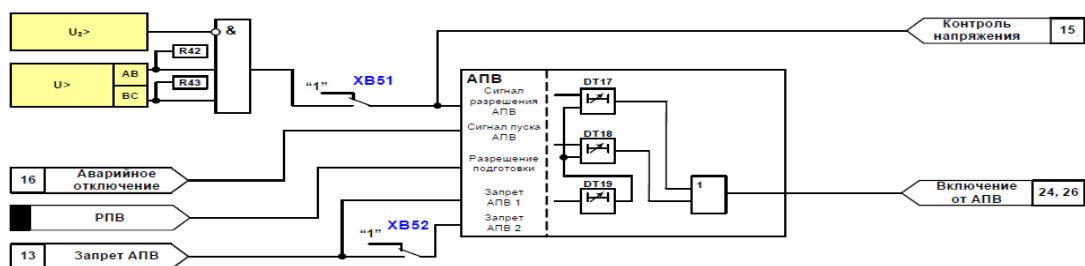


Рисунок 9 - Схема АПВ.

Принцип работы АПВ заключается в том, что выключатель, отключившийся посредством срабатывания релейной защиты, повторно включается под напряжение. Если причина, по которой выключатель отключился, исчезла, то вся система продолжает работать в своем нормальном режиме. Но когда авария не самоустранивается, АПВ срабатывает вновь и выключатель больше включится, пока его не включат вручную, после осмотра и принятия решения места аварии.

У всех устройств АПВ есть выдержка времени, которую выбирают с учетом возможного неодновременного отключения повреждения с обоих концов линии.

Устройства АПВ формируют команду на отключение с выдержкой времени:

$$t_{АПВ-1} \geq t_{д.с.} - t_{вкл.Q} + \Delta t ,$$

где $t_{д.с.}$ - время деионизации среды, примерно равное 0,3 сек.;

$t_{вкл.Q}$ - время включения выключателя (для выключателя Alstom равно 0,023 сек.);

$$t_{АПВ-1} \geq 0,3 - 0,023 + 0,5 \text{ сек.}$$

На нашей линии 110 кВ «ВТЭЦ-2 – Орлиная» мы принимаем к установке АПВ однократного действия. Так как в виду отсутствия данных о наличии особых потребителей мы не рассматриваем АПВ двукратного действия.

Таблица 17 - Уставки АУВ и АПВ

	Наименование	Значение
	Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения шин, В (60...100)	80
	Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения шин, В (10...80)	40
	Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения от ШОН, В (60...100)	80
	Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения от ШОН, В (10...80)	40
	Разность напряжений ИО контроля синхронизма, В (5...50)	44

Продолжение таблицы 17

Угол между напряжениями ИО контроля синхронизма, град. (5...85)	40
Скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц (0,05...0,4)	0,05
Предельная скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц (0,05...2,0)	0,06

Таблица 18 - Уставки по времени АУВ и АПВ

Наименование	Значение
DT101 Время включения выключателя, с (0,01...1,00)	0,6
DT76 Время первого цикла АПВ, с (0,25...16)	1,8
DT78 Время второго цикла АПВ, с (2,5...160)	160
DT81 Время подготовки АПВ, с (15...120)	20
DT72 Задержка на срабатывание защиты ЭМВ, с (1,0...2,0)	1,0
DT73 Задержка на срабатывание защиты ЭМО1, с (1,0...2,0)	1,0
DT75 Задержка на срабатывание ЗНФ, с (0,1...0,2)	0,2
DT77 Задержка на срабатывание ЗНФР, с (,025...0,8)	0,5

Продолжение таблицы 18

0	DT82 Врем включения от АПВ, С (0,0...2,0)	0,1
1	DT100 Время сброса готовности АПВ при отключенном выключателе, с (10...840)	620
2	DT102 Ожидание КС (УС), с (0...840)	600

Таблица 19 - Логика работы АУВ и АПВ

	Наименование	Значение
	XB77 Контроль синхронизма (не предусмотрен/ предусмотрен)	предусмотрен
	XB84 Улавливание синхронизма (не предусмотрен/ предусмотрен)	предусмотрен
	XB74 Второй электромагнит отключения (не предусмотрен/ предусмотрен)	уточнить при наладке
	XB73 Обесточивание ЭМ при приеме «Блокировка вкл. и откл.» (не предусмотрен/ предусмотрен)	предусмотрен
	XB81 Выбор режима АПВ (слепое АПВ, АПВ шин или линии)	слепое АПВ
	XB82 Второй цикл АПВ (не предусмотрен/ предусмотрен)	не предусмотрен
	XB 80 Отключение выкл. от «Авар. Снижение давл. элегаза в ТТ» (не предусмотрен/ предусмотрен)	не предусмотрен

	ХВ78 Привод выключателя (трехфазный, пофазный)	уточнить при наладке
	ХВ76 Контроль сигнализации АПВ от датчика тока ЭМВ (не предусмотрен/предусмотрен)	не предусмотрен
0	ХВ71 Логика включения с КС (типовая, не типовая)	типовая
1	ХВ2 Включение с контролем отсутствия напряжения (не предусмотрен/предусмотрен)	не предусмотрен
2	ХВ75 Сброс готовности АПВ при отключенном выключателе (не предусмотрен/предусмотрен)	предусмотрен

Таблица 20 - АВР (Не используется)

	Наименование	Значение
	ХВ79 Выбор режима АВР (двусторонний, шин, линии)	линии
	DT70 Задержка на срабатывание АВР линии (0,0...60,0)	60

7.2

()

УРОВ – одна из разновидностей автоматики электрических сетей напряжением выше 1 кВ, предназначенная для отключения выключателя следующего участка при отказе выключателя предыдущего участка при аварии.

При КЗ в сети релейная защита поврежденного участка подаёт сигнал на выключатель об отключении, при этом ПО УРОВ также вводятся в

действие параллельно на отключение, но с выдержкой времени. Если выключатель отработал правильно, то УРОВ продолжает работать в своем исходном состоянии. Если выключатель по каким-либо причинам не отработал, то УРОВ производит отключение всех смежных по истечению выдержки времени. Для срабатывания УРОВ необходимо выполнение двух условий:

1. Срабатывание релейной защиты на отключение выключателя, питающего повреждённую линию.
2. Признак наличия аварийных параметров, говорящих о том, что повреждение по каким-либо причинам не устранено.

УРОВ не может резервировать релейную защиту, поэтому применение УРОВ предусматривает использование резервной релейной защиты в дополнение к основной. Обычно резервный комплект релейной защиты имеет пусковые органы по току или напряжению, выполняемые посредством:

- 1) минимального реле напряжения прямой последовательности с блокировкой по напряжениям обратной и нулевой последовательности
- 2) трёх максимальных токовых реле или одного реле трёхфазного максимального тока.

Основной уставкой УРОВ является время выдержки на отключение выключателей. Из-за того, что защита подаёт сигнал одновременно сразу на отключение выключателя и на УРОВ, то для нормального действия выдержка времени УРОВ должна быть больше времени действия основной защиты на величину Δt , таким образом уставка реле времени, входящего в УРОВ должна быть равна сумме:

- 1) времени срабатывания основного выключателя
- 2) времени возврата защиты, пускающей УРОВ (в случае удачного отключения основного выключателя)
- 3) времени ускорения срабатывания реле времени УРОВ (отклонение срабатывания в меньшую сторону)

4) запаса по времени для большей надёжности системы.

Таблица 21 - Уставки реле тока УРОВ

	Наименование	Значение
	Ток срабатывания реле тока УРОВ, А (0,04·Iном...0,40·Iном шаг 0,01)	60

Таблица 22 - Уставки по времени УРОВ

	Наименование	Значение
	DT16 Задержка на срабатывание УРОВ, с (0,1...0,6 шаг 0,1)	0,25

Таблица 23 - Логика работы УРОВ

	Наименование	Значение
	XВ5 Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КQC (предусмотрено, не предусмотрено)	Предусмотрено
	XВ6 Действие УРОВ «на себя» (предусмотрено, не предусмотрено)	Предусмотрено
	XВ83 Пуск УРОВ при действии ЗНФР (предусмотрено, не предусмотрено)	Не предусмотрено

Таблица 24 – Уставки устройства резервирования при отказах выключателя

	Наименование	Значение
	Ток срабатывания реле тока УРОВ, А (0,04Iном...0,4Iном шаг 0,01)	
	Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КQC (не предусмотрено, предусмотрено)	Предусмотрено
	Действие УРОВ «на себя»	Предусмотрено

Все рассчитанные нами уставки срабатывания находятся в допустимых пределах панельных значений выбранных нами терминалов; проходят по чувствительности и могут быть приняты к установке.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

8.1

Безопасность персонала одно из самых главных требований при любых видах работ и монтажа. Весь персонал должен проходить обязательное обучение и инструктаж знаний техники безопасности в соответствии с ГОСТ.

Электромонтажный персонал, который обслуживает электроустановки, проходит обучение и проверку знаний по теме «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Наладочный персонал организации, занимающийся монтажом и наладкой электроустановок на предприятии, проходит обучение и проверку на знания правил «Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок». По окончании обучения и проверки, работнику дается удостоверение установленной формы, которое должно быть всегда при нем во время работы.

Наша цель, это прокладка кабельной линии напряжением 110 кВ, поэтому следует тщательно рассмотреть безопасность персонала при прокладке линии.

Перед работой на действующем объекте, персонал организации проходит инструктаж и ознакомливается с работой

Персонал должен знать, что после пропажи напряжения, оно может быть подано заново без предупреждения.

План заблаговременных и периодических медицинских осмотров персонала определяется Минздравом России.

В каждой электромонтажной бригаде должно быть не менее одного рабочего, являющимся инструктором-реаниматологом.

Когда инструктаж пройден, можно приступать к работе. Первое, что следует сделать – это раскопка траншеи под укладку кабеля. Для этого необходимо получить специальные разрешения управляющих организаций.

В строгом надзоре приступать к данному виду работ могут только лица достигшие восемнадцати лет, подготовленные и прошедшие технику

безопасности, а так же иметь группу допуска не ниже III.

Весь процесс укладки кабеля очень трудоемкий, и опасный. Обязательное правило применять средства защиты и соблюдать требования охраны труда. В случае чрезвычайного происшествия, немедленно доложить об этом начальству, будь это несчастный случай или ухудшение собственного здоровья.

У каждого работника должна быть специализированная одежда, которая не будет стеснять движения и легко дышать.

Как правило место укладки происходит на улице, из этого следует, что очень сильно на работу влияют погодные условия. Опять же речь идет о спец. одежде.

8.2

Всем известно, что ЛЭП носит негативное влияние на жизнедеятельность человека, а так же на его здоровье. Еще в СССР при строительстве ЛЭП не учитывался фактор магнитной составляющей излучения. Линии электропередач строились в зоне проживания. Сейчас же всё наоборот, соблюдаются все нормативы при расположении жилых домов рядом с ЛЭП. В данное время при выборе жилья, люди часто уделяют внимание на расположение линий электропередач.

Кровеносная система человека это совокупность ионов, атомов и молекул. Отсюда следует, что движение заряженных ионов создается электрическое поле. Которое будет взаимодействовать с внешним ЭМП, то есть полем ЛЭП.

Действие тока выявляется раздражением и возбуждением тканей организма, сопровождением судорожных сокращений мышц, даже легких и сердца. Источниками ЭМП являются: ЛЭП, ОРУ, трансформаторы, высоковольтные провода и т.д. и т.п.

В России существует требование нормативно-правового акта- ограждение ЛЭП по участку охранной зоны. Охранная зона- это участки установленные в

целях обеспечения сохранения электрических сетей и предотвращения несчастных случаев.

Таблица 25 - Охранная зона ЛЭП,м

Напряжение ЛЭП, кВ	До 1	10	35	110	150	220	400	500
Ширина зоны (А)	2	10	15	20	25	25	30	30

Любая линия электропередач должна находиться на определенном расстоянии относительно автомобильной дороги, и на определенной высоте проводов до земли.

Таблица 26 - Габариты ЛЭП,м

Расстояние, м	Напряжение ЛЭП, кВ							
	До 1	10	35	110	150	220	400	500
До полотна автомобильной дороги	6	7	7	7	7,5	8	8,5	9
До земли, ненаселенная местность	5	6	6	6	6,5	7	7,5	8
Населенная местность	6	7	7		7,5	8	8	8

Существует система мер для снижения вреда от ЛЭП:

1. Усовершенствование конструкций ЛЭП
2. Рациональное использование трасс линий

Линия имеет горизонтальное расположение проводов с расстоянием между ними $d=10,5$ м. Фазы расщепленные, состоящие из трех проводов АС-300 радиусом $r_0=1,26$ см с шагом расщепления $a=55$ см. Средняя высота подвеса проводов над землей $H_{cp}=13,1$ м. Грозозащитные тросы изолированы от опор, т.е. влияние их на электрическое поле проводов не учитывается. Построить зависимость $L_A(r)$. Определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы.

Рассчитать и построить зависимость максимальной напряженности электрического поля E_{max} от a . Определить минимальное значение E_{max} . Для этого значения определить границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Сделать выводы.

Уровень звука L_A (дБА) при дожде, создаваемый одной фазой на расстоянии R (м) от проекции крайнего провода ВЛЭП на землю в зависимости от конструктивных параметров провода и максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода E_{max} (кВ/см) определяется по эмпирической формуле:

$$L_A = 16 + 1,14E_{max} + 9r_0 + 15\lg n - 10\lg R, \quad (15)$$

где r_0 – радиус провода, см;

n – число проводов в расщепленной фазе.

Уровень звука $L_{A\Sigma}$ (дБА) создаваемый ВЛЭП определяется по формуле:

$$L_{A\Sigma} = L_A + 10\lg n_\phi \quad (16)$$

где n_ϕ – количество фаз на опоре.

Расчет максимальной напряженности электрического поля на поверхности провода.

Максимальная напряженность электрического поля на поверхности провода (кВ/см) определяется по формуле:

$$E_{\max} = K_y E_{cp}, \quad (17)$$

где K_y - коэффициент, учитывающий усиление напряженности поля вследствие влияния зарядов на соседних проводах расщепленной фазы;

E_{cp} - средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы, кВ/м.

Коэффициент усиления рассчитывается по формуле:

$$K_y = 1 + (n-1) \frac{r_0}{r_p}, \quad (18)$$

$$K_y = 1 + (3-1) \frac{1,26}{31,75} = 1,07,$$

где r_p - радиус расщепленной фазы, см.

Расчет радиуса расщепленной фазы r_p зависит от схемы расположения проводов в ней. Количество проводов в расщепленной фазе зависит от класса напряжения ВЛЭП. Класс напряжения дается по линейному напряжению в кВ.

Например, для ВЛЭП 110 кВ в связи с тем, что провода в расщепленной фазе составляют равносторонний треугольник (см. рисунок 5), радиус расщепленной фазы можно рассчитать по формуле:

$$r_p = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad (19)$$

$$r_p = \frac{55}{\sqrt{3}} = 31,75 \text{ см},$$

где a - шаг расщепления, см.

Средняя рабочая напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы:

$$E_{cp} = \frac{U_\phi}{nr_0 \ln\left(\frac{S}{r_s}\right)}, \quad (20)$$

$$E_{cp} = \frac{110}{3 \cdot 1,26 \cdot \ln\left(\frac{1025}{20,88}\right)} = 19,614 \text{ кВ/см},$$

где U_ϕ - фазное напряжение, кВ;

S - среднегеометрическое расстояние между фазами, см;

r_s - эквивалентный радиус одиночного провода, имеющего ту же емкость, что и расщепленная фаза, см.

Фазное напряжение связано с линейным напряжением U_n (кВ) соотношением:

$$U_\phi = \frac{U_n}{\sqrt{3}}, \quad (21)$$

$$U_\phi = \frac{110}{\sqrt{3}} = 64,7 \text{ кВ.}$$

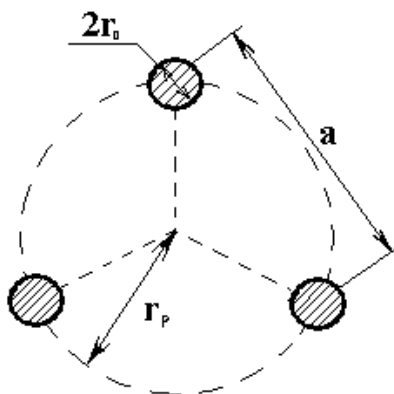


Рисунок 10 – Схема расположения проводов в расщепленной фазе ВЛЭП 110 кВ

Эквивалентный радиус провода $r_{э\text{кв}}$ рассчитывается по формуле:

$$r_{э\text{кв}} = \sqrt[n]{nr_0 r_p^{n-1}}, \quad (22)$$

$$r_{э\text{кв}} = \sqrt[3]{3 \cdot 1,26 \cdot 31,75^{3-1}} = 15,61 \text{ см}$$

Для ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов

среднегеометрическое расстояние между фазами определяется по формуле:

$$S = \frac{\sqrt[3]{2D_0}}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{D_0}{2H}\right)^2\right)} \sqrt{1 + \left(\frac{D_0}{H}\right)^2}}, \quad (23)$$

$$S = \frac{\sqrt[3]{2 \cdot 10,5}}{\sqrt[3]{\left(1 + \left(\frac{10,5}{2 \cdot 8,65}\right)^2\right)} \sqrt{1 + \left(\frac{10,5}{8,65}\right)^2}} = 1,025 \text{ м},$$

где H – высота подвеса провода над поверхностью земли, м;

D_0 – расстояние между фазами, м.

При расчете шума наилучший вариант когда $H = H_0$, т.е. провода ВЛЭП располагаются наиболее близко к земле (см. рисунок 6).

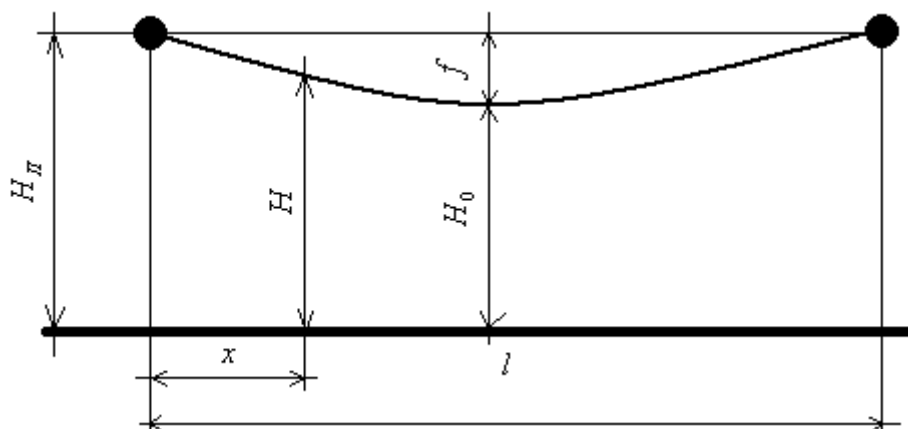


Рисунок 11 – К определению высоты размещения провода над землей на разных расстояниях от опоры x

H_n - высота подвеса проводов на опоре, м;

H - высота подвеса проводов на опоре на расстоянии x , м;

H_0 - габарит линии (на расстоянии $l/2$ от опоры), м;

l - длина пролета линии, м;

f - стрела провеса провода, м.

На рисунке 7 приведена зависимость шума, создаваемого ВЛЭП 500 кВ, в зависимости от расстояния $L_{A\Sigma} = f(R)$.

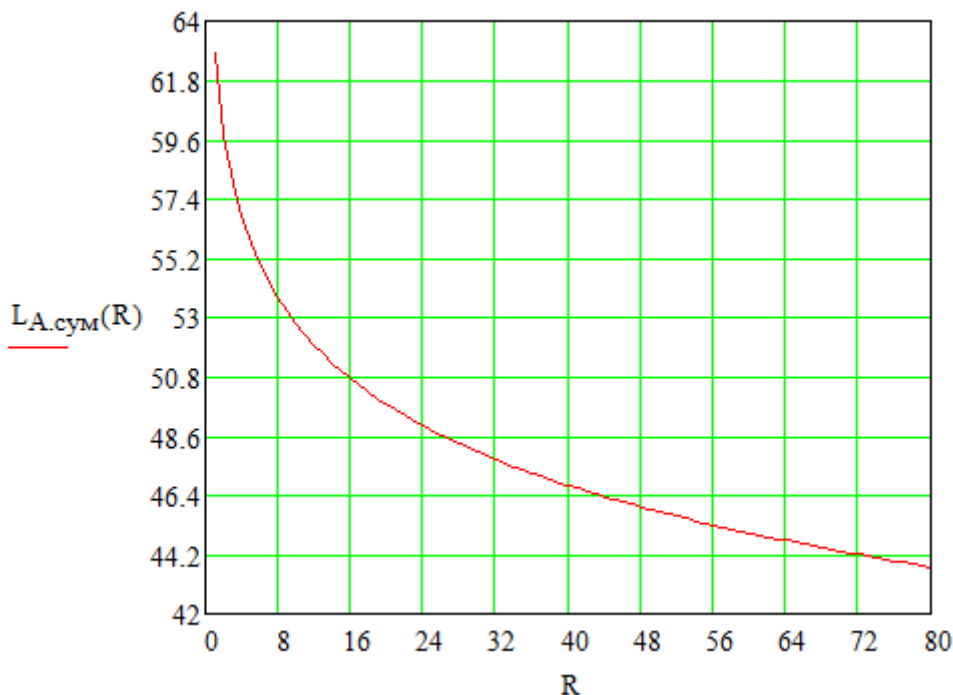


Рисунок 12 – Зависимость $L_{A\Sigma} = f(R)$

$$a = 55 \text{ см}; H_0 = 8,65 \text{ м}; D_0 = 10,5 \text{ м}; r_0 = 1,26 \text{ см}$$

По формуле (27) можно определить минимальное расстояние от ВЛЭП до границы прилегающей территории, если принять $L_{A\Sigma} = \Delta Y_{L_A}$ и $R = R_{\min}$:

$$R_{\min} = 10^{0,1(16+1,14E_{\max}+9r_0+15\lg n+10\lg n_{\phi}-\Delta Y_{L_A})}, \quad (24)$$

$$R_{\min} = 10^{0,1(16+1,14 \cdot 20,98+9 \cdot 1,26+15\lg(3)+10\lg(3)-45)} = 62,20 \text{ м}.$$

Любое значение $R \geq R_{\min}$ будет обеспечивать соблюдение санитарных норм по шуму.

На практике конструктивные параметры ВЛЭП соответствуют оптимальным параметрам. Одним из важных параметров является шаг расщепления. На рисунке 8 показана зависимость максимальной

напряженности электрического поля на поверхности провода от величины шага расщепления для значений $H_0 = 8,65$ м; $D_0 = 10,5$ м; $r_0 = 1,26$ см.

Из результатов расчета следует, что $a_{opt} = 26$ см, близкое к заданному изначально значению, при этом E_{max} принимает минимальное значение 19,7 кВ/см.

Если принять, что ВЛЭП проходит рядом с территорией прилегающей к селитебной зоне, для которой $ДУ_{L_A} = 45$ дБА, то для различных значений a в таблице 3 приведены рассчитанные по формуле (27) R_{min} . Расчеты приведены для $a = 26$ см; $H_0 = 8,65$ м; $D_0 = 10,5$ м; $r_0 = 1,26$ см. В таблице 3 жирным шрифтом выделено значение a_{opt} и минимальное значение R_{min} .

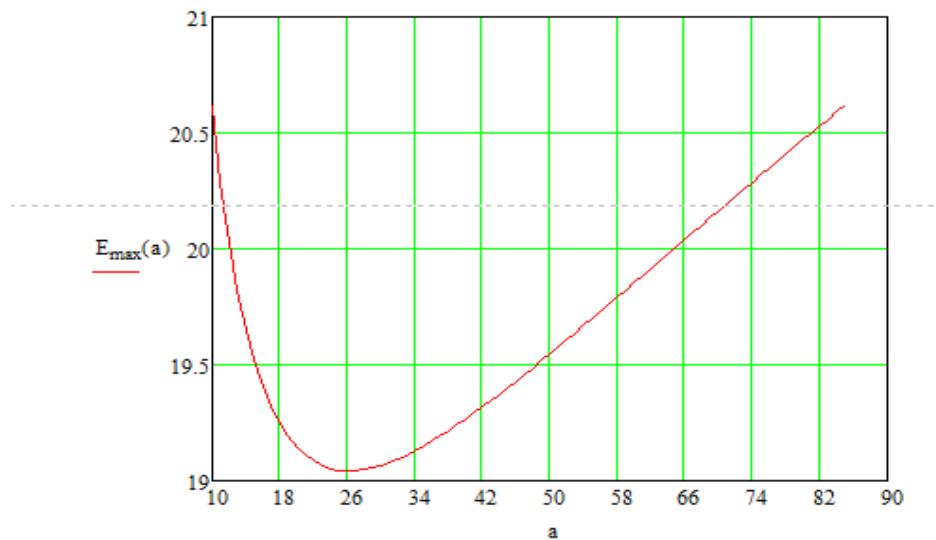


Рисунок 13 – Зависимость $E_{max} = f(a)$

Таблица 27 - Минимальные расстояния от ВЛЭП до границы селитебной зоны в зависимости от шага расщепления

, см	a	0	6	2	6	4	0	6	2	8	4	0	6	2
------	-----	---	---	---	----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

м	R_{\min} 9,92	3,66	0,08	9,61	0,54	2,02	3,88	5,98	8,26	0,68	3,21	5,84	8,56
---	--------------------	------	------	-------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Как следует из результатов расчета минимальный размер санитарно-защитной зоны для ВЛЭП по шуму (R_{\min}) соответствует оптимальному шагу расщепления a_{opt} . При таком шаге расщепления напряженность электрического поля на поверхности провода будет минимальна, следовательно, и интенсивность короны будет минимальна и уровень шума, создаваемый ВЛЭП так же будет минимальным.

Вывод: в ходе выполнения данной расчетной работы были определены и построены зависимости $L_A(r)$ и E_{max} от a . Определили границу СЗЗ ВЛ по шуму для случая ее прохождения вблизи территории селитебной зоны. Также определили минимальное значение E_{max} , для этого значения произвели расчет и определили границу СЗЗ ВЛ по шуму для ее случая. Построив зависимость, определили, что минимальное расстояние зависит от шага расщепления. В нашем случае, минимальное расстояние 39,61 м при шаге расщепления 26 см.

8.3

Чрезвычайные ситуации возникают постоянно как из-за воздействия природы, так и в результате человеческой жизнедеятельности и невнимательности. Чаще всего несчастные случаи происходят на производстве-произшествие, в результате которого работник или группа лиц получили увечья или травмы, либо его смерть.

По количеству пострадавших случаи делятся на:

1. Одиночный, когда 1 человек пострадал;
2. Групповой, пострадавших 2 и более.

Таблица 28 - Общие показатели производственного травматизма

	2012	2013	2014	2015
Числа несчастных случаев на производстве				
Генерирующие компании	104	97	101	18
Электросетевые компании	85	116	121	8
Всего	189	213	222	36
Количество пострадавших при несчастных случаях на производстве (Всего/ в .ч. со смертельным исходом)				
Генерирующие компании	114/11	107/7	112/5	18/5
Электросетевые компании	93/26	129/28	133/28	9/4
Всего	207/37	236/35	245/33	37/9

Нашим объектом является линия электропередач. Чаще всего причиной аварии является обрыв линии. При падении провода на землю возникает большая опасность для жизни и здоровья людей и животных. Обрыв может быть вызван погодными условиями, сильный ветер, ураган и т.д.

Самое главное правило при такой аварии, это ни в коем случае не подходит к оборванному кабелю. Через оборванный кабель электрический ток растекается по земле, создавая тем самым опасную зону. Если же вы вдруг попали в зону поражения, уходите из нее маленькими шагами. Так вы снизите шанс быть ударенным током.

8.3.1

Эффективность работы по охране труда определяют по наличию несчастных случаев (в том числе тяжелых несчастных случаев, несчастных случаев со смертельным исходом), а также путем сравнения относительных показателей травматизма и профессиональной заболеваемости в данном году в сравнении с предшествующими годами в организации и регионе.

Исходные данные:

$$T = 37;$$

$$P = 2000;$$

$$D = 34;$$

$$T_{\text{см}} = 9;$$

$$T_{\text{хрон}} = 1.$$

Коэффициент частоты травматизма - количество несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за отчетный период. Определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (25)$$

$$K_{\text{ч}} = 1000 \cdot \frac{37}{2000} = 18,5,$$

где T - количество несчастных случаев, включенных в отчет;

P - среднесписочное количество работающих за отчетный период.

$K_{\text{ч}}$ показывает насколько часто происходят несчастные случаи в данной организации, однако он не отражает «тяжести» повреждений.

Коэффициент тяжести травматизма - число дней временной нетрудоспособности, приходящейся на один несчастный случай. Определяется по формуле:

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{T'}, \quad (26)$$

$$T' = T - T_{\text{см}}, \quad (27)$$

$$T' = 37 - 9 = 28,$$

$$K_T = \frac{34}{28} = 1,2,$$

где D - общее количество дней временной нетрудоспособности по всем несчастным случаям за отчетный период;

T' - количество несчастных случаев в отчете за вычетом количества несчастных случаев со смертельным исходом.

Для более точного определения состояния охраны труда введен обобщающий показатель производственного травматизма $K_{общ}$:

$$K_{общ} = K_q \cdot K_T, \quad (28)$$

$$K_{общ} = 18,5 \cdot 1,2 = 22,2,$$

Коэффициент смертности определяется по формуле:

$$K_{CM} = 1000 \cdot \frac{T_{CM}}{T}, \quad (29)$$

$$K_{CM} = 1000 \cdot \frac{9}{37} = 243,$$

где T_{CM} - количество несчастных случаев со смертельным исходом за отчетный период.

Коэффициент профессиональной заболеваемости - количество случаев хронических заболеваний за год, приходящихся на 10000 работающих. Определяется по формуле:

$$K_{ХРОН} = 10000 \cdot \frac{T_{ХРОН}}{P}, \quad (30)$$

$$K_{ХРОН} = 10000 \cdot \frac{1}{2000} = 5,$$

где $T_{ХРОН}$ - количество впервые установленных случаев хронических профессиональных заболеваний за отчетный период.

Вывод: в ходе выполнения данной расчетной работы по исходным данным были рассчитаны важнейшие показатели производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Выбор сечения кабеля- очень важный процесс. Очень важно выбрать правильную марку кабеля, которая будет выдерживать допустимые токи и подходить по бюджету. Но в тоже время увеличение сечение кабеля прямо пропорционально возрастает с его стоимостью, в том числе и на его установку. Но есть и плюсы, одновременно с повышением сечения снижаются потери электроэнергии и их стоимость за год.

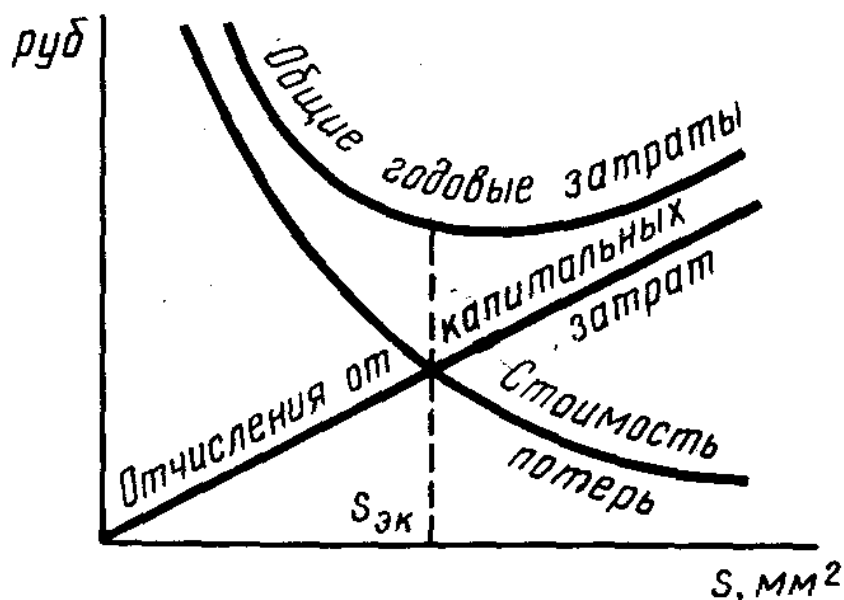


Рисунок 12 – Зависимость затрат от сечения кабеля.

Как мы видим на рисунке 12, самым целесообразным решением будет выбрать сечение на пересечении двух кривых – стоимости потерь и стоимости кабеля.

Для того чтобы удобнее, а главное быстрее было производить установку и монтаж кабеля, мы проложили его в кабельный канал в горизонтальном исполнении по 3 штуки.

Чтобы посчитать объемы капитальных вложений в линию электропередачи, мы воспользуемся показателями стоимости элементов ЛЭП.

Капиталовложения в ЛЭП 110 кВ от линии «ВТЭЦ-2- Олиная» с помощью отпаек на ПС «Светланская» длиной 2,1 км определяется по формуле:

$$K_{\text{ЛЭП}} = K_{\text{уд}} \cdot \alpha_p [L + (\alpha - 1) \cdot l] + K_{\text{лес}} \cdot l_{\text{лес}} \cdot \alpha_p, \quad (31)$$

где $K_{\text{уд}}$ – удельные капиталовложения в ЛЭП;

α_p – поправочный коэффициент к базовой стоимости ЛЭП для выбранного района строительства;

L – длина воздушной линии, км;

α – поправочный коэффициент на усложняющие условия;

l – участок ЛЭП, на который распространяется усложняющее условие, км;

$K_{\text{лес}}$ – удельная стоимость раскопки траншеи;

$l_{\text{лес}}$ – участок ЛЭП, проходящий по городской местности.

Чтобы определить заработную плату рабочих производства мы используем численность рабочих и среднюю заработную плату на 2017 год. Размер платы труда определяется по формам и системам тарифов по месту строительства ЛЭП.

Число рабочих, осуществляющих данный вид работы мы так же берем из среднего показателя на чел/100ед.

Так как сечение кабеля мы выбирали исходя из условий длительно допустимого тока и уложили кабеля в горизонтальной плоскости в кабельном канале, чтобы легче было проводить монтаж, то следует вывод, что сроки окупаемости данных затрат на прокладку кабеля будут минимальными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы на тему: Реконструкция релейной защиты линии электропередачи 110 кВ «Владивостокская ТЭЦ-2 – Орлиная» в связи с подключением подстанции «Светланская» с высшим напряжением 110 кВ, были произведены расчеты токов короткого замыкания прямой и обратной последовательности. Выбрали кабель, который подходил нам по длительно допустимому току и экономическим соображениям. Самое главное, в чем заключалась тема ВКР, мы выбрали шкафы релейной защиты и рассчитали уставки как основной, так и резервных защит линии. Все уставки прошли на чувствительность, что говорит о том, что защита будет работать корректно на своих зонах. Так же описали правила работы и технику безопасности при реконструкции линии для персонала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.2.2.2.4.1340-03 (С ИЗМ. 1,2,3).
2. СН 2.2.4.2.1.8.562-96.
3. СанПиН2971-84.
4. ГОСТ 27514 – 87 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
6. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 640 с.
7. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем: Учебное пособие. –М.: Издательство МЭИ, 2000. – 248с.
7. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов /В.М. Блок, Г.К. Обушев, Л.Б. Паперно и др.; Под ред. В.М. Блок. – М.: Высш. шк., 1990. – 383 с.
8. Электротехнический справочник. Т 3. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии/Под общей ред. профессоров МЭИ И.Н. Орлова и др. М.: Энергоатомиздат, 1988.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
10. Правила устройства электроустановок/ Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

11. Воронина А.А., Шибенко Н.Ф. Безопасность труда в электроустановках: Учеб. пособ. для сред. ПТУ. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1987. - 192 с.
12. Руководящие указания по релейной защите: Вып. 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ. Схемы. – М.: Энергия, 1985. – 112 с.
13. Руководящие указания по релейной защите: Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1985. – 96 с.
14. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий / Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 144 с.
15. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984.
16. Фетисов А.П. и др. Справочник по пожарной безопасности в электроустановках. – М.: Стройиздат, 1978.
17. Корнилович О.П. Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах.- М.: Энергия, 1980.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчеты в ПВК Mathcad 15

1. Расчет параметров сетевого оборудования

Линия двухцепная. Комплекты защит будут установлены по обоим концам воздушной линии.

1.1 Расчет параметров линий

Защищаемая линия не однородна. ВЛ "ВТЭЦ 2 - Орлиная" состоит из марки провода АС-300. Отпайка на ПС "Светланская" выполнена проводами СПЭ-185.

ВТЭЦ 2- Орлиная

$$r_0 := 0.08$$

$$E_{\text{ЭКВ}} := 115$$

$$x_0 := 0.37$$

$$k_{\text{ГТ}} := \frac{1000}{5}$$

$$z_0 := \sqrt{r_0^2 + x_0^2} = 0.379$$

$$k_{\text{ТН}} := \frac{110000}{100} = 1.1 \times 10^3$$

$$I_{\text{ВЛ1}} := 6.95$$

$$R_{\text{Л1}} := r_0 \cdot I_{\text{ВЛ1}} = 0.556$$

$$k_{\text{ТС}} := \frac{k_{\text{ТН}}}{k_{\text{ГТ}}} = 5.5$$

$$X_{\text{Л1}} := x_0 \cdot I_{\text{ВЛ1}} = 2.571$$

$$z_{\text{Л1}} := \sqrt{R_{\text{Л1}}^2 + X_{\text{Л1}}^2} = 1.43$$

$$z_{\text{Л.КОМПЛ}} := R_{\text{Л1}} + i \cdot X_{\text{Л1}} = 0.556 + 2.571i$$

$$\phi_{\text{Л}} := \arg(z_{\text{Л.КОМПЛ}}) \cdot \frac{180}{\pi} = 77.8$$

ПС "Светланская"

$$r_0 := 0.09$$

$$x_0 := 0.16$$

$$z_1 := \sqrt{r_0^2 + x_0^2} = 0.184$$

$$I_{\text{ВЛ2}} := 5.98$$

$$R_{\text{Л2}} := r_0 \cdot I_{\text{ВЛ2}} = 0.538$$

$$X_{\text{Л2}} := x_0 \cdot I_{\text{ВЛ2}} = 0.957$$

$$z_{\text{Л2}} := \sqrt{R_{\text{Л2}}^2 + X_{\text{Л2}}^2} = 0.515$$

$$z_{\text{Л.КОМПЛ1}} := R_{\text{Л2}} + i \cdot X_{\text{Л2}} = 0.538 + 0.957i$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$\phi_{л1} := \arg(z_{л.компл1}) \cdot \frac{180}{\pi} = 60.642$$

$$R_{т.Св} := 0 \quad X_{т.Св} := 58.8$$

$$z_{т.Св} := \sqrt{R_{т.Св}^2 + X_{т.Св}^2} = 58.8$$

1.2 Расчет параметров трансформаторов

Расчетные параметры трансформатора на ПС ВТЭЦ-2

$$S_{1ном.ВН} := 240000 \cdot \sqrt{3} = 4.157 \times 10^5 \quad U_{1ном.ВН} := 115$$

$$S_{1ном.НН} := 240000 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 2.078 \times 10^5 \quad U_{1ном.НН} := 10.5$$

$$I_{1.раб.макс.транс.ВН} := \frac{S_{1ном.ВН}}{U_{1ном.ВН} \cdot \sqrt{3}} = 2.087 \times 10^3$$

$$I_{1.раб.макс.транс.НН} := \frac{S_{1ном.НН}}{U_{1ном.НН} \cdot \sqrt{3}} = 1.143 \times 10^4$$

$$R_{т80} := 0.6 \quad X_{т80} := 17.4$$

$$Z_{т80} := \sqrt{R_{т80}^2 + X_{т80}^2} = 17.41$$

ПС Голубинка/Светланская

$$S_{2ном.ВН} := 80000 \cdot \sqrt{3} = 1.386 \times 10^5 \quad U_{2ном.ВН} := 115$$

$$S_{2ном.НН} := 80000 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6.928 \times 10^4 \quad U_{2ном.НН} := 10.5$$

$$I_{2.раб.макс.транс.ВН} := \frac{S_{1ном.ВН}}{U_{1ном.ВН} \cdot \sqrt{3}} = 2.087 \times 10^3$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А Расчет в ПВК Mathcad 15

$$I_{2,\text{раб.макс.транс.НН}} := \frac{S_{\text{НОМ.НН}}}{U_{1,\text{НОМ.НН}} \cdot \sqrt{3}} = 1.143 \times 10^4$$

$$R_{\text{T40}} := 1.3 \quad X_{\text{T40}} := 34.7$$

$$z_{\text{T40}} := \sqrt{R_{\text{T80}}^2 + X_{\text{T80}}^2} = 17.41$$

1.3 Расчет токов КЗ

Параметры схемы замещения прямой и обратной последовательности

$$E_{\text{c1}} := 240 \quad I_{\text{к1}} := 17.3 \quad z_{\text{c.1}} := \frac{E_{\text{c1}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к1}}} = 8.009$$

$$E_{\text{c2}} := 80 \quad I_{\text{к2}} := 21.4 \quad z_{\text{c.2}} := \frac{E_{\text{c2}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к2}}} = 2.158$$

$$E_{\text{c3}} := 80 \quad I_{\text{к3}} := 21.1 \quad z_{\text{c.3}} := \frac{E_{\text{c3}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к3}}} = 2.189$$

ВЛ ВТЭЦ-2 - Светланская

$$I_{\text{вл2}} := 5.98$$

$$R_{14} := r_0 \cdot I_{\text{вл2}} = 0.538$$

$$X_{14} := x_0 \cdot I_{\text{вл2}} = 0.957$$

$$z_{\text{л14}} := \sqrt{R_{14}^2 + X_{14}^2} = 0.515$$

ВЛ ВТЭЦ-2-Голубинка

$$I_{\text{вл12}} := 6.15$$

$$R_{12} := r_0 \cdot I_{\text{вл12}} = 0.554$$

$$X_{12} := x_0 \cdot I_{\text{вл12}} = 0.984$$

$$z_{\text{л12}} := \sqrt{R_{12}^2 + X_{12}^2} = 0.545$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

ВЛ Голубинка - Орлиная

$$I_{вл23} := 1.16$$

$$R_{23} := r_0 \cdot I_{вл23} = 0.104$$

$$X_{23} := x_0 \cdot I_{вл23} = 0.186$$

$$z_{л23} := \sqrt{R_{23}^2 + X_{23}^2} = 0.019$$

ВЛ Голубинка - Светланская

$$I_{вл24} := 5.55$$

$$R_{24} := r_0 \cdot I_{вл2} = 0.538$$

$$X_{24} := x_0 \cdot I_{вл2} = 0.957$$

$$z_{л24} := \sqrt{R_{24}^2 + X_{24}^2} = 0.515$$

Схема замещения прямой последовательности

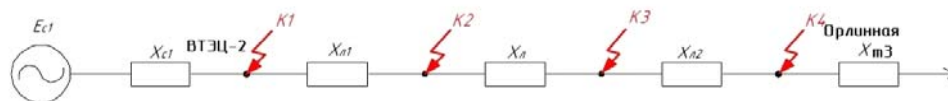
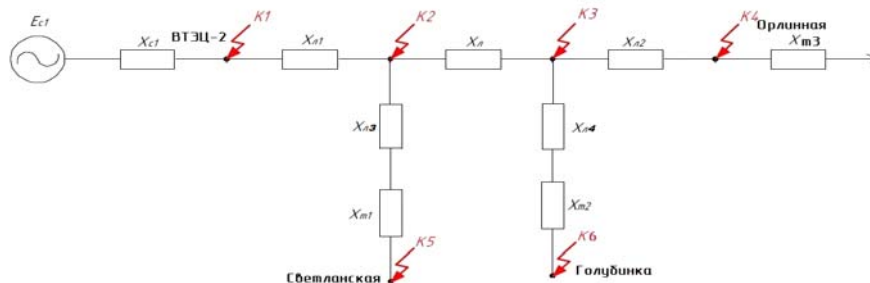


Схема замещения нулевой последовательности



Преобразование схем сводится к методу последовательно-параллельного преобразования:

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$z_{\text{ЭКВ.К2}} := \frac{1}{\frac{1}{(z_{\text{Л14}} + z_{\text{Л23}} + z_{\text{Л1}} + z_{\text{С.2}})} + \frac{1}{z_{\text{С.1}}}} = 2.722$$

$$z_{\text{ЭКВ.К3}} := \frac{1}{\left[\frac{1}{(z_{\text{Л14}} + z_{\text{С.2}})} + \frac{1}{z_{\text{С.1}} + z_{\text{Л23}} + z_{\text{Л1}}} \right]} = 2.084$$

$$z_{\text{ЭКВ.К4}} := \frac{1}{\frac{1}{(z_{\text{С.2}})} + \frac{1}{z_{\text{С.1}} + z_{\text{Л23}} + z_{\text{Л1}} + z_{\text{Л14}}}} = 1.774$$

$$z_{\text{ЭКВ.К5}} := \frac{1}{\frac{1}{(z_{\text{Л14}} + z_{\text{Л1}} + z_{\text{С.2}})} + \frac{1}{z_{\text{С.1}} + z_{\text{Л23}}}} + z_{\text{T40}} = 20.126$$

$$z_{\text{ЭКВ.К6}} := \frac{1}{\frac{1}{(z_{\text{Л14}} + z_{\text{Л1}} + z_{\text{С.2}})} + \frac{1}{z_{\text{С.1}} + z_{\text{Л23}}}} + z_{\text{T40}} = 20.126$$

$$I_{\text{К1}} = 17.3$$

$$I_{\text{К2}} := \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{ЭКВ.К2}}} = 24.396$$

$$I_{\text{К3}} := \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{ЭКВ.К3}}} = 31.856$$

$$I_{\text{К4}} := \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{ЭКВ.К4}}} = 37.42$$

$$I_{\text{К5}} := \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{ЭКВ.К5}}} = 3.299$$

$$I_{\text{К6}} := \frac{E_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\text{ЭКВ.К6}}} = 3.299$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

2. Расчет защит ВЛ 110 кВ ВТЭЦ-2- Орлиная.

2.1 Расчет ДЗ со стороны ВТЭЦ-2

Расчет 1 ступени ДЗ.

Отстройка от КЗ на шинах ПС противоположного конца линии:

$$z_{cp1} := 0.85 \cdot z_{л1} = 1.215$$

Расчет 2 ступени ДЗ.

Отстройка от КЗ на шинах среднего напряжения предыдущей ПС:

Ток КЗ протекающий в трансформаторе на ПС Орлиная:

$$I_{кз.тр3} := 0.3$$

Ток КЗ протекающий в защите:

$$I_{кз.заш2} := 2.76$$

$$K_{ток1} := \frac{I_{кз.заш2}}{I_{кз.тр3}} = 9.2$$

$$z_{cp2ВТЭЦ} := 0.85 \cdot \left(z_{л1} + \frac{2z_{т40}}{K_{ток1}} \right) = 4.432$$

Согласование с 1 ступенью защиты следующей ВЛ

$$z_{л.след} := (5.8 + 6.95) \cdot z_0 = 4.827$$

$$z_{2cp,2} := 0.85 \cdot z_{л1} + 0.66 \cdot z_{л.след} = 4.401$$

Расчет чувствительности:

Сопротивление в месте установки защиты при КЗ на шинах противоположной ПС:

$$z_{кз} := z_{л1} = 1.43$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$k_{ч1} := \frac{Z_{ср2ВТЭЦ}}{Z_{КЗ}} = 3.1$$

$$k_{ч2} := \frac{Z_{2ср.2}}{Z_{КЗ}} = 3.078$$

Расчет 3 ступени ДЗ

$$\phi_{л} = 77.8$$

$$\phi_{раб} := 30$$

$$k_{н} := 1.2$$

$$k_{в} := 0.85$$

$$k_{самоzap} := 1.5$$

$$I_{раб.макс} := 1000$$

$$U_{ном} := 110000$$

$$U_{min} := 0.9 \cdot U_{ном} = 9.9 \times 10^4$$

$$Z_{ср3ВТЭЦ} := \frac{\frac{U_{min}}{\sqrt{3} \cdot k_{самоzap} \cdot I_{раб.макс}}}{k_{н} \cdot k_{в} \cdot \left| \cos(\phi_{л} - \phi_{раб}) \right|} = 47.876$$

$$Z_{ср1} = 1.215$$

$$Z_{ср2ВТЭЦ} = 4.432$$

$$Z_{ср3ВТЭЦ} = 47.876$$

$$Z_{нагр} := \frac{U_{min}}{\sqrt{3} \cdot I_{раб.макс}} = 57.158$$

Расчет чувствительности

Сопротивление измеренное в защите при КЗ на шинах ПС Орлиная^

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А Расчет в ПВК Mathcad 15

$$I_{\text{кз.защ3}} := 0.88$$

$$Z_{\text{кз2}} := Z_{\text{л2}} + Z_{\text{л.след}} = 5.341$$

$$k_{\text{ч3}} := \frac{Z_{\text{ср3ВТЭЦ}}}{Z_{\text{кз2}}} = 8.963$$

2.2 Расчет ДЗ со стороны Орлиная

Расчет 1 ступени ДЗ.

Отстройка от КЗ на шинах подстанции примыкающей к противоположному концу линии:

$$Z_{\text{ср1.гол}} := 0.85 \cdot Z_{\text{л1}} = 1.215$$

Расчет 2 ступени ДЗ.

Отстройка от КЗ на шинах среднего напряжения предыдущей ПС:

Ток протекающий в трансформаторе на ПС ВТЭЦ-2:

$$I_{\text{кз.тр2}} := 2.139$$

Ток протекающий в защите:

$$I_{\text{кз.защ1}} := 0.489$$

$$k_{\text{ток2}} := \frac{I_{\text{кз.защ1}}}{I_{\text{кз.тр2}}} = 0.229$$

$$Z_{\text{ср2.гол}} := 0.85 \cdot \left(Z_{\text{л1}} + \frac{2Z_{\text{Т80}}}{k_{\text{ток2}}} \right) = 130.682$$

Согласование с 1 ступенью защиты следующей ВЛ

1. ВТЭЦ 2 - Орлиная

$$Z_{\text{след.1}} := 6.95 \cdot Z_0 = 2.631$$

$$Z_{\text{ср2.гол}} := 0.85 \cdot Z_{\text{л1}} + 0.66 \cdot Z_{\text{след.1}} = 2.952$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

2. ВТЭЦ 2 - Светланская

$$z_{\text{след.2}} := 5.98 \cdot z_0 = 2.264$$

$$z_{\text{ср3.гол}} := 0.85 \cdot z_{\text{л2}} + 0.66 \cdot z_{\text{след.2}} = 1.932$$

Расчет чувствительности

Сопротивление в месте установки защиты при КЗ на шинах
противоположной ПС:

$$z_{\text{кз1}} := z_{\text{л12}} = 0.545$$

$$k_{1ч1} := \frac{z_{\text{ср2.гол}}}{z_{\text{кз1}}} = 5.42$$

$$k_{1ч2} := \frac{z_{\text{ср3.гол}}}{z_{\text{кз1}}} = 3.547$$

Окончательно

$$z_{\text{ср2}} := z_{\text{ср2.гол}} = 2.952$$

Расчет 3 ступени ДЗ.

$$z_{\text{ср3.гол}} := \frac{U_{\text{min}}}{\frac{\sqrt{3} \cdot k_{\text{самоzap}} \cdot I_{\text{раб.макс}}}{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{в}} \cdot |\cos(\phi_{\text{л}} - \phi_{\text{раб}})|}} = 47.876$$

Расчет чувствительности

Сопротивление измеренное в защите при КЗ на прилегающих ПС:

$$z_{2\text{кз1}} := z_{\text{л1}} + z_{\text{л12}} = 1.974$$

$$k_{2ч1} := \frac{z_{2\text{кз1}}}{z_{\text{ср3.гол}}} = 0.041$$

$$z_{2\text{кз2}} := z_{\text{л1}} + z_{\text{л14}} = 1.945$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$k_{2ч2} := \frac{z_{2кз2}}{z_{ср3.гол}} = 0.041$$

Принятые уставки ДЗ

$$z_{ср1} = 1.215$$

$$z_{ср2ВТЭЦ} = 4.432$$

$$z_{ср3ВТЭЦ} = 47.876$$

$$z_{ср.1.втор} := \frac{z_{ср1}}{k_{гс}} = 0.221$$

$$z_{ср.2.втор} := \frac{z_{ср2ВТЭЦ}}{k_{гс}} = 0.806$$

$$z_{ср.3.втор} := \frac{z_{ср3ВТЭЦ}}{k_{гс}} = 8.705$$

$$z_{ср1.гол} = 1.215$$

$$z_{ср2.гол} = 2.952$$

$$z_{ср3.гол} = 47.876$$

$$z_{ср.1.втор.гол} := \frac{z_{ср1.гол}}{k_{гс}} = 0.221$$

$$z_{ср.2.втор.гол} := \frac{z_{ср2.гол}}{k_{гс}} = 0.537$$

$$z_{ср.3.втор.гол} := \frac{z_{ср3.гол}}{k_{гс}} = 8.705$$

2.3 Расчет ТЗНП со стороны ПС ВТЭЦ-2

Расчет 1 ступени ТЗНП.

Отстройка от КЗ на землю на шинах Орлиная

$$I_{0.кз1} := 1457$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$K_{отс} := 1.3$$

$$I_{сз1.ВТЭЦ} := K_{отс} \cdot I_{0.кз1} = 1.894 \times 10^3$$

Расчет 2 ступени ТЗНП.

Согласование с 1 степенью защиты следующей ВЛ:

$$I_{0.кз3} := 342$$

$$I_{сз1.гол} := K_{отс} \cdot I_{0.кз3} = 444.6$$

$$K_{ток.0} := \frac{I_{0.кз3}}{I_{0.кз1}} = 0.235$$

$$I_{сз2.ВТЭЦ} := K_{отс} \cdot K_{ток.0} \cdot I_{сз1.гол} = 135.669$$

Расчет 3 ступени ТЗНП

$$I_{2.раб.макс.транс.ВН} := 20.87$$

Отстройка от броска тока намагничивания трансформатора на ПС
Голубинка

$$I_{БТН} := 3 \cdot I_{2.раб.макс.транс.ВН} = 62.61$$

$$k_{отс} := 1.1$$

$$I_{сз3.ВТЭЦ} := k_{отс} \cdot I_{БТН} = 68.871$$

Расчет чувствительности

$$I_{0.кз} := I_{0.кз1} = 1.457 \times 10^3$$

$$k_{ч.3} := \frac{I_{0.кз}}{I_{сз3.ВТЭЦ}} = 21.155$$

Расчет 4 ступени ТЗНП.

Отстройка от токов небаланса при 3ф КЗ за трансформатором на ПС
Голубинка

$$I_{кз.транс} := 300$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А Расчет в ПВК Mathcad 15

$$k_{отс} := 0.1$$

$$I_{сз4.ВТЭЦ} := k_{отс} \cdot I_{кз.транс} = 30$$

Расчет чувствительности

$$U_{ном1} := 115$$

Ток в защите при КЗ на ПС Орлиная

$$I_{0.кз.защ} := 218$$

$$K_{ч.4} := \frac{I_{0.кз.защ}}{I_{сз4.ВТЭЦ}} = 7.267$$

Принятые уставки ТЗНП

$$I_{сз1.ВТЭЦ} = 1.894 \times 10^3$$

$$I_{сз2.ВТЭЦ} = 135.669$$

$$I_{сз3.ВТЭЦ} = 68.871$$

$$I_{сз4.ВТЭЦ} = 30$$

2.4 Расчет ТЗНП со стороны ПС Орлиная

Расчет 1 ступени ТЗНП.

Отстройка от КЗ на землю на шинах ПС ВТЭЦ-2

$$I_{0.кз2конц} := 550$$

$$Z_{экв} := \frac{115 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot I_{0.кз2конц}} = 120.719$$

$$I_{кз2} := \frac{115 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot (Z_{экв} + Z_{л1})} = 543.562$$

$$k_{отс} := 1.3$$

$$I_{сз1.гол} := k_{отс} \cdot I_{кз2} = 706.631$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

Расчет 2 ступени

Согласование с 1 ступенью защиты следующей ВЛ:

$I_{0кз2} := 497$ - Утроенный ток нулевой последовательности на шинах ПС
Орлиная

$$I_{сз.1след1} := k_{отс} \cdot I_{кз2} = 706.631$$

$$K_{ток0} := \frac{I_{кз2}}{I_{0кз2}} = 1.094$$

$$I_{сз2гол} := k_{отс} \cdot K_{ток0} \cdot I_{сз.1след1} = 1.005 \times 10^3$$

$I_{0кз3} := 867$ - Утроенный ток нулевой последовательности на
шинах ПС Светланская

$$I_{сз.след1} := k_{отс} \cdot I_{0кз3} = 1.127 \times 10^3$$

$$K_{ток0} := \frac{I_{кз2}}{I_{0кз3}} = 0.627$$

$$I_{сз.2.гол} := k_{отс} \cdot K_{ток0} \cdot I_{сз.1след1} = 575.925$$

$$I_{1.раб.макс.транс.ВН} := 208.7$$

Расчет 3 ступени ТЗНП.

Отстройка от броска тока намагничивания трансформатора на ПС ВТЭЦ-2

$$I_{БТН} := 1.25 \cdot I_{1.раб.макс.транс.ВН} = 260.875$$

$$k_{отс} := 1.1$$

$$I_{сз.3.гол} := k_{отс} \cdot I_{БТН} = 286.963$$

Расчет чувствительности

$$I_{кз1} := I_{0кз2} = 497$$

$$K_{ток0} := \frac{I_{кз2}}{I_{0кз2}} = 1.094$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

Расчет 4 ступени ТЗНП.

Отстройка от токов небаланса при 3ф КЗ за трансформатором на ПС
ВТЭЦ-2

$$I_{\text{кз.транс}} := 965$$

$$k_{\text{отс}} := 0.1$$

$$I_{\text{сз.4.гол}} := k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{кз.транс}} = 96.5$$

Расчет чувствительности

$$U_{\text{ном}} := 115$$

Ток в защите при КЗ на ПС Орлиная

$$I_{0\text{кз.3}} := 497$$

$$K_{\text{ч.4}} := \frac{I_{0\text{кз.3}}}{I_{\text{сз.4.гол}}} = 5.15$$

Принятые уставки ТЗНП:

$$I_{\text{сз.1.гол}} = 706.631$$

$$I_{\text{сз.2.гол}} = 575.925$$

$$I_{\text{сз.3.гол}} = 286.963$$

$$I_{\text{сз.4.гол}} = 96.5$$

Принятые уставки ТЗНП с обеих сторон:

$$I_{\text{сз1.ВТЭЦ}} = 1.894 \times 10^3$$

$$I_{\text{сз.1.гол}} = 706.631$$

$$I_{\text{сз2.ВТЭЦ}} = 135.669$$

$$I_{\text{сз.2.гол}} = 575.925$$

$$I_{\text{сз3.ВТЭЦ}} = 68.871$$

$$I_{\text{сз.3.гол}} = 286.963$$

$$I_{\text{сз4.ВТЭЦ}} = 30$$

$$I_{\text{сз.4.гол}} = 96.5$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$I_{\text{сз.1.ВТЭЦ.втор}} := \frac{I_{\text{сз1.ВТЭЦ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 9.471$$

$$I_{\text{сз.1.ГОЛ.втор}} := \frac{I_{\text{сз.1.ГОЛ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 3.533$$

$$I_{\text{сз.2.ВТЭЦ.втор}} := \frac{I_{\text{сз2.ВТЭЦ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 0.678$$

$$I_{\text{сз.2.ГОЛ.втор}} := \frac{I_{\text{сз.2.ГОЛ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 2.88$$

$$I_{\text{сз.3.ВТЭЦ.втор}} := \frac{I_{\text{сз3.ВТЭЦ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 0.344$$

$$I_{\text{сз.3.ГОЛ.втор}} := \frac{I_{\text{сз.3.ГОЛ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 1.435$$

$$I_{\text{сз.4.ВТЭЦ.втор}} := \frac{I_{\text{сз4.ВТЭЦ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 0.15$$

$$I_{\text{сз.4.ГОЛ.втор}} := \frac{I_{\text{сз.4.ГОЛ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 0.483$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

2.5 Расчет токовой отсечки со стороны ПС ВТЭЦ-2

$$U_{\text{НОМ}} = 115$$

Ток в защите при КЗ на ПС Орлиная

$$I_{\text{КЗ.защ}} := \frac{U_{\text{НОМ}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot (z_{\text{ЭКВ}} + z_{\text{Л1}})} = 543.562$$

$$k_{\text{отс}} := 1.3$$

$$I_{\text{ср.отсечки.ВТЭЦ}} := k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗ.защ}} = 706.631$$

2.6 Расчет токовой отсечки со стороны ПС Голубинка

$$U_{\text{НОМ}} = 115$$

Ток в защите при КЗ на ПС ВТЭЦ-2

$$I_{\text{КЗсумм}} := 2300$$

$$z_{\text{ЭКВ}} := \frac{U_{\text{НОМ}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{КЗсумм}}} = 28.868$$

$$I_{\text{КЗ.защ1}} := \frac{U_{\text{НОМ}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot (z_{\text{ЭКВ}} + z_{\text{Л1}})} = 2.191 \times 10^3$$

$$k_{\text{отс}} := 1.2$$

$$I_{\text{ср.отсечки.гол}} := k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗ.защ1}} = 2.63 \times 10^3$$

Окончательные уставки МТО

$$I_{\text{ср.отсечки.ВТЭЦ}} = 706.631$$

$$I_{\text{ср.отсечки.гол}} = 2.63 \times 10^3$$

$$I_{\text{ср.отсечки.ВТЭЦ.втор}} := \frac{I_{\text{ср.отсечки.ВТЭЦ}}}{k_{\text{ТТ}}} = 3.533$$

$$I_{\text{ср.отсечки.гол.втор}} := \frac{I_{\text{ср.отсечки.гол}}}{k_{\text{ТТ}}} = 13.149$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

3. Расчет уставок ВЧБ устройства блокировки от качаний:

1. В нагрузочном режиме:

$$k_H = 1.2$$

$$k_B = 0.85$$

$$I_{\text{нагр}} := 5$$

$$I_{2\text{нагр}} := 0$$

$$I_{2.\text{с.р.нагр}} := (0.03 \cdot I_{\text{нагр}} + I_{2\text{нагр}}) \cdot \frac{k_H}{k_B} = 0.212$$

2. Режим качаний (точка К)

$$I_{\text{кач}} := 2 \cdot I_{\text{нагр}} = 10$$

$$I_{\text{крат.кач}} := \frac{I_{\text{кач}}}{I_{\text{нагр}}} = 2$$

$$I_{2.\text{с.р.кач}} := (0.063 + 0.005 \cdot I_{\text{крат.кач}}) \cdot I_{\text{кач}} = 0.73$$

По характеристике срабатывания КРБ-126 выбираем

$$I_{2.\text{уст}} := 0.5$$

$$K_{\text{горм}} := 0.04$$

$$I_{0.\text{уст}} := 1.5$$

Определение чувствительности на стороне ПС ВТЭЦ-2

$$I_{2\text{кз}} := \frac{1045}{k_{\text{ГТ}}} = 5.225$$

$$I_{0\text{кз}} := \frac{1264}{k_{\text{ГТ}}} = 6.32$$

$$k_{\text{ч.12}} := \frac{I_{2\text{кз}}}{I_{2.\text{уст}}} = 10.45$$

$$k_{\text{н.12}} := \frac{I_{0\text{кз}}}{I_{0.\text{уст}}} = 4.213$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

Определение чувствительности на стороне ПС Голубинка

$$I_{2кз} := \frac{215}{k_{тт}} = 1.075$$

$$I_{0кз} := \frac{379}{k_{тт}} = 1.895$$

$$k_{н12} := \frac{I_{2кз}}{I_{2,уст}} = 2.15$$

$$k_{н12} := \frac{I_{0кз}}{I_{0,уст}} = 1.263$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

4. Расчет уставок ВЧБ.

Определение характеристик срабатывания органов пуска ВЧ приемопередатчика

Для пуска приемопередатчика по току обратной последовательности используется КРБ.

$$I_{2,уст} = 0.5$$

$$k_{горм} := 0.04$$

Определение тока срабатывания

$$I_{нагр.макс} := 1000$$

$$I_{0.нб.нагр} := 0.05 \cdot I_{нагр.макс} = 50$$

$$I_{0.н.р} := 0$$

$$I_{0.с.р.п} := \left(3 \cdot I_{0.н.р} + I_{0.нб.нагр} \right) \cdot \frac{k_n}{k_b} = 70.588$$

Определение характеристик срабатывания органов остановки ВЧ приемопередатчика

Определение тока срабатывания

$$k_{ww} := 3$$

$$I_{0.с.р.п.РТ} := 70$$

$$I_{0.с.р.п.РНТ} := k_n \cdot I_{0.с.р.п.РТ} = 210$$

Определение напряжения срабатывания

В соответствии с руководящими указаниями выбираем уставку срабатывания равную 4В

$$U_{0.с.р} := 4$$

$$U_{0.с.р.перв} := \frac{U_{0.с.р} \cdot k_{тн}}{\sqrt{3}} = 2.54 \times 10^3$$

Определение чувствительности на стороне ПС Орлиная

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$I_{0.кз} := 1.825$$

$$I_{0.с.р.п.РНТ.втор} := \frac{I_{0.с.р.п.РНТ}}{k_{гг}} = 1.05$$

$$k_{ч} := \frac{I_{0.кз}}{I_{0.с.р.п.РНТ.втор}} = 1.738$$

Определение чувствительности на стороне ПС ВТЭЦ-2

$$I_{0.кз} := 6.32$$

$$I_{0.с.р.п.РНТ.втор} := \frac{I_{0.с.р.п.РНТ}}{k_{гг}} = 1.05$$

$$k_{ч} := \frac{I_{0.кз}}{I_{0.с.р.п.РНТ.втор}} = 6.019$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

5. Пересчет необходимых уставок в МП:

5.1 Уставки АУВ и АПВ

Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения шин, В:

$$U_{\text{ср.max.Ш}} := 110 \cdot 10^3 \text{ В} \quad K_{\text{ТН}} := \frac{110000}{100} = 1.1 \times 10^3$$

$$U_{\text{ср.max.Ш}} := \frac{(0.8 \cdot U_{\text{НОМ}})}{K_{\text{ТН}}} = 80 \text{ В}$$

Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения шин, В:

$$U_{\text{ср.min.Ш}} := \frac{(0.4 \cdot U_{\text{НОМ}})}{K_{\text{ТН}}} = 40 \text{ В}$$

Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения от ШОН, В:

$$U_{\text{ср.max.ШОН}} := \frac{(0.8 \cdot U_{\text{НОМ}})}{K_{\text{ТН}}} = 80 \text{ В}$$

Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения от ШОН, В:

$$U_{\text{ср.min.ШОН}} := \frac{(0.4 \cdot U_{\text{НОМ}})}{K_{\text{ТН}}} = 40 \text{ В}$$

Скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц:

$$\varphi := 40 \quad T_{\text{АПВ}} := 1.8 \text{ с} \quad T_{\text{ВВ}} := 0.8 \text{ с}$$

$$\Delta f := \frac{\varphi}{360 \cdot (T_{\text{АПВ}} + T_{\text{ВВ}})} = 0.043 \text{ Гц}$$

Принимаем $\Delta f = 0.05 \text{ Гц}$

Предельная скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц:

$$\Delta f_{\text{пред}} := \frac{\varphi}{360 \cdot T_{\text{АПВ}}} = 0.062 \text{ Гц}$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

5.2 Уставки ДЗ: со стороны ВТЭЦ-2

$$Z_{cp.1} := 1.215 \quad \varphi_{м.ч} := 79.38 \text{ град}$$

$$X_1 := \left[Z_{cp.1} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 1.206 \text{ Ом}$$

$$R_1 := \frac{Z_{cp.1}}{(1 + \sin(80deg))} = 0.612 \text{ Ом}$$

$$Z_{cp2BTЭЦ} := 4.432$$

$$X_2 := \left[Z_{cp2BTЭЦ} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 4.391 \text{ Ом}$$

$$R_2 := \frac{Z_{cp2BTЭЦ}}{(1 + \sin(80deg))} = 2.233 \text{ Ом}$$

$$Z_{cp3BTЭЦ} := 47.87 \text{ Ом}$$

$$X_3 := \left[Z_{cp3BTЭЦ} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 47.506 \text{ Ом}$$

$$R_3 := \frac{Z_{cp3BTЭЦ}}{(1 + \sin(80deg))} = 24.118 \text{ Ом}$$

$$U := 110 \cdot 10^3 \quad I_{раб.маx} := 1000 \text{ А}$$

$$Z_{нагр} := \frac{0.8U}{\sqrt{3} \cdot I_{раб.маx}} = 50.807 \text{ Ом}$$

$$X_{нагр} := \left[Z_{нагр} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 50.421 \text{ Ом}$$

$$R_{нагр} := \frac{Z_{нагр}}{(1 + \sin(80deg))} = 25.598 \text{ Ом}$$

Уставки ДЗ: со стороны Орлиная

$$Z_{cp1.гол} := 1.215 \text{ Ом} \quad \varphi_{м.ч} := 79.38 \text{ град}$$

$$X_1 := \left[Z_{cp.1} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 1.206 \text{ Ом}$$

$$R_1 := \frac{Z_{cp.1}}{(1 + \sin(80deg))} = 0.612 \text{ Ом}$$

$$Z_{cp2.гол} := 2.709 \text{ Ом}$$

$$X_2 := \left[Z_{cp2.гол} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 2.688 \text{ Ом}$$

$$R_2 := \frac{Z_{cp2.гол}}{(1 + \sin(80deg))} = 1.365 \text{ Ом}$$

$$Z_{cp3.гол} := 47.87 \text{ Ом}$$

$$X_3 := \left[Z_{cp3.гол} \cdot \frac{(1 + \sin(80deg))}{2} \right] = 47.506 \text{ Ом}$$

$$R_3 := \frac{Z_{cp3.гол}}{(1 + \sin(80deg))} = 24.118 \text{ Ом}$$

$$U := 110 \cdot 10^3 \text{ В} \quad I_{раб.маx} := 1000 \text{ А}$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А
Расчет в ПВК Mathcad 15

$$Z_{\text{нагр}} := \frac{0.8U}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{раб.мах}}} = 50.807 \quad \text{Ом}$$

$$X_{\text{нагр}} := \left[Z_{\text{нагр}} \cdot \frac{(1 + \sin(80\text{deg}))}{2} \right] = 50.421 \quad \text{Ом}$$

$$R_{\text{нагр}} := \frac{Z_{\text{нагр}}}{(1 + \sin(80\text{deg}))} = 25.598 \quad \text{Ом}$$

5.3 Уставки органа определяющего вид повреждений:

Ток срабатывания 3Io

$$3I_0 := 1.5 \cdot K_{\text{ТТ}} = 300 \quad K_{\text{ТТ}} := \frac{1000}{5} \quad I_{\text{ном}} := 1000 \quad \text{А}$$

Ток срабатывания по БТ:

$$I_{\text{ср.БТ}} := 2 \cdot I_{\text{ном}} = 2 \times 10^3 \quad \text{А}$$

5.4 Уставки блокирования при качаниях (БК) по ДІ:

Уставка по приращению I2 чувств. реле тока (РТ) БК, А:

$$I_{2.\text{чувств}} := 0.5 \cdot K_{\text{ТТ}} = 100 \quad \text{А}$$

Уставка по приращению I2 грубого реле тока (РТ) БК, А:

$$I_{2.\text{груб}} := 3 \cdot I_{2.\text{чувств}} = 300 \quad \text{А}$$

Уставка по приращению I1 чувств. реле тока (РТ) БК, А:

$$I_{1.\text{чувств}} := I_{2.\text{чувств}} \cdot 2 = 200 \quad \text{А}$$

Уставка по приращению I1 грубого реле тока (РТ) БК, А:

$$I_{1.\text{груб}} := 3 \cdot I_{1.\text{чувств}} = 600 \quad \text{А}$$

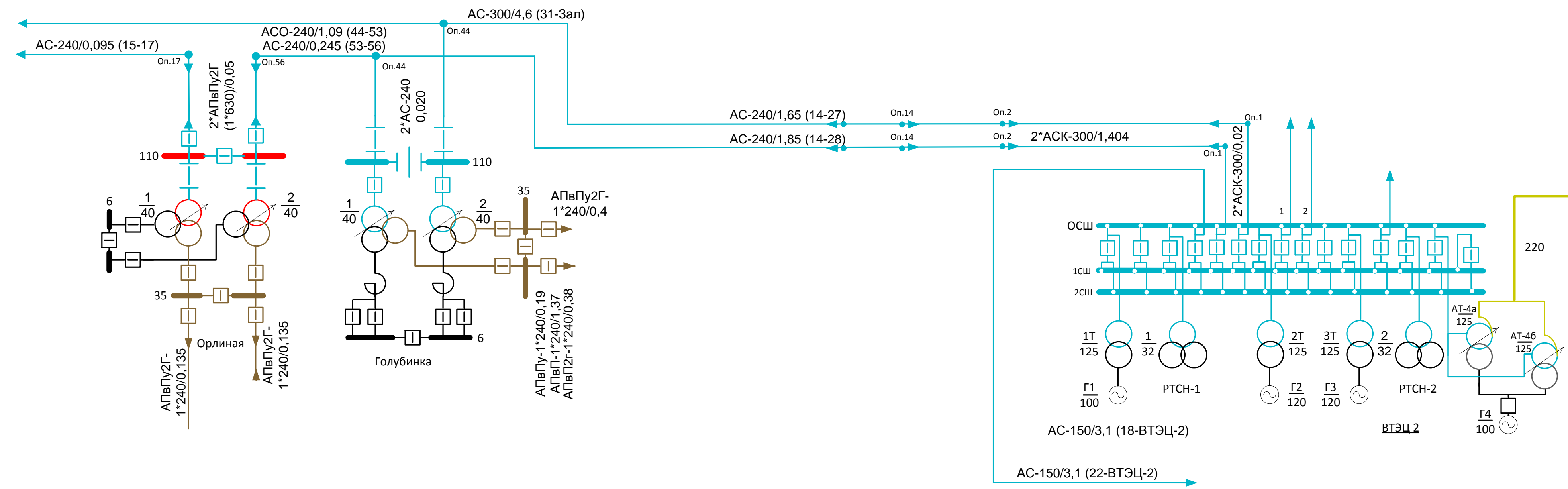
5.5 Уставки ВЧБ:

$$Z_{\text{л}} := 6.95 \quad Z_{\text{ОТ}} := 2 \cdot Z_{\text{л}}$$

$$X_{\text{ОТ}} := \left[Z_{\text{ОТ}} \cdot \frac{(1 + \sin(80\text{deg}))}{2} \right] = 13.794 \quad \text{Ом}$$

$$R_{\text{ОТ}} := \frac{Z_{\text{ОТ}}}{(1 + \sin(80\text{deg}))} = 7.003 \quad \text{Ом}$$

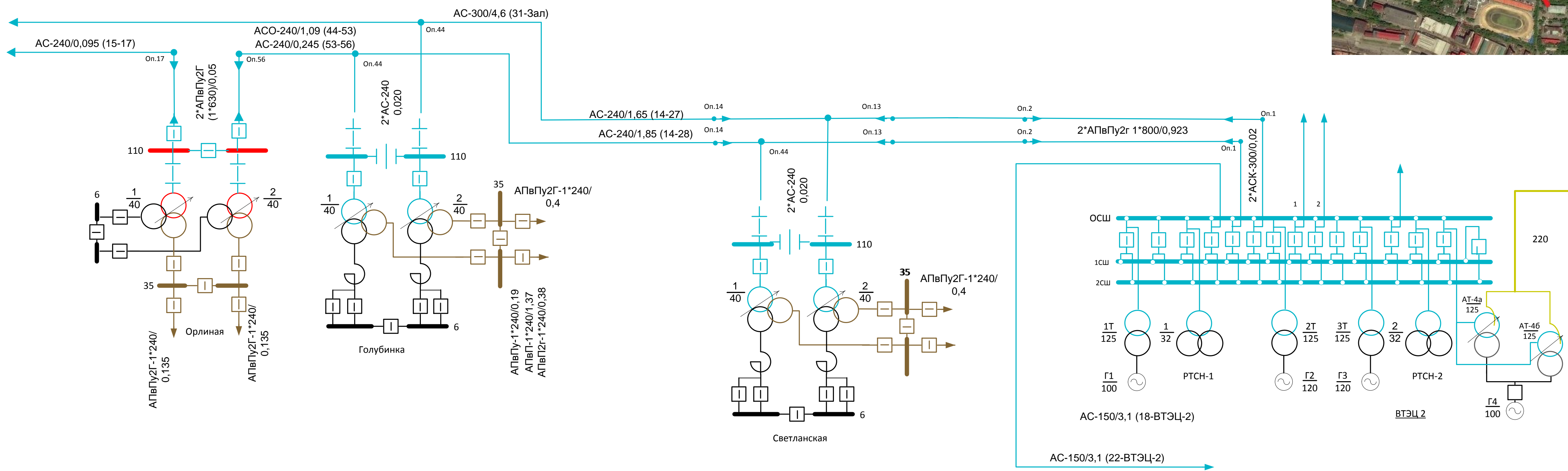
Схема до подключения подстанции «Светланская»



Проектируемая линия на подстанцию «Светланская»



Схема после подключения подстанции «Светланская»



ВКР.14.108.13.03.02.СХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разработ	Азнаев С.Т.		
Провер	Козлов А.Н.		
Т. Констр			
Инженер	Козлов А.Н.		
Инженер	Савина Н.В.		
Инженер			
Схема сети			
Лист	Масса	Масштаб	
Д			
Лист 1		Листов 6	
АМГУ Кафедра энергетики			

Схема замещения сети прямой последовательности

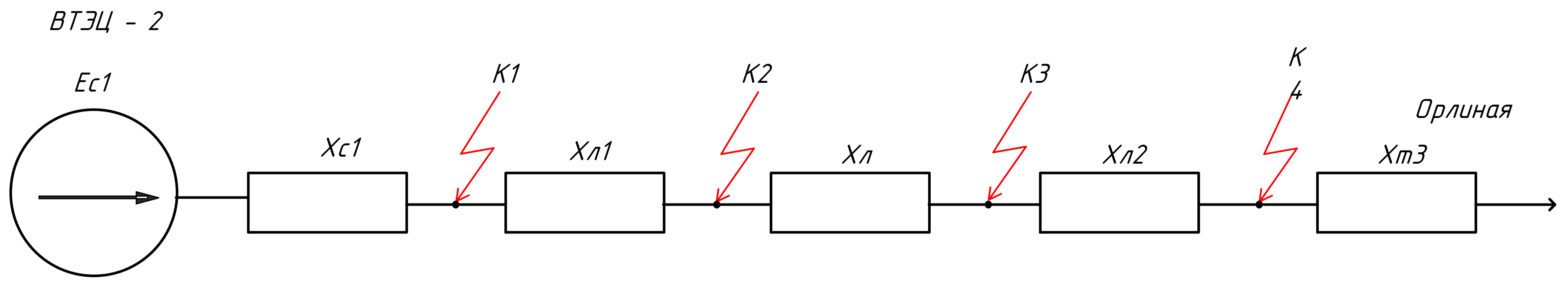
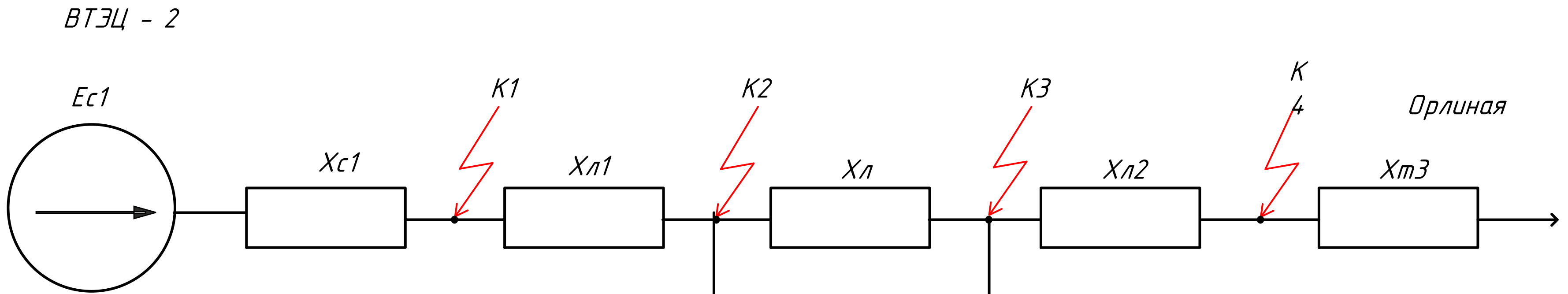
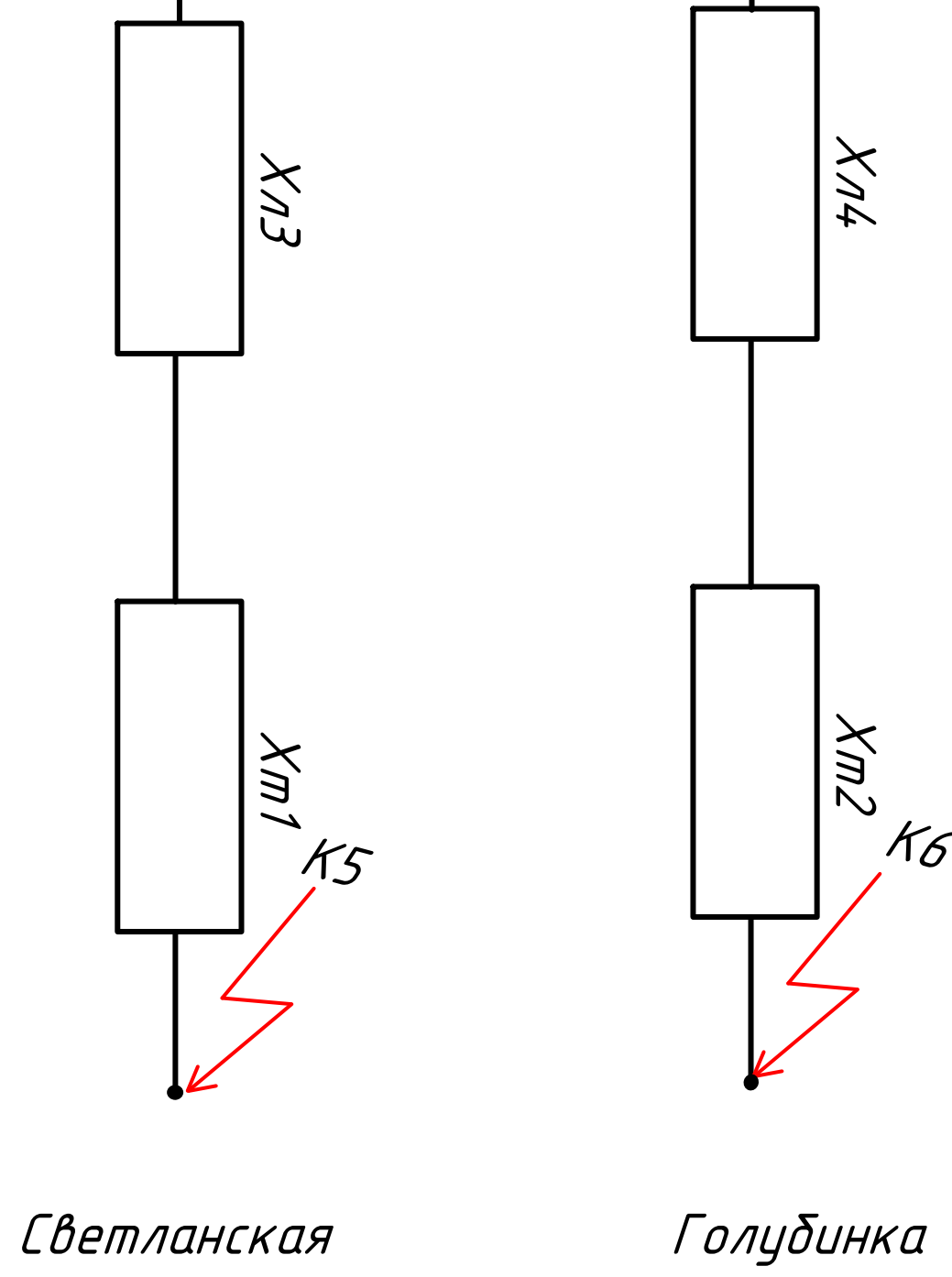


Схема замещения сети нулевой последовательности



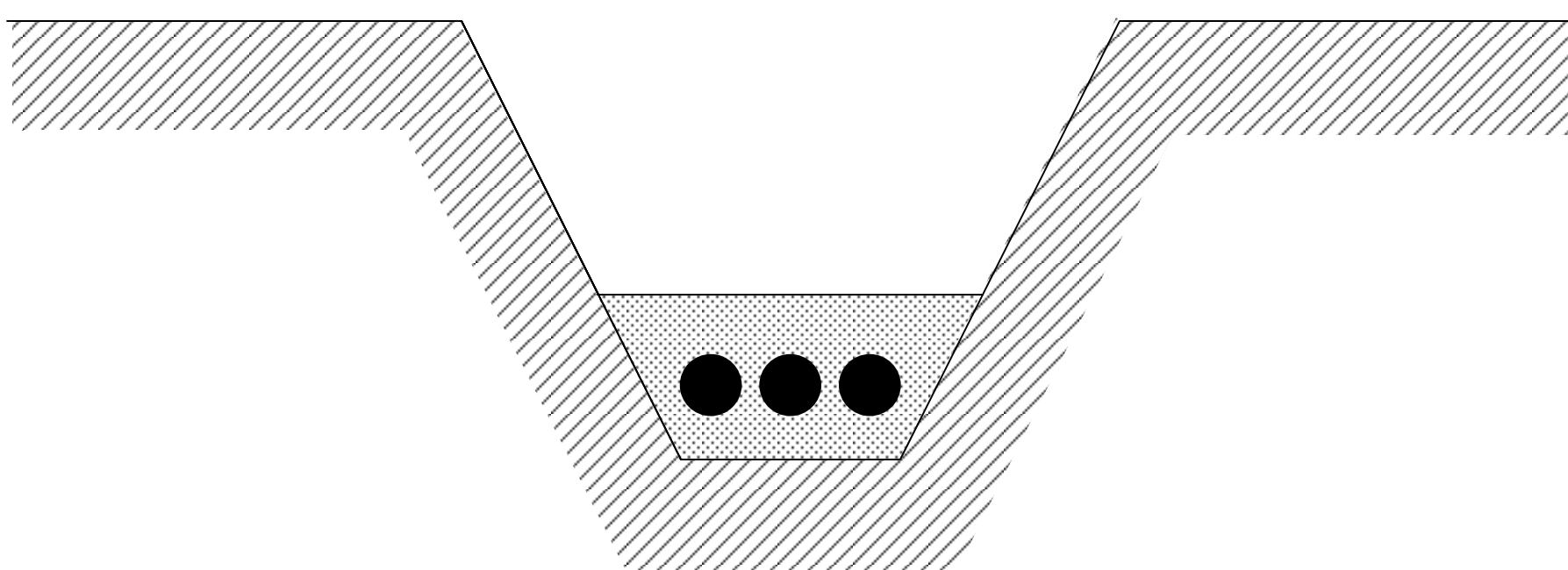
Пример выполнения отпайки на ПС «Светланская»



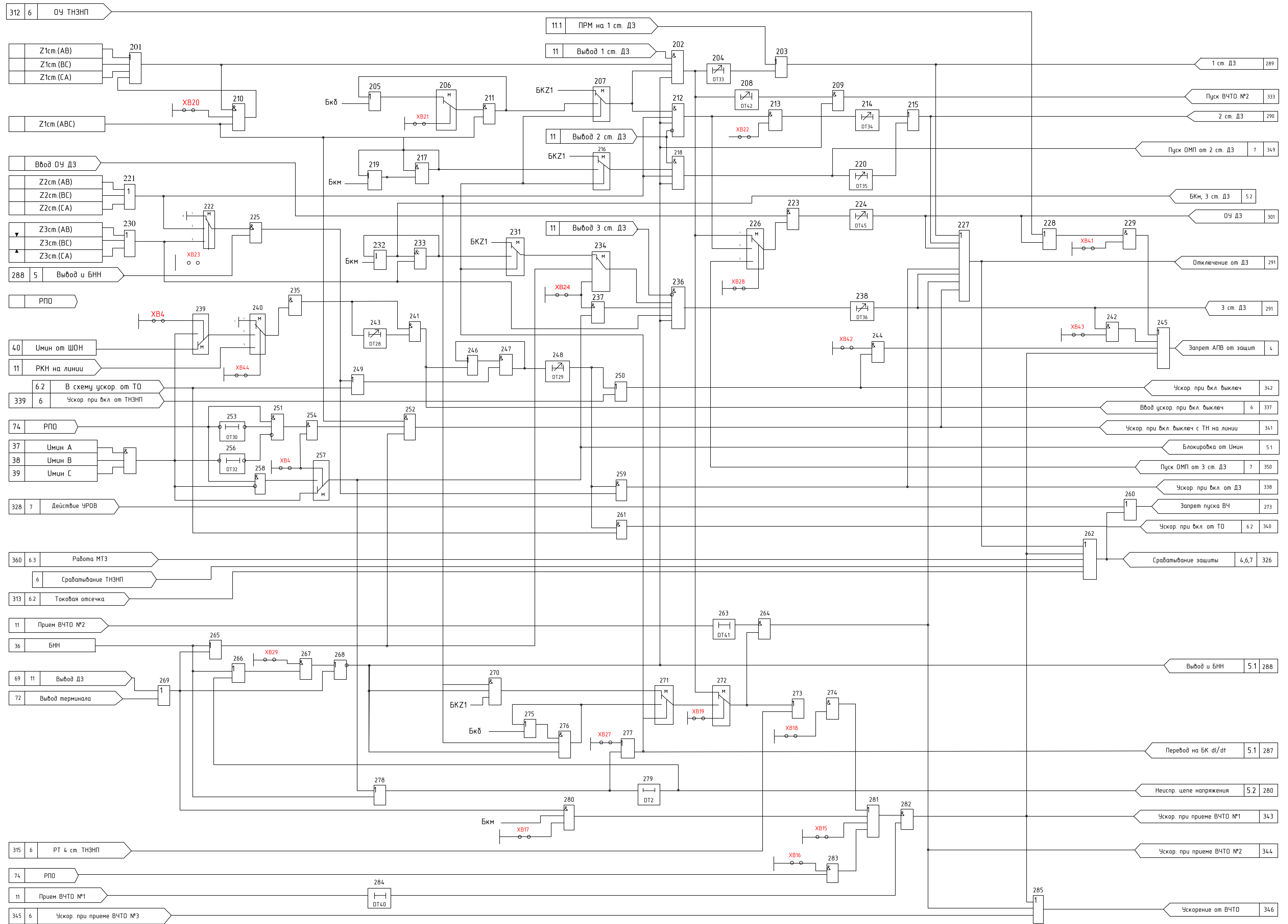
Значения токов КЗ в расчетных точках

Точка КЗ	Периодическая составляющая суммарного утроенного тока нулевой последовательности однофазного КЗ, кА	Периодическая составляющая суммарного тока прямой последовательности трехфазного КЗ, кА
K1	17,3	16,05
K2	24,39	18,88
K3	31,85	31,32
K4	37,42	25,02
K5	3,2	—
K6	3,3	—

Кабельный канал

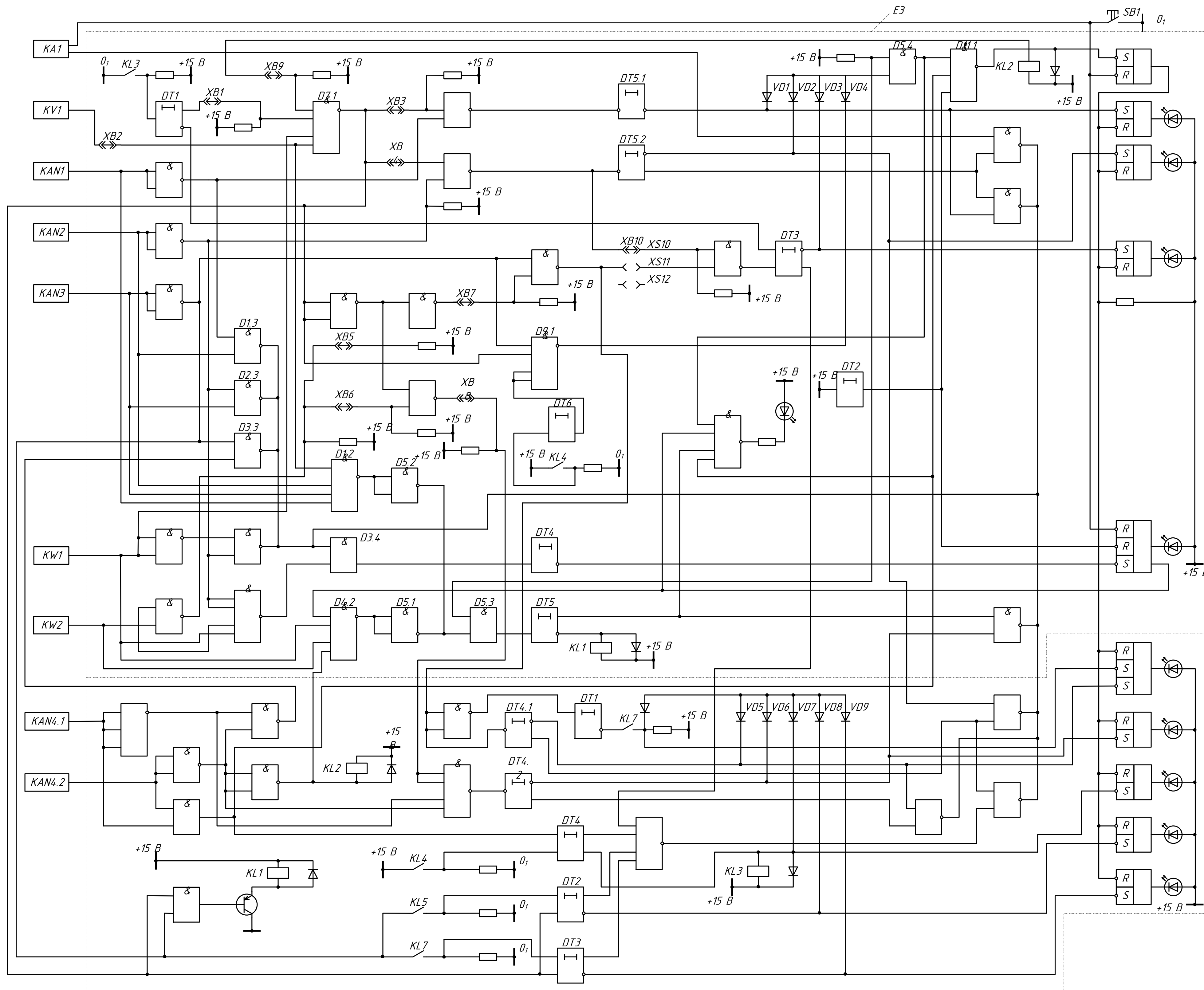


Функциональная схема логической части ДЗ



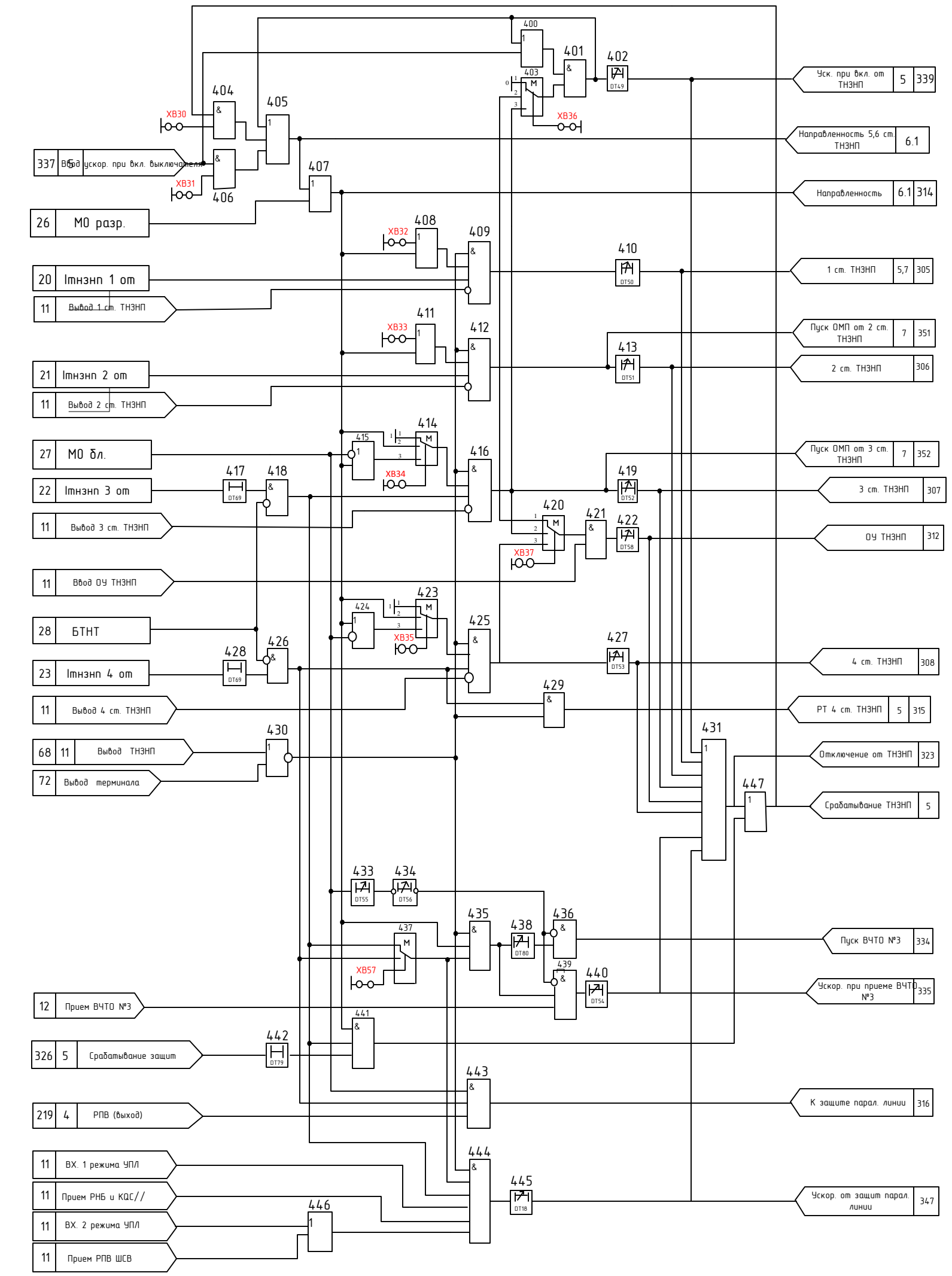
				ВКР.144108.13.03.02.СХ				
Изм.	Лист	№ докумен	Подп.	Дата	Функциональная схема логической части ДЗ	Лит	Масса	Масштаб
Разраб	Азнаев С.Т.					Д		
Провер	Козлов А.Н.							
Т. Констр								
Рецензент						Лист 3	Листов 6	
Н. Констр	Козлов А.Н.					АМГУ Кафедра Энергетики		
Утв.	Савина Н.В.				Реконструкция релейной защиты линии электропередачи 110 кВ «Владивостокская ТЭЦ-2 - Орлиное» в связи с подключением подстанции «Светланская» с вытесн напряжением 110 кВ и выключением от ДЗ на ЛС «Горбушка»			

Логическая схема ТНЭП

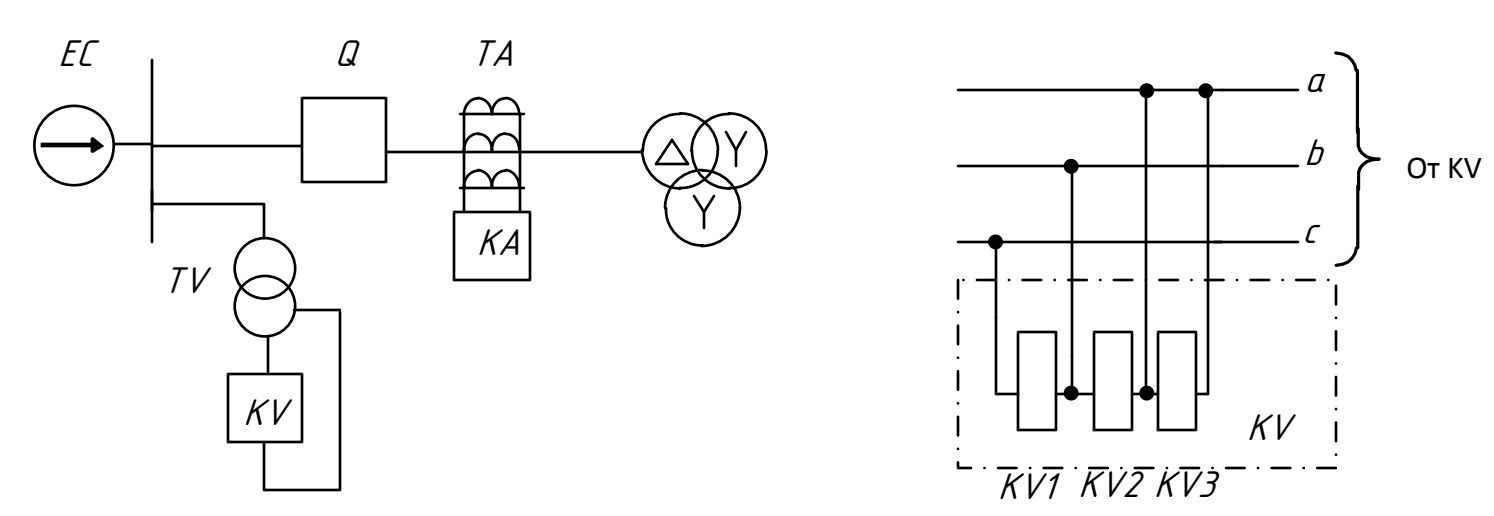


Токовая отсечка
Выходные реле ТЭП
I Ступень
II Ступень
III и II ступени с ускорением при включении выключателя
Ускорение защиты при срабатывании выходного реле
Неисправность ТНЭП
III ступень
С оперативным ускорением
С выдержкой времени
IV ступень
Защита от неполнофазного режима
Ускорение III ступени с контролем направления мощности в параллельной линии
Ускорение III ступени по В4 каналу (от сигнала №3)

Функциональная схема логической части ТНЭП

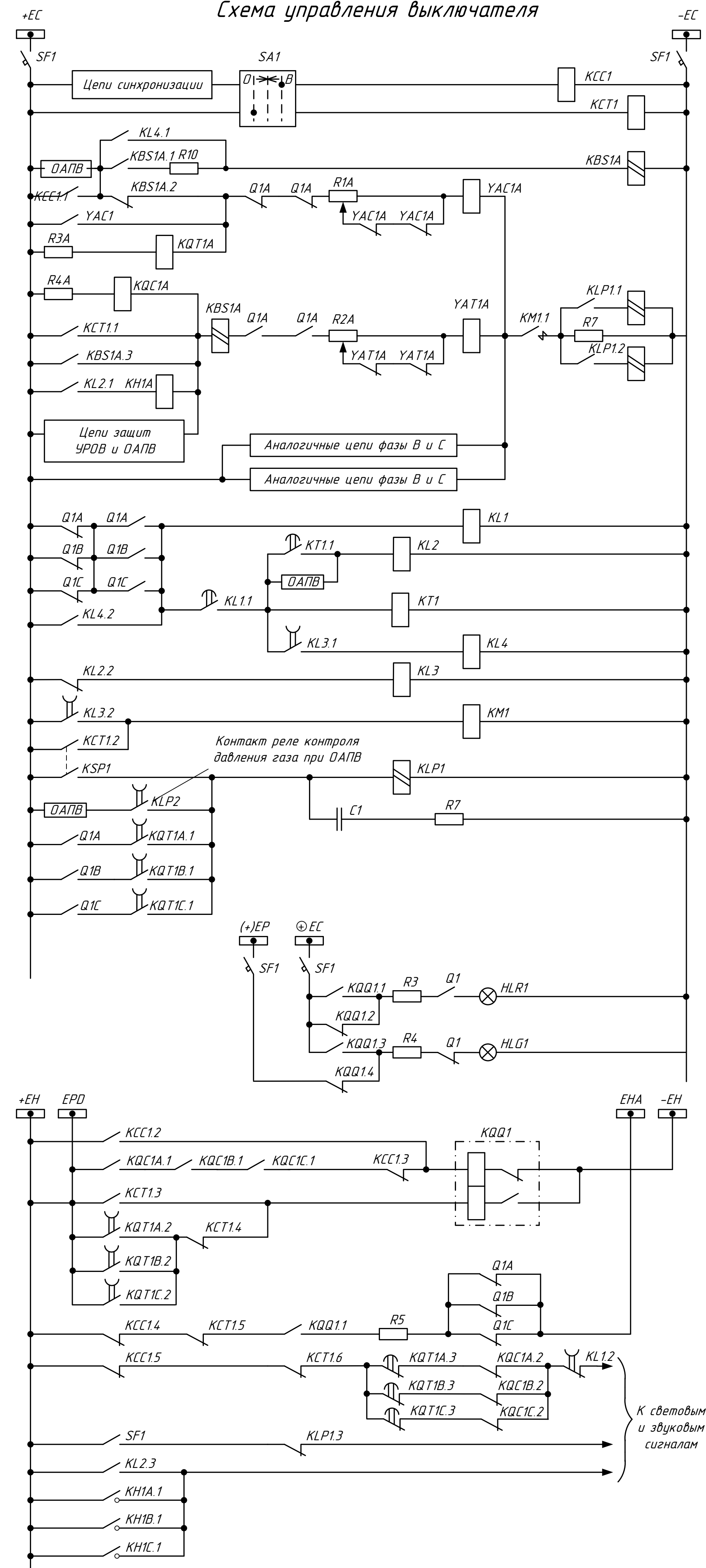


Поясняющая схема ТНЭП



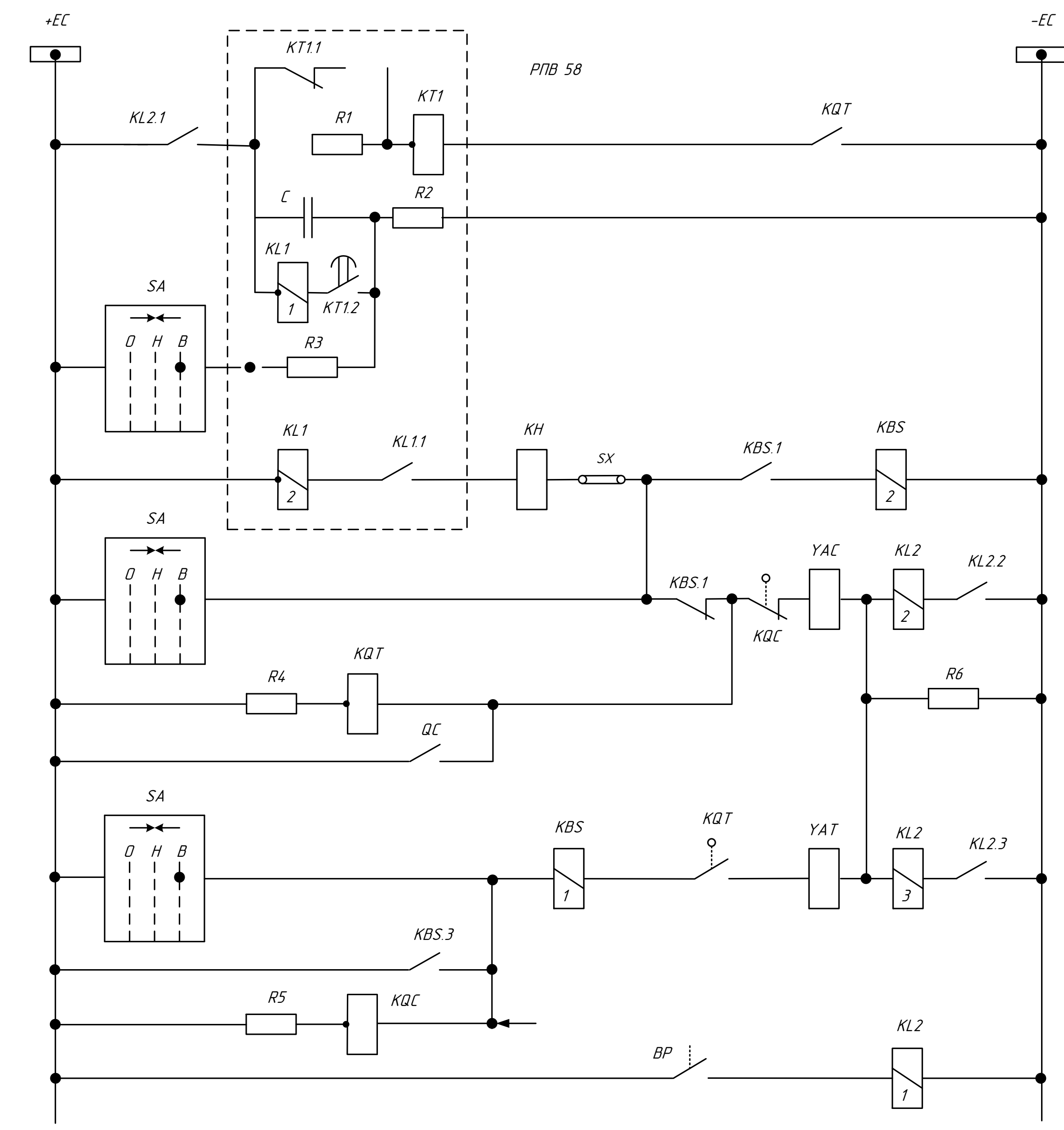
ВКР.144108.13.03.02.СХ				Лист	Масштаб	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Логическая часть ТНЭП	Лист 4	Листов 6
Разработ	Азиев С.Т.	Проверил	Козлов А.Н.				
Т.контр.							
Рецензент							
И.контр.	Козлов А.Н.	Элт.	Габина Н.В.				
Реконструкция региональной защиты линии электропередачи 110 кВ «Владивостокская ТЭЦ-2 - Орлянов» в связи с подписанием подстанции «Беломонокская» с вышкой напряжением 110 кВ и выделением отвода от ЛЭП на ПС «Гудылок»						АМГУ Кафедра энергетики	

Схема управления выключателя



Шинки управления и автоматический выключатель	Фаза А
Ключ и реле команд	
Цепи включения и реле положения «Отключено»	
Реле положения «Включено» и цепи отключения	
Цепи включения и отключения фаз В и С	
Реле контроля непереключения фаз выключателя	
Контактор защиты электромагнитов управления	
Реле контроля давления газа	
Цель подвита реле контроля при включении выключателя	
Лампы сигнализации положения выключателя на шите управления	
Шинки сигнализации	Цепи сигнализации
Реле фиксации командных импульсов	
Аварийное отключение выключателя	
Обрыв цепей управления	
Давление газа упало	
Непереключение фаз, принудительное отключение при неполнофазном включении	

Схема однократного АПВ для присоединения с элегазовым выключателем



Устройство контроля исправности схемы

трансформаторов

обходного выключателя (Q12)

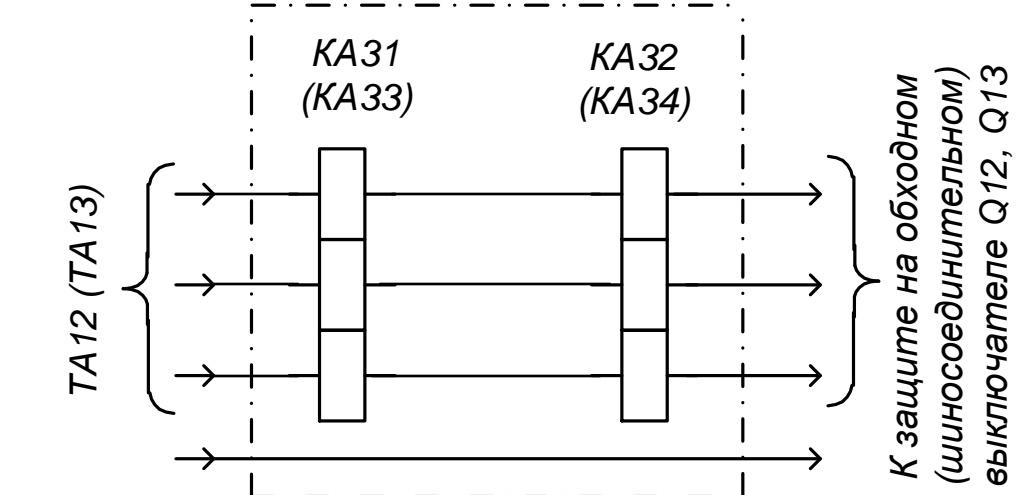
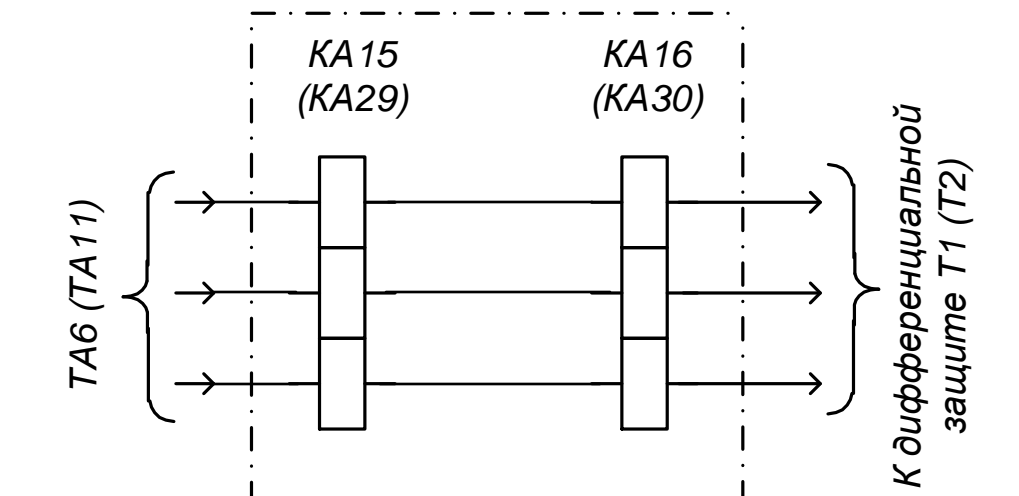
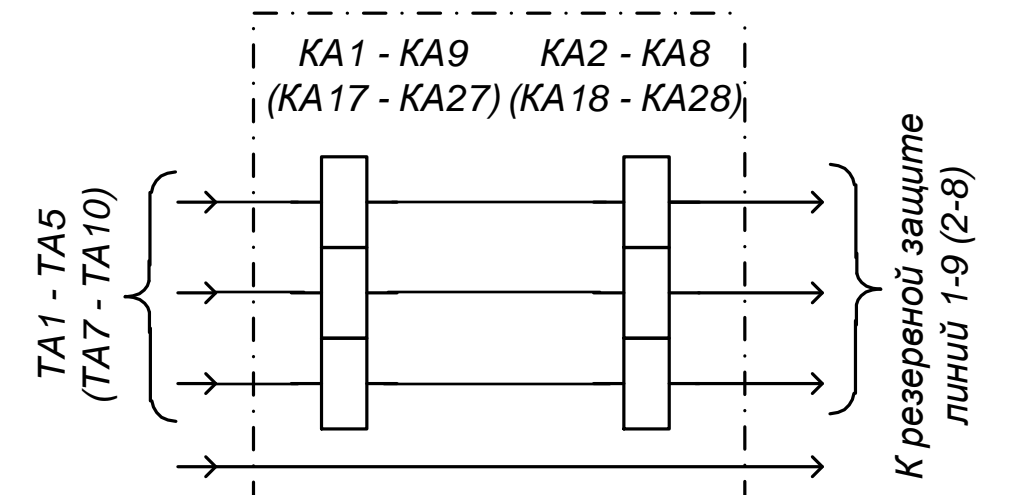
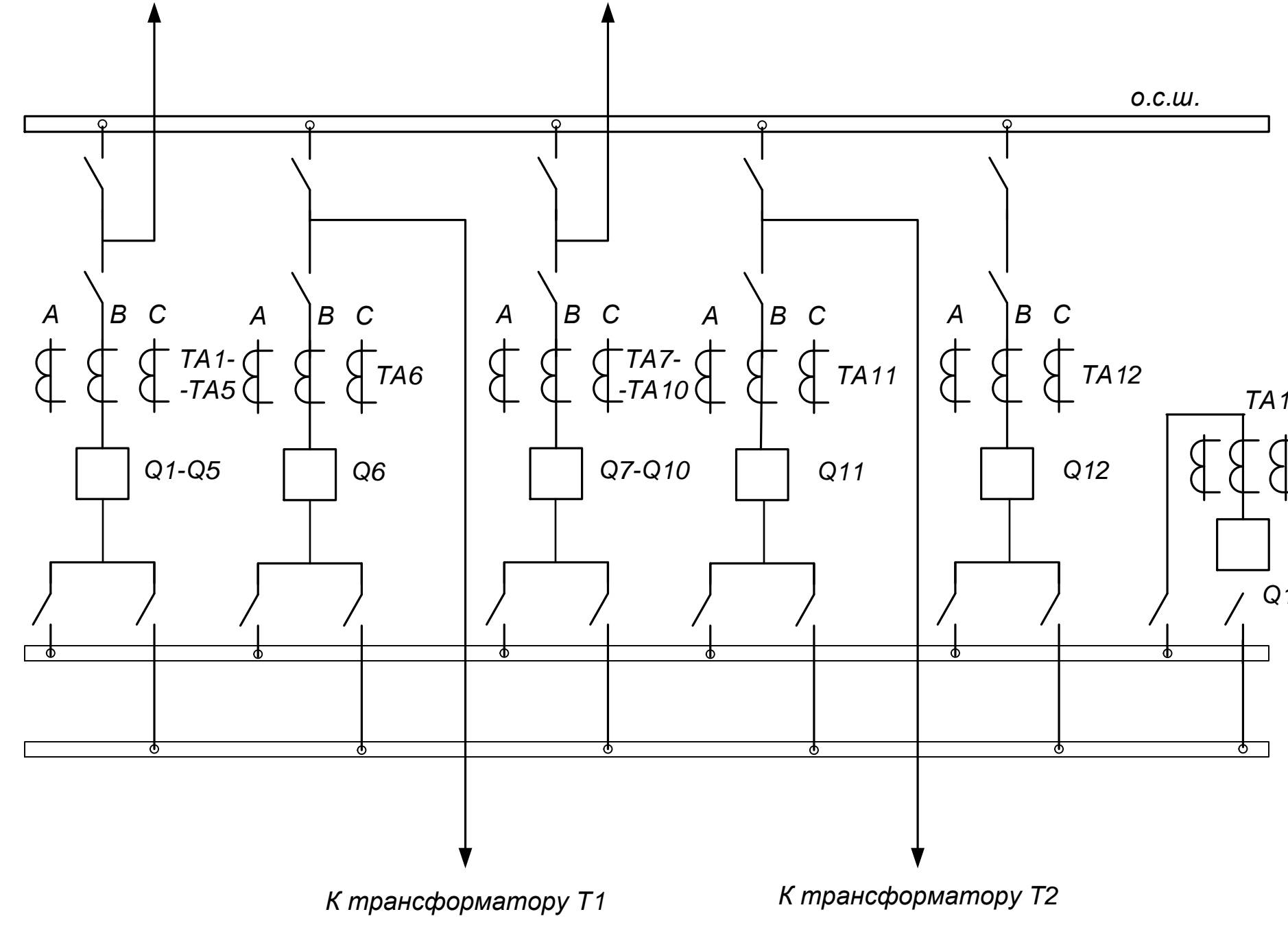
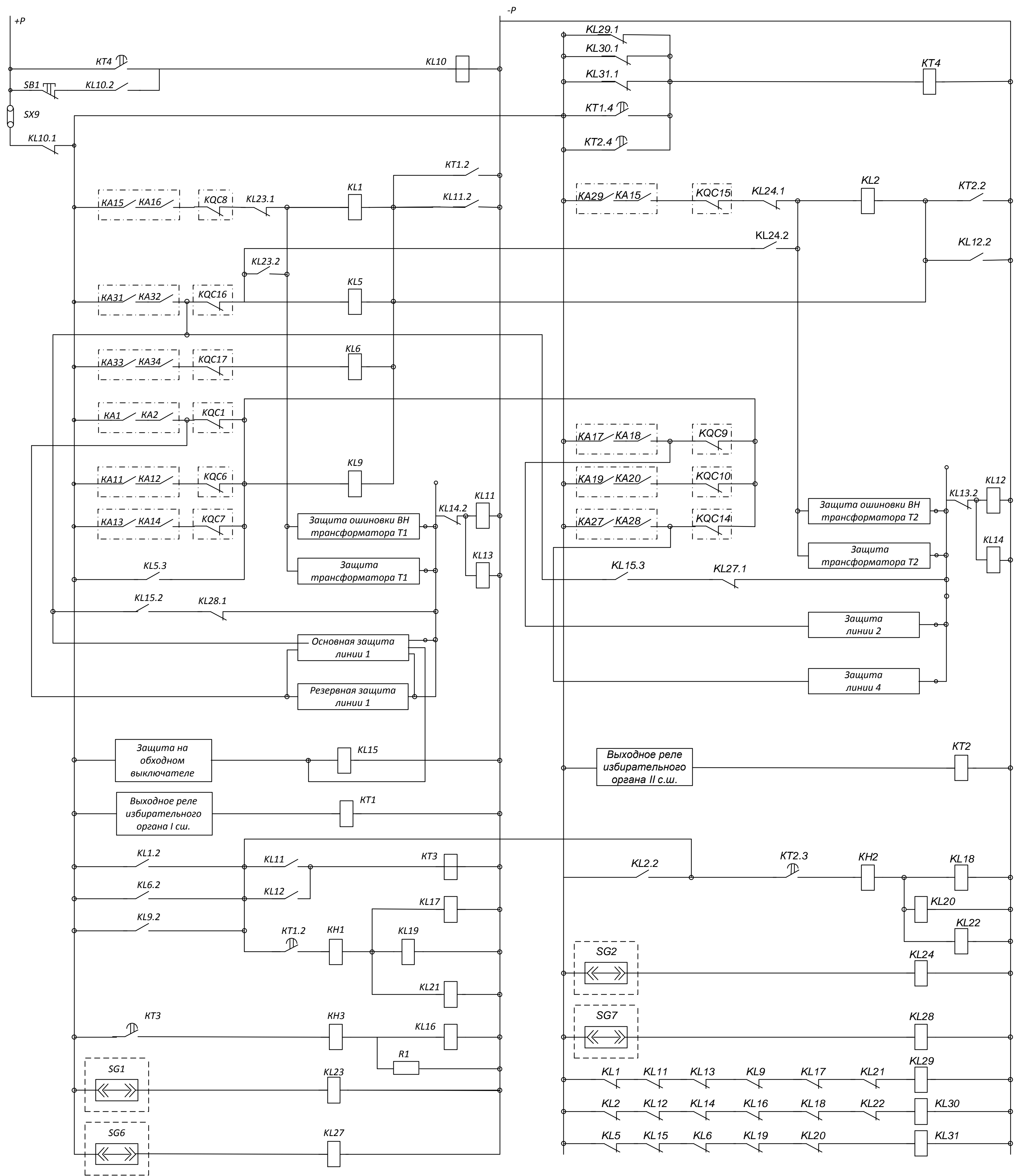
шино-соединительного выключателя (Q17)

линий

Пуск схемы от защит элементов, присоединенных к I и II с.ш., и от защит на обходном выключателе

Пуск органов выдержки времени от выходных реле защиты I и II системы шин при срабатывании защит элементов

Выходные цепи органов выдержки времени, цепи изменения схемы при замене обходным выключателем и цепи контроля исправности схемы



				ВКР.144108.13.03.02.СХ		
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата	Логическая схема ЧРВВ 110 кВ	
Разраб.		Агнаев С.Т.				
Провер.		Козлов А.Н.				
Т.Контр.						
Рецензент						
Н.Контр.		Козлов А.Н.			Лист 6	Листов 6
Утв.		Лавина Н.В.			АмГУ Кафедра энергетики	