

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция системы электроснабжения западной части
Шлюзового района г. Тольятти»

Студент(ка)

Д.Н. Малютин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Н. Кузнецов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

Темой выпускной квалификационной работы (ВКР) является «Реконструкция системы электроснабжения западной части Шлюзового района г. Тольятти».

В выпускной квалификационной работе рассмотрены следующие вопросы:

- характеристика распределительного пункта №8 (РП-8);
- расчет нагрузок РП-8;
- выбор напряжения;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор электрической аппаратуры и токоведущих частей распределительного пункта;
- релейная защита и автоматика РП-8;
- расчёт защитного заземления распределительного пункта.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 46 листах, включает в себя 6 рисунков, 12 таблиц. Графическая часть выполнена на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика системы электроснабжения.....	7
2 Расчет нагрузок распределительного пункта.....	10
3 Выбор напряжения.....	14
4 Выбор схемы распределительной сети.....	15
5 Расчет токов короткого замыкания.....	17
6 Выбор электрической аппаратуры и токоведущих частей 6 кВ	22
7 Выбор трансформаторов собственных нужд	30
8 Релейная защита и автоматика	32
9 Расчёт защитного заземления.....	39
10 Сметно-финансовый расчет	42
Заключение	44
Список использованных источников	45

Введение

На Распределительном пункте (РП-8) большинство элементов электрической системы давно отработали допустимый срок эксплуатации, установленный заводом – изготовителем. Как следствие – ухудшение различных характеристик, связанное с износом. Оборудование морально устарело, кроме того имеет повышенную пожаро- взрывоопасность и требует больших затрат на эксплуатацию и ремонты.

Целью ВКР является повышение надёжности и безопасности электроснабжения потребителей западной части Шлюзового района г. Тольятти. В ходе реконструкции планируется частичное изменение схемы электроснабжения путём замены определённых групп агрегатов, модернизация релейной защиты и автоматики, по стороне 6 кВ. Так как электрооборудование морально и физически устарело, актуальна установка взамен существующих узлов и аппаратов нового, более мощного и надёжного электрооборудования, как, например, вакуумных и элегазовых выключателей 6 кВ, разъединителей, короткозамыкателей и т.д.

Таким образом, при реализации ВКР будет: увеличение надёжности электроэнергетической системы в целом, минимизация размера оборудования приведет к увеличению свободного места, что в будущем позволит устанавливать дополнительные ячейки для питания потребителей.

Для реализации поставленной цели в ВКР предлагается реконструкция системы электроснабжения, которая включает следующие задачи:

- 1) Анализ основного электрооборудования, системы электроснабжения, в частности, распределительного пункта №8;
- 2) На основании суточных графиков нагрузок РП произвести расчет электрических нагрузок;
- 3) Провести анализ действующей схемы системы электроснабжения распределительного пункта;
- 4) Произвести расчет токов короткого замыкания (КЗ)

5) На основании расчёта токов КЗ произвести расчет и подбор электрического оборудования и аппаратуры;

б) Расчет защитного заземления

Графический материал представлен соответствующими листами формата А1:

- схема территориального расположения системы электроснабжения;
- схема ТП-554;
- электрическая схема соединений РП-8 РУ-6 кВ до реконструкции;
- электрическая схема соединений РП-8 РУ-6 кВ после реконструкции;
- режимная схема сетей 6кВ Ф4, Ф5 РП-5;
- вакуумный выключатель ВВУ-СЭЩ.

1 Характеристика системы электроснабжения

Система электроснабжения была разработана в 1970 году для питания электрических сетей Шлюзового района города Тольятти.

Системой электроснабжения называют совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией. Система электроснабжения делится на централизованную (электроснабжение потребителей от энергосистемы) и местную (электроснабжение от местных источников электрической энергии).

Потребитель электрической энергии - электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

По степени надежности и бесперебойности электроснабжения указанные потребители относятся ко 2-ой категории.

Вторая категория электроснабжения потребителей имеет некоторые различия от электроприемников относящихся к первой группе.

Ко второй группе относят такие приемники и приборы, перебой в работе которых способен вызвать значительное уменьшение выпуска продукции, простой производственных аппаратов и технологического процесса.

Кроме того, рассматриваемая категория электроснабжения, отключенная на некоторый промежуток времени, может повлечь за собой нарушение нормальных условий жизнедеятельности значительного числа жителей.

Требования к подводу питания похожи на критерии для первой группы, однако есть и некоторые отличия. Вторая категория электроснабжения нуждается в поступлении энергии из двух мест, однако допускается временное отсутствие питания, достаточное для переключения с одного источника на другой посредством выездной бригады сетей или оперативного персонала самого потребителя.

Обслуживание осуществляется согласно требованиям «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» персоналом

оперативно диспетчерской службы, а техническое обслуживание персоналом службы подстанций ЗАО «Квант»

Питание системы осуществляется от 2 параллельных линий КЛ-6кВ подстанции «Комсомольская». В РУ-6 кВ установлены ячейки типа КСО-272, данные ячейки оборудованы выключателями тип ВПМП-10 с приводами типа ПП-67, работающими на переменном оперативном токе. Срок службы данного оборудования истек. Оно устарело, а также не отвечает существующим требованиям надежности и безопасности электроснабжения и требует больших затрат на эксплуатацию и ремонты. Оборудование имеет сильный износ, что может привести к нарушению электроснабжения потребителей. Поэтому предлагается установка более современных выключателей.

На сторонах 6 кВ установлена одинарная система шин с масляными выключателями, секционированная выключателем ВПМП -10. Режим работы системы на стороне 6 кВ принят отдельный.

Питание собственных нужд осуществляется двумя вводами с РУ-0,4кВ встроенной ТП-554.

К собственным нуждам относятся: отопление РП, освещение и питание средств телемеханики.

В распределительном пункте на отходящих фидерах следующие защиты: токовая отсечка МТО которая выполнена в двухфазном исполнении на встроенном в привод токовом реле прямого действия типа РТМ; максимально токовая защита МТЗ которая выполнена в двухфазном исполнении на встроенном в привод реле типа РТВ. Обе защиты срабатывают на отключение, блинкеров не имеют, при отключении масляного выключателя (МВ)-6кВ от данных защит загорается сигнальная лампа. Земляная защита выполнена на базе трансформаторов нулевой последовательности и указательного реле, действует на сигнал.

Автоматика на РП выполнена в следующем объеме: автоматическое включение резерва (АВР) секционным выключателем 6 кВ между I и II секциями при отключении вводов от защиты и исчезновении напряжения на

питающей линии. Устройства автоматического включения резерва применяются в распределительных сетях и на подстанциях, имеющих два или более источников питания, но работающих по схеме одностороннего питания.

Использование режима одностороннего питания может существенно снизить значение токов К.З., что позволит применить более дешёвую аппаратуру, а также в ряде случаев может упростить релейную защиту, обеспечить лучшие условия регулирования напряжения, и т. д. Принцип действия вкратце можно определить так, что при исчезновении питания на одной из секций сборных шин срабатывает система АВР которая отключает вводной выключатель и включает секционный выключатель с помощью этого питания берется с нормально работающего ввода, что обеспечивает питание потребителей.

Оборудование релейной защиты и автоматики имеет большой износ, что в аварийном режиме грозит отказом срабатывания. Это неизбежно повлечёт за собой поломку оборудования и нарушение электроснабжения потребителей, что не желательно, так как система питает потребителей второй категории.

Предлагается замена данного оборудования на микропроцессорные устройства защиты.

Заземляющее устройство выполнено сопротивлением 0,5 Ом в любое время года. В качестве заземления применены пруты из круглой стали диаметром 12 мм и длиной 3 м, соединенные стальной полосой.

Защита от волн перенапряжения предусмотрена с помощью вентильных разрядников на стороне 6 кВ РВО-6. Это оборудование уже давно отработало свой срок службы, установленный заводом-изготовителем. Поэтому предлагается установка нелинейных ограничителей перенапряжения.

2 Расчет нагрузок распределительного пункта

Типовые суточные графики нагрузок приведены на рисунке 1.1 - 1.3. По суммарному суточному графику, представленному на рисунке 1.3, построен эквивалентный годовой график нагрузки рисунок 1.4 (исходя из летнего периода принято для Средней Волги - 152 дня; зимний период - 213 дней).

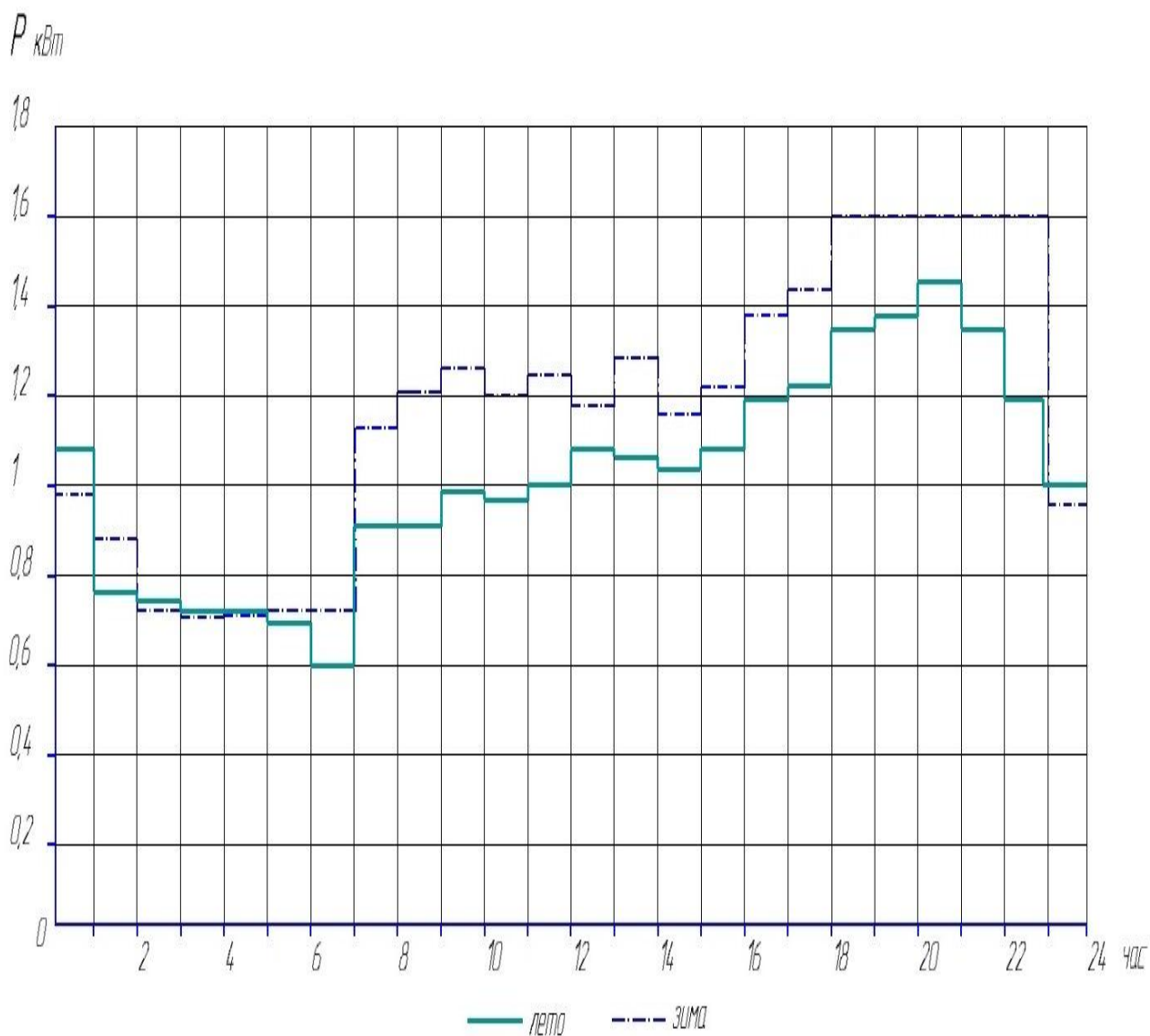


Рисунок 1.1 - Суточный график нагрузок, ввод 6 кВ ф-4

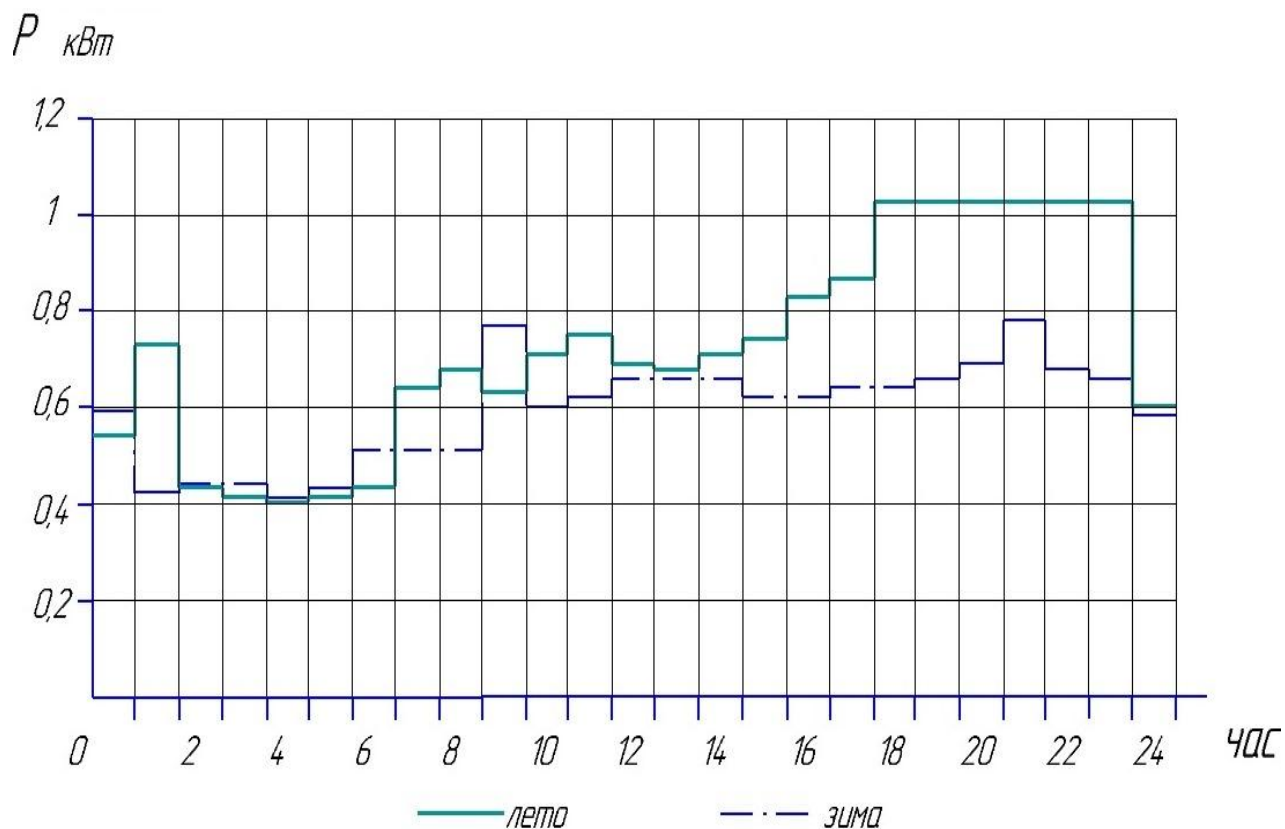


Рисунок 1.2 - Суточный график нагрузок, ввод 6 кВ ф-5

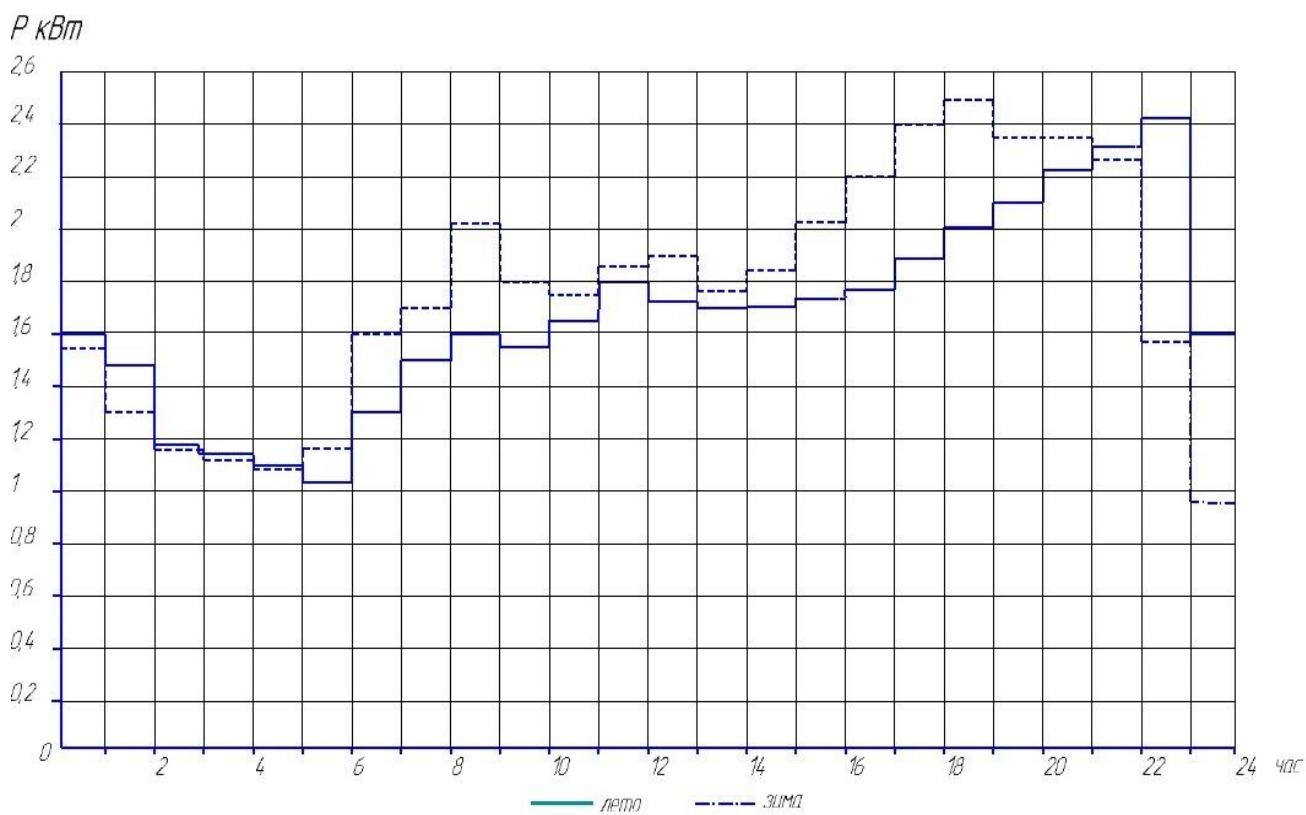


Рисунок 1.3 - Суммарный суточный график нагрузки, ввод 6кВ ф-5, ф-4 зима; ввод 6кВ ф-5, ф-4 лето

P МВт

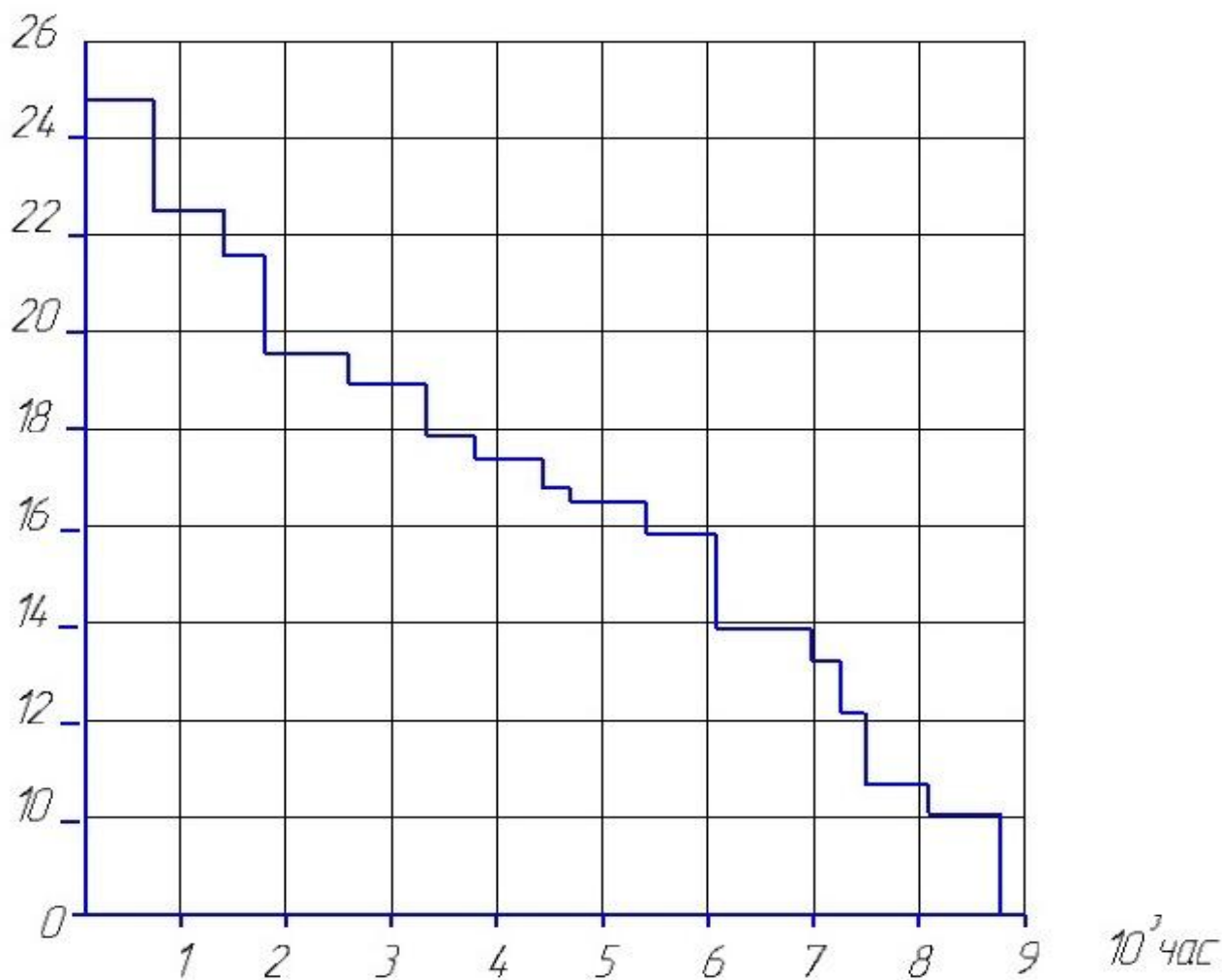


Рисунок 1.4 - Эквивалентный годовой график нагрузки

По приведенным графикам можно определить, что зимой максимум нагрузки приходится на период с 17.30 по 21.00 и составляет 25160 кВт, летом – на период с 18.30 по 22.30 и составляет 24196 кВт.

По преобразованному эквивалентному годовому графику нагрузки (рисунок. 1.4) выполним расчет нагрузок.

Потребляемая мощность:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i; \tag{2.1}$$

$$W = 24,4 \cdot 750 + 22,3 \cdot 600 + 21,8 \cdot 650 + 19,75 \cdot 600 + 19 \cdot 550 +$$

$$+ 17,96 \cdot 550 + 17,7 \cdot 480 + 16,95 \cdot 300 + 16,5 \cdot 600 + 15,96 \cdot 650 + 13,98 \cdot 800 + \\ + 13,4 \cdot 480 + 12,2 \cdot 470 + 10,7 \cdot 550 + 10,1 \cdot 750 = 148,7 \cdot 10^3 \text{ МВтч.}$$

Коэффициент заполнения графика нагрузки:

$$k_{зан} = \frac{6094,26}{8760} = 0,69.$$

Определяем полную мощность Ф-4:

$$S_{\phi-4} = \frac{P_{\max}}{\cos} = \frac{24,4}{0,93} = 26,23 \text{ (MBA)} \quad (2.2)$$

Определяем полную мощность Ф-5:

$$S_{\phi-5} = \frac{24,1}{0,93} = 23,01 \text{ MBA.}$$

Определяем значение потребляемой электроэнергии по подстанции в целом:

$$W_{nc} = \sum_1^n W_n^i \quad (2.3)$$

$$W_{nc} = 26,23 + 23,01 = 49,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Продолжительность максимальной годовой нагрузки:

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}} \quad (2.4)$$

$$T_{\max} = \frac{148,7 \times 10^3}{24,4} = 6094,26 \text{ ч.}$$

Определение электрических нагрузок является первым этапом проектирования любой системы электроснабжения. Значения электрических нагрузок определяют выбор всех элементов проектируемой системы электроснабжения и ее технико-экономические показатели. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты в системе электроснабжения, расход цветного металла, потери электроэнергии и эксплуатационные расходы.

3 Выбор напряжения распределительной сети

Выбор уровня напряжения и ступеней трансформации энергии в электрических сетях является одной из основных задач проектирования электроснабжения городов. От напряжения зависит передаваемая мощность и дальность транспортирования энергии. При заданных значениях P и I повышение напряжения обеспечивает снижение потерь мощности и энергии, уменьшение сечения линий электропередачи, при этом соответственно уменьшаются затраты на их сооружение и эксплуатацию. Однако повышение напряжения связано с необходимостью сооружения повышающих и понизительных подстанций, и чем больше ступеней трансформации, тем больше затраты на эти элементы системы и потери энергии при преобразовании. Удорожание системы происходит также вследствие усложнения схемы и конструкции высоковольтной аппаратуры, повышения требований к устройству и защите элементов схемы.

В общем случае выбор напряжения электрических сетей требует технико-экономической оценки и сравнения вариантов электроснабжения при разных уровнях напряжения. Необходимость таких расчетов возникает при определении оптимальной мощности трансформаторных пунктов и выборе рационального радиуса распределительных сетей.

Опыт проектирования и эксплуатации городских электрических сетей показывает, что повышение напряжения на всех ступенях электроснабжения улучшает технико-экономические показатели электрической сети, создает благоприятные условия для дальнейшего развития, однако число ступеней при этом должно быть минимальным.

Для городских распределительных сетей применяется преимущественно напряжение $U = 6$ кВ.

Для реконструируемой системы электроснабжения выбираем $U = 6$ кВ, так как отсутствуют значительные технико-экономические преимущества напряжения 10 кВ перед напряжением 6 кВ.

4 Выбор схемы распределительной сети

Существуют в основном две схемы распределения энергии – радиальная и магистральная, однако часто на разных ступенях электроснабжения применяются смешанные схемы. Применение одной и другой схем зависит от числа подстанций, их расположения, расположения других электроприемников относительно питающего их пункта. Следует учитывать также стоимость сравниваемых вариантов, суммарную длину кабеля, способы проектирования сети и т.п. Если эти схемы выполнены надлежащим образом, то их можно применять для питания электроприемников всех категорий, обеспечивая надёжное питание.

Когда рассматриваемые нагрузки расположены в разных направлениях по отношению к центру питания, то в этих случаях применяются главным образом радиальные схемы распределения электрической энергии.

Сравнительно редко применяются радиальные схемы с резервированием при помощи общей резервной магистрали, которая для питания распределительных пунктов и подстанций заходит поочередно на все подстанции. Имеется аналогичный случай, когда резервирование осуществляется при помощи резервных перемычек высокого напряжения, например, если необходимо ввести аварийный режим питания от альтернативного источника при выходе полностью из работы основного источника питания. Такая схема выгодна с точки зрения расхода кабелей и затрат при расположении подстанций близко друг от друга и при значительной удаленности подстанций от центра питания.

При этой схеме в необходимых случаях на стороне вторичного напряжения применяется АВР секционного автомата. Схема получается четкая и надежная, однако применение таких автоматов повышает стоимость КТП.

Схемы электрических сетей определяют уровень надежности и бесперебойности электроснабжения потребителей, объем резервирования

отдельных элементов сети, возможность дальнейшего развития и совершенствования электрической сети.

Для обеспечения необходимой надежности выбираем двухлучевую сеть с АВР (рисунок 4.1).

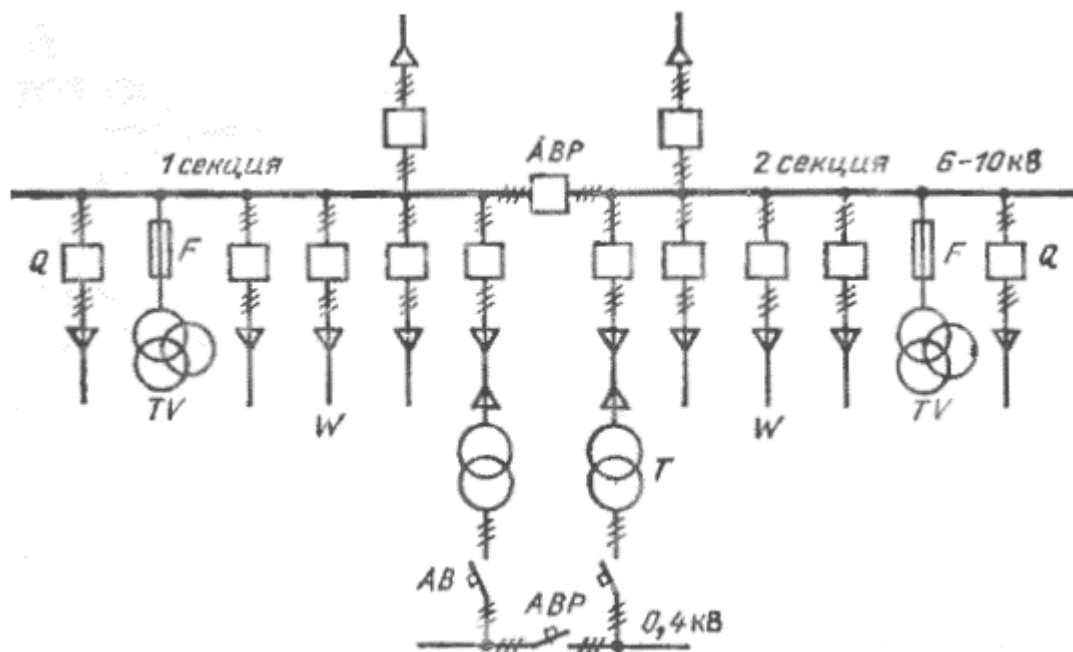


Рисунок. 4.1 Двухлучевая схема с односторонним питанием

Данная схема электроснабжения потребителей содержит дублирование всех элементов сетей, включая вводы на 0.4 кВ.

Схема представляет собой две несвязанные между собой системы электроснабжения. При повреждении любого элемента системы питания действует АВР, переключаясь на вторую систему. Устройство АВР позволяет автоматизировать питание всех потребителей, присоединенных к данному распределительному пункту, на случай повреждения вышестоящих элементов схемы.

5 Расчет токов короткого замыкания

Для расчетов токов К.З. необходимо сложную схему привести к простейшему виду. Составляется эквивалентная схема, общая для всех ступеней напряжения (0,4 кВ отбрасывается), составляется схема замещения по эквивалентной схеме и рассчитываются её параметры по типовым формулам

Расчет токов К.З. при проектировании системы электроснабжения необходим для выбора электрических аппаратов, токоведущих частей, заземляющих устройств, разрядников и т.д. [10;25].

Схема для расчётов токов КЗ показана на рисунке 5.1

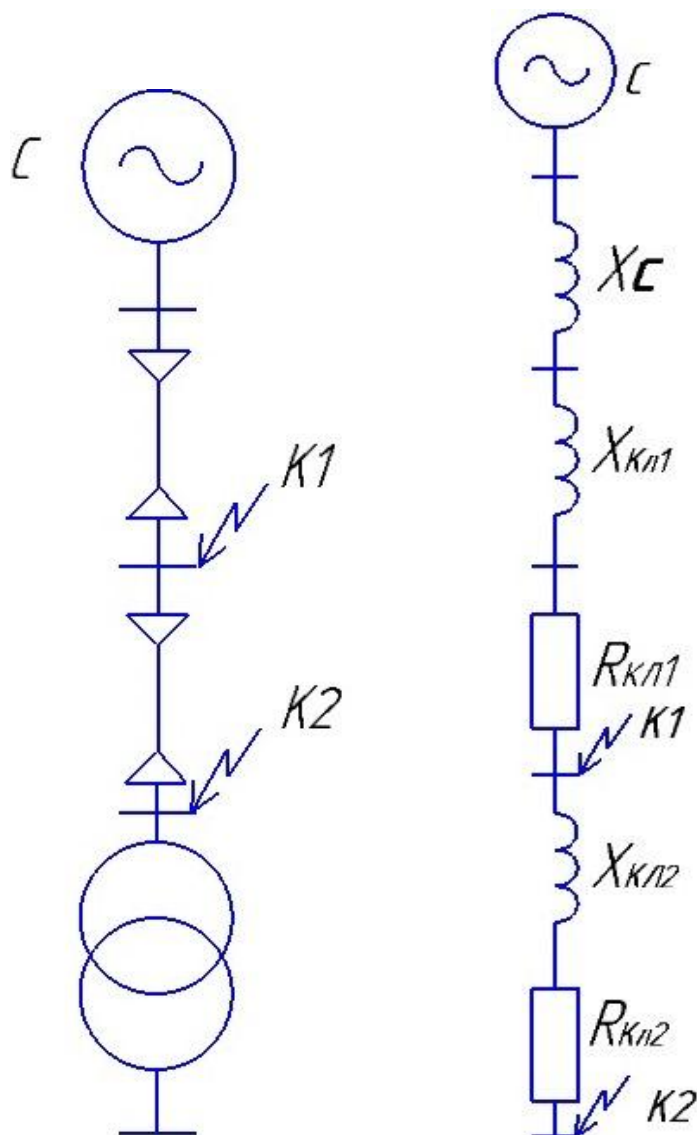


Рисунок 5.1 - Исходная схема для расчетов токов короткого замыкания

Исходные данные:

Система: $U_H = 6,3 \text{ кВ}$ $x_c = 0,6 \text{ Ом}$

Принимаем базисную мощность равную: $S_6 = 600 \text{ МВА}$

Кабельные линии (п/ст Комсомольская – РП-8):

$2 \times 185 \text{ } U_H = 6,3 \text{ кВ}$ $x_0 = 0,073 \text{ Ом/км}$ $r_0 = 0,16 \text{ Ом/км}$; $l = 1,35 \text{ км}$

где: X_0 — удельное сопротивление для кабеля ААШв (2x185) берем из справочника по электроснабжению и электрооборудованию А.А. Федорова, таблица. 61.11 (измеряется в Ом/км), l — длина кабельной линии (в километрах)

Кабельные линии (РП-8 – ТП 527):

$1 \times 120 \text{ } U_H = 6,3 \text{ кВ}$ $x_0 = 0,076 \text{ Ом/км}$ $r_0 = 0,24 \text{ Ом/км}$; $l = 0,9 \text{ км}$

5.1 Расчет токов КЗ. в точке К1

Принимаем базисную мощность равную: $S_6 = 600 \text{ МВА}$

Находим базисный ток:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (5.1)$$

$$I_6 = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 55,05 \text{ кА}$$

Определим сопротивление системы:

$$X_c = X_0 \frac{S_6}{U_H^2} \quad (5.2)$$

$$X_c = 0,073 \cdot \frac{600}{6,3^2} = 1,1 \text{ (оe)}$$

Определим реактивное сопротивление по линии 6 кВ:

$$X_{кЛ1} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{ном}^2} \quad (5.3)$$

$$X_{\text{кл1}} = 0,073 \cdot 1,35 \cdot \frac{600}{6,3^2} = 1,4$$

Определим реактивное сопротивление по линии 6 кВ

$$R_{\text{кл1}} = R_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ном}}^2} \quad (5.4)$$

$$R_{\text{кл1}} = 0,16 \cdot 1,35 \cdot \frac{600}{6,3^2} = 3,2$$

Определение общего эквивалентного сопротивления от источника питания до точки К1.

$$Z_0 = \sqrt{R_{\text{кл1}}^2 + (X_c + X_{\text{кл1}})^2} \quad (5.5)$$

$$Z_0 = \sqrt{3,2^2 + (1,1 + 1,4)^2} = 4,06$$

Определим периодическую слагающую токов КЗ

$$I_{\text{К1}} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot Z_0} \quad (5.6)$$

$$I_{\text{К1}} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 4,06} = 13,54 \text{ кА}$$

Определение мощности КЗ.

$$S_{\text{К1}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{К1}} \cdot U_{\text{н}} \quad (5.7)$$

$$S_{\text{К1}} = \sqrt{3} \cdot 13,54 \cdot 6,3 = 147,7 \text{ (MVA)}$$

Определим ударный ток КЗ.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{у}} \cdot I_{\text{К1}} \quad (5.8)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 13.54 = 34,46 \text{ кА}$$

где: $K_y=1.8$ - ударный коэффициент [11, таблица 24.1].

Определение действующего значения полного КЗ.

$$I_{y1} = I_{K1} \cdot \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \quad (5.9)$$

$$I_{y1} = 13.54 \cdot \sqrt{1 + 2(1.8 - 1)^2} = 18,76 \text{ кА}$$

5.2 Расчет токов КЗ. в точке К2

Определим реактивное сопротивление по линии

$$X_{кЛ2} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{НОМ}^2} \quad (5.10)$$

$$X_{кЛ2} = 0,074 \cdot 0,9 \cdot \frac{600}{6,3^2} = 1,006$$

Определим реактивное сопротивление по линии 6 кВ

$$R_{кЛ2} = R_0 \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{НОМ}^2} \quad (5.11)$$

$$R_{кЛ2} = 0,24 \cdot 0,9 \cdot \frac{600}{6,3^2} = 3,2$$

Определение общего эквивалентного сопротивления от источника питания до точки К2.

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(R_{кЛ1} + R_{кЛ2})^2 + (X_c + X_{кЛ1} + X_{кЛ2})^2} \quad (5.12)$$

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{(3,2 + 3,2)^2 + (1,1 + 1,4 + 1,006)^2} = 7,2$$

Определим периодическую слагающую токов КЗ.

$$I_{K2} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot Z_{\Sigma}} \quad (5.13)$$

$$I_{K2} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 6.3 \cdot 7.2} = 7.63 \text{ кА}$$

Определение мощности КЗ

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot I_{K2} \cdot U_H \quad (5.14)$$

$$S_{K2} = \sqrt{3} \cdot 7.63 \cdot 6.3 = 83.3 \text{ (MBA)}$$

Определим ударный ток КЗ.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K2} \quad (5.15)$$

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1.8 \cdot 7.63 = 19.4 \text{ кА}$$

Определение действующего значения полного КЗ

$$I_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \quad (5.16)$$

$$I_{y2} = 7.63 \cdot \sqrt{1 + 2(1.8 - 1)^2} = 26.88 \text{ кА}$$

Полученные данные токов короткого замыкания системы электроснабжения сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Данные расчетов токов короткого замыкания системы электроснабжения

Точки К.З.	$I_k, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$I_y, \text{кА}$	$S_{к.з.}, \text{MBA}$
К1	13,54	34,46	18,76	147,7
К2	7,63	19,4	26,88	83,3

6 Выбор электрической аппаратуры и токоведущих частей

При составлении схемы для расчёта токов КЗ. для каждого аппарата выбирается такой режим, при котором он находится в наиболее тяжёлых, но реальных условиях работы. Расчётную точку К.З. принимают такую, в которой через аппарат при К.З. проходит наибольший ток. Исключения из этого общего положения отмечены для каждого аппарата при рассмотрении методики выбора и проверки его.

Выбранные аппараты и другие устройства электроустановок должны соответствовать требованиям технико-экономической целесообразности.

Распределение электроэнергии на напряжение 6 кВ осуществляется через распределительный пункт (РП), укомплектованный ячейками типа КСО-272, высоковольтное оборудование в ячейках установлено стационарно. Все установленные аппараты и приборы подлежащие заземлению должны быть заземлены.

6.1 Выбор оборудования 6 кВ

6.1.1 Выбор выключателей

Выключатель - это коммутационный аппарат, предназначенный для включения, отключения или переключения электрических цепей. Выключателем, может называться коммутационный аппарат, не имеющий собственного названия, имеющий как минимум два фиксированных положения своих контактов (включено\отключено) и способный изменить это положение под действием внешних сил, на другое положение контактов (включено\отключено) на сколь угодно малое или большое значение времени.

Выключатели выбирают по номинальному значению напряжения и тока, роду установки и условиям работы, конструктивному выполнению и коммутационной способности. Выбранные выключатели проверяют на стойкость при сквозных токах КЗ.

Рабочий ток:

$$I_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{K_n \cdot S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (6.1)$$

$$I_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{1.4 \cdot 40000}{\sqrt{3} \cdot 6.3} = 2566 \text{ A}$$

Выбор и проверку выключателей, устанавливаемых на вводе в ячейках РП, оформим в виде таблицы 6.1

Таблица 6.1 - Выбор и проверка выключателей

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$	6	10
По ном.току	$I \leq I_{ном}, \text{ А}$	2566	3150
По отключ. способности	$I_{п.т} \leq I_{ном.откл}, \text{ кА}$	6521,4	20
По эл-дин. стойк-ти	$i_{уд} \leq i_{пр.с}, \text{ кА}$	34,46	80
По терм.стойк-ти	$B_k \leq I_t^2 \cdot t_\tau, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	835,19	3843

Выбираем элегазовые выключатели типа LF3 в качестве секционного и вводных выключателей.

Выключатели входят в комплект высоковольтных ячеек Самарской компании ЗАО «Электроцит» типа КСО 292; .

Аналогичным образом выбираются остальные выключатели. Пример выбора приведен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 Выключатели для РУ 6 кВ

Назначение выключателя	Тип выключателя
1. Вводной	LF3

2. Вводной	LF3
3. Секционный	LF3
4. Линейный	ВВУ-СЭЦ-П-10-20/1000

6.1.2 Выбор разъединителей

Разъединитель - коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения обесточенных участков электрических цепей переменного или постоянного тока с созданием видимого разрыва, а также заземления отключенных участков при помощи стационарных заземлителей.

1 Выбор по напряжению:

$$U_{\text{ном.раз}} \geq U_{\text{ном.уст}} \quad (6.2)$$

$$10\text{кВ} \geq 6.3\text{кВ}$$

2 По номинальному току:

$$I_{\text{ном.раз}} \geq I_{\text{ном.расч}} \quad (6.3)$$

$$I_{\text{ном.расч}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.раз}}}$$

$$I_{\text{макс.расч}} = \frac{6640}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 608,5 \text{ А}$$

$$1000\text{А} > 608,5\text{А}$$

3 Проверка на термическую стойкость:

$$B_{\text{к.ном}} \geq B_{\text{к.расч}}$$

$$B_{\text{к.ном}} = I_{\text{мс}}^2 \cdot t_{\text{мс}} \quad (6.4)$$

$$B_{\text{к.ном}} = 40^2 \cdot 3 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$B_{\text{к.расч}} = I_{\text{пк2}}^2 \cdot (t_{\text{р.з}} + t_{\text{откл.вкл}}) \quad (6.5)$$

$$B_{\text{к.расч}} = 9,05^2 \cdot (1,2 + 0,055) = 102,79 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

$$6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > 102,79 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

По расчетным условиям выбираем разъединитель типа РВЗ-10/1000:

Р – разъединитель;

В – внутренней установки;

З – наличие заземлителей;

10 – номинальное напряжение, кВ;

1000 – номинальный ток, А.

6.1.3 Выбор трансформаторов тока

Трансформатор тока выбирается по следующим параметрам:

1. Номинальному напряжению: $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$

$$6,3 \leq 10 \text{ кВ}$$

2. Номинальному току: $I_p \leq I_{\text{ном}}$

$$2566 \leq 4000 \text{ А}$$

3. На электродинамическую стойкость: $I_y \leq I_{\text{эд}}$

$$34,46 \leq 100 \text{ кА}$$

4. Вторичной нагрузке: $Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$

Контроль за работой трансформатора с расщепленной обмоткой НН ведётся с помощью комплекта со стороны НН, включающего в себя:

Таблица 6.3 Данные приборов

Прибор	Тип	S прибора (ВА)
Амперметр	Э – 377	0,1
Ваттметр	Д – 305	0,5
Варметр	Д – 305	0,5
Счетчик акт. энергии	СА4У – И672М	2,5
Счетчик реакт. энергии	СР4У – И673М	2,5
		$S_{\Sigma \text{пр}} = 11,1 \text{ ВА}$

Сопrotивление приборов.

$$Z_{\text{пр}} = \frac{1,1 \cdot 11,1}{25} \text{ Ом}$$

(6.6)

~~Итого~~

$$q = \frac{283}{0,66} = 427 \quad (6.7)$$

$$4 \leq 4,29 \leq 6$$

Принимается стандартное сечение 6 мм², материал провода алюминий.

Выбор и проверку трансформатора тока оформим в виде таблицы 6.4.

Таблица 6.4 - Выбор и проверка трансформатора тока

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению	$U_{уст} \leq U_{ном}, \text{ кВ}$	6	6
По номинальному току	$I_{ном} \leq I_{ном}, \text{ А}$	1503	3000
По эл-дин. стойкости	$i_y \leq i_{пр.с}, \text{ кА}$	14,7	254,6
По термической стойк-ти	$W_K \leq I_T^2 \cdot t_T, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$21,6 \cdot 10^6$	$58,8 \cdot 10^6$

Для расчёта Z_2 выбираем приборы, устанавливаемые на стороне 6 кВ (таблица 6.5).

Таблица 6.5 - Расчёт суммарной нагрузки приборов

Тип приборов	Число	Нагрузка $S_{пр}, \text{ ВА}$		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр Э-377	3	0,1	0,1	0,1
СЭТ 4ТМ.02	1	0,65		
Итого:		0,68		

6.1.4 Выбор трансформаторов напряжения

Выбор приборов для трансформаторов напряжения представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Выбор приборов для трансформаторов напряжения

Прибор	Тип	Потребляемая мощность ВА	Кол-во, шт	Общая потребляемая мощность, ВА
Вольтметр	Э-377	2	2	4
Ваттметр	Д-365	1,5	1	1,5
Варметр	Д-365	1,5	1	1,5
СЭТ 4ТМ.02		0,65	1	0,65
Итого:				$S_{\Sigma}=7,65$

Мощность подключаемых приборов составляет: $S_{\text{приб}} = 7,65$ ВА.

Проверку трансформатора напряжения по стороне 6 кВ оформим в виде таблицы 6.7.

Таблица 6.7 - Проверка трансформатора напряжения

Параметр	Условие	Расчётные данные	Паспортные данные
По напряжению установки	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$	6	6
По вторичной нагрузке	$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}, \text{ ВА}$	7,65	120

К установке принимаем трансформатор напряжения НАМИ – 6 – 2, соответствующий классу точности 0,5.

6.1.5 Выбор ограничителей перенапряжения на стороне 6 кВ

На нынешнее время в рассматриваемом распределительном пункте не установлены ограничители перенапряжения, поэтому в ходе реконструкции для увеличения надёжности электроснабжения планируется установка ОПН.

Для сравнения выбираем два ограничителя перенапряжения, ОПН-П-10/12/20-УХЛ1 и ОПН-Ф-10/12/20-УХЛ1 производимых ООО «Завод энергозащитных устройств». Сравнительная характеристика ограничителей перенапряжения указана в таблице 6.8.

Таблица 6.8 - Характеристика ограничителей перенапряжения

Характеристика	ОПН-П-6/7,2/10-УХЛ1	ОПН-Ф-6/7,2/10-УХЛ1
Уровень напряжения, кВ	6	6
Пропускная способность тока на прямоугольном импульсе, длительностью 2000 мкс, А	400	400
Номинальный разрядный ток, кА	10	10
Допустимо длительное рабочее напряжение, наибольшее, действ. значение, кВ	7,2	7,2
Остаточное напряжение при импульсе тока 30/60 мкс с амплитудой: - 250 А, кВ, не больше - 500 А, кВ, не больше - 1000 А, кВ, не больше	18,3 18,9 19,2	19,1 20,3 21,0
Напряжение, остающееся на ОПН при импульсе тока 8/20 мкс с амплитудой: - 5000 А, кВ, не больше - 10000 А, кВ, не больше - 20000 А, кВ, не больше	24,0 25,0 26,0	24,0 25,0 26,0

Продолжение таблицы 6.8

Напряжение, остающееся на ОПН при импульсе 1/4 мкс с амплитудой разрядного номинального тока, кВ, не более	26,5	28,0
Удельная энергия (рассеиваемая), кДж/кВ	4,0	4,0
Путь утечки внешней изоляции, см, не менее	15,7	15,7
Испытательное одномоментное напряжение частотой 50 Гц в сухом состоянии и под дождем, кВ действ.	34,0	34,0
Расчетный срок эксплуатации, лет.	30	25
Срок гарантии, лет.	6	5
Цена, руб	1380	1560

Выбираем ограничители перенапряжения типа ОПН-П, т.к. при одинаковых характеристиках они имеют меньшую стоимость.

7 Выбор трансформаторов собственных нужд

Потребителями собственных нужд РП являются:

- отопление;
- освещение;
- питание средств телемеханики.

Для питания этих потребителей в РП имеется встроенная ТП-554, от которой запитана панель собственных нужд (ПСН) с распределительного устройства (РУ) 0,4 кВ:

- Один ввод ПСН запитан через рубильник с Ф-3 первой секции РУ-0.4 кВ встроенной ТП-554;

- второй ввод ПСН через рубильник с Ф-19 второй секции РУ-0.4 кВ ТП-554.

Расчет установленной мощности электроприемников собственных нужд для выбора трансформатора собственных нужд (ТСН) приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчет мощности электроприемников собственных нужд

Наименование потребителя	Кол-во, шт.	Мощность, кВт	$\cos\varphi$, о.е.	$\operatorname{tg}\varphi$, о.е.	$P_{\text{уст}}$, кВт	$Q_{\text{уст}}$, квар	S , кВА
Отопление	2	20	0,95	0,33	10	8,2	26,3
Освещение	15	5	0,95	0,33	4	1,3	4,2
Питание средств телемеханики	2	2,6	0,7	1,02	7,2	7,4	7,8
Итого					21,2	16,9	38,3

Выбор трансформаторов собственных нужд производится по следующему условию:

$$S_{\text{ном}} \geq S_{\text{р.т}}, \quad (7.1)$$

$$S_{\text{р.т}} = \frac{K_c \cdot S_{\text{уст}}}{1,4}, \quad (7.2)$$

где $S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$S_{\text{р.т}}$ – расчетная мощность трансформатора, кВ·А;

K_c – коэффициент спроса, равный 0,8, о.е;

$S_{\text{уст}}$ – установленная полная мощность потребителей собственных нужд, кВ·А.

$$S_{\text{р.т}} = \frac{K_c \cdot S_{\text{уст}}}{1,4} \quad (7.3)$$

$$S_{\text{р.т}} = \frac{0,8 \cdot 38,3}{1,4} = 21,8 \text{ кВА}$$

Для питания потребителей собственных нужд принимаются 2 трансформатора номинальной мощностью 38 кВ·А, типа ТСКС-40/145/10-У3, технические данные которых приведены в таблице 7.2. Трансформаторы собственных нужд устанавливаются в шкафу К-104М в одном ряду с шкафами РУ-6 кВ РП и защищаются предохранителями ПК-001-10.

Таблица 7.2 – Технические характеристики трансформаторов

Тип	$S_{\text{ном}},$ кВ·А	$U_{\text{ном}},$ кВ		$U_k,$ %	$I_x,$ %	$\Delta P_k,$ кВт	$\Delta P_x,$ кВт	Схемы – группа соединения обмоток
		обмотки ВН	обмотки НН					
ТСКС- 40/10- У3	38	10	0,4	1,5	12	0,5	0,5	Д/УН-11

Структура условного обозначения трансформатора ТСКС-40/145/10-У3:

Т – трехфазный трансформатор;

С – естественное воздушное охлаждение при открытом исполнении;

К – для КРУ;

С – специальный;

40 – типовая мощность, кВ·А;

145 – мощность при броске тока, кВ·А;

10 – класс напряжения обмотки ВН, кВ;

У3 – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

8 Релейная защита и автоматика распределительного пункта «РП-8»

8.1 Описание релейной защиты и автоматики по стороне 6 кВ

В соответствии с ПУЭ [2] на распределительном пункте установлены следующие защиты, защита вводов 6 кВ выполнена 2-х ступенчатой МТЗ, на отходящих линиях установлены МТО и МТЗ с действием на отключение выключателя и защита от замыкания на землю с действием на сигнал.

Автоматика на РП выполнена в следующем объеме: автоматическое включение резерва (АВР) секционного выключателя 6 кВ при отключении вводов от защиты и исчезновении напряжения на питающей линии, АВР трансформаторов собственных нужд, автоматическое включение обогрева счетчиков.

Оборудование релейной защиты и автоматики подстанции «РП-8» имеет большой износ, что в аварийном режиме грозит отказом срабатывания. Это неизбежно повлечёт за собой поломку оборудования и нарушение электроснабжения потребителей, что не допустимо, так как подстанция «РП-8» питает потребителей первой и второй категории. Предлагается заменить оборудование РЗ и А подстанции «РП-8» на микропроцессорные устройства защиты типа «Сириус-2».

8.2 Расчет уставок отходящего фидера Ф-5 РП-8

8.2.1 Расчет сопротивления схемы замещения

1) Реактансы на шинах распределительного пункта:

$$Z_{\min} = 0,297 \text{ Ом} \quad I_{\text{кз}_{\max}} = 8343,3 \text{ А}$$

$$Z_{\max} = 0,34 \text{ Ом} \quad I_{\text{кз}_{\min}} = 7594,3 \text{ А}$$

2) Сопротивление $Z_{л1}$ и $Z_{л2}$:

$$r_{л1} = r_0 \cdot l_2 \quad (8.1)$$

$$r_{л1} = 0.16 \cdot 1.35 = 0.216$$

где $l_1 = 1.35$ км;

$r_0 = 0,16$ Ом/км;

$S = 185$ мм².

$$x_{л1} = x_0 \cdot l_1 \quad (8.2)$$

$$x_{л1} = 0.073 \cdot 1.35 = 0.098 \text{ Ом}$$

где $x_0 = 0,073$ Ом/км;

$S = 185$ мм²;

$l_1 = 1,35$ км.

$$r_{л2} = r_0 \cdot l_1 \quad (8.3)$$

$$r_{л2} = 0.42 \cdot 0.325 = 0.136$$

где $l_2 = 0.325$ км;

$r_0 = 0,42$ Ом/км;

$S = 70$ мм².

$$x_{л2} = x_0 \cdot l_1 \quad (8.4)$$

$$x_{л2} = 0.08 \cdot 0.325 = 0.026 \text{ Ом}$$

где $x_0 = 0,08$ Ом/км;

$S = 70$ мм²;

$L_2 = 0,325$ км.

$$Z_{л1} = \sqrt{(r_{л1})^2 + (x_{л1})^2} \quad (8.5)$$

$$Z_{л1} = \sqrt{(0,216)^2 + (0,098)^2} = 0,23$$

$$Z_{л2} = \sqrt{(r_{л2})^2 + (x_{л2})^2}$$

$$Z_{л2} = \sqrt{(0,136)^2 + (0,026)^2} = 0,138 \quad (8.6)$$

3) Расчет $Z_{л3}$

$$r_{л3} = r_0 \cdot l_3 \quad (8.7)$$

$$r_{л3} = 0,42 \cdot 0,2 = 0,084$$

где $l_3 = 0,2$ км;

$r_0 = 0,42$ Ом/км;

$S = 70$ мм².

$$x_{л3} = x_0 \cdot l_1 \quad (8.8)$$

$$x_{л3} = 0,08 \cdot 0,325 = 0,016 \text{ Ом}$$

где $x_0 = 0,08$ Ом/км;

$S = 70$ мм²;

$L_2 = 0,2$ км.

$$Z_{л3} = \sqrt{(r_{л3})^2 + (x_{л3})^2} \quad (8.9)$$

$$Z_{л3} = \sqrt{(0,084)^2 + (0,016)^2} = 0,8$$

4) Расчет сопротивления трансформатора $S = 440$ кВА:

$$Z_{тр} = \frac{U_{к\max} \% \cdot U_n^2}{100 \cdot S_{ном\ тр}} \quad (8.10)$$

$$Z_{тр} = 4,05 \text{ Ом}$$

8.2.2 Расчет токов короткого замыкания

1) Икз (1) на шинах ТП №1(558):

$$\sum Z = Z_p + Z_{л1} + Z_{л2}$$

$$Z = 0.34 + 0.23 + 0.138 = 0.708 \text{ Ом} \quad (8.11)$$

$$I_{кз(1)} = \frac{U}{\sqrt{3} \sum Z} \quad (8.12)$$

$$I_{кз(1)} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 0.708} = \frac{6300}{1.224} = 5147 \text{ А.}$$

2) Икз (2) за трансформатором ТП №558

$$\sum Z = Z_p + Z_{л1} + Z_{л2} + Z_{mp-p}$$

$$Z = 0.34 + 0.23 + 0.138 + 4.05 = 4.758 \text{ Ом} \quad (8.13)$$

$$I_{кз(2)} = \frac{U}{\sqrt{3} \sum Z} \quad (8.14)$$

$$I_{кз(2)} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 4.758} = \frac{6300}{8.23} = 765 \text{ А}$$

3) Икз (3) на шинах ТП №2 (559) в точке подключения дополнительной нагрузки.

$$\sum Z = Z_p + Z_{л1} + Z_{л2} + Z_{л3} + Z_{л4} \quad (8.15)$$

$$\sum Z = 0,364 + 0,2 + 0,144 + 0,051 + 0,05 = 0,805 \text{ Ом}$$

$$I_{кз(3)} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 0,805} = \frac{6300}{1,4} = 4500 \text{ А}$$

4) Икз (4) за трансформатором ТП №2 (ТП-559) (S = 630 кВА)

$$\sum Z = Z_P + Z_{обл} + Z_{тр-р} \quad (8.16)$$

$$\sum Z = 0,805 + 3,14 = 3,945 \text{ Ом}$$

$$I_{кз(4)} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 3,945} = \frac{6300}{6,824} = 923 \text{ А}$$

8.2.3 Расчет максимальной токовой отсечки (МТО)

$$\sum S_{ном} = 4 \times 400 + 400 + 630 + 4 \times 400 = 2630 \text{ кВа}$$

$$I_{ном} = \frac{\sum S}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (8.17)$$

$$I_{ном} = \frac{2630}{10,2} \approx 257 \text{ А}$$

1) Расчет МТО от броска токов намагничивания

$$I_{со} = 4 \times I_{ном} \quad (8.18)$$

$$I_{со} = 4 \times 257 \geq 770 \text{ А} \div 1000 \text{ А}$$

2) Расчет $I_{со}$ от $I_{кз}$ в конце линии

$$I_{со} = 1,5 \times I_{кз} \quad (8.19)$$

$$I_{со} = 1,5 \times 923 \text{ А} = 1384 \text{ А} \approx 1400 \text{ А}$$

8.2.4 Расчет максимальной токовой защиты (МТЗ)

1) Расчет МТЗ с учетом дополнительной нагрузки

$$I_{раб} = 215 \text{ А}$$

$$I_{раб1} = 215 + 15 = 230 \text{ А}$$

$$I_{сз} = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,8} \cdot I_{раб1}. \quad (8.20)$$

$$I_{сз} = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,8} \cdot 230 = 450A$$

2) Расчет МТЗ и допустимости тока кабеля

$$I_{доп} = 440A$$

$$I_{сз} = \frac{1,2 \cdot 1,3}{0,8} \cdot 440A = 858A$$

Из расчетов следует:

Пределы МТО $I_{со} \geq 1000A \div 1400A \quad t=0,0с.$

Пределы МТЗ $I_{сз} \geq 450A \div 860A \quad t=0,6с.$

На сегодня на ф.5 распределительного пункта установлены уставки:

$$I_{со} = 2000A \quad t=0,0с.$$

$$I_{сз} = 600A \quad t=0,6с.$$

Что входит в пределы $K_{тр}=300/5.$

8.2.5. Расчет $K_{чувст.}$ РЗА ф.5 распределительного пункта при данных уставках МТО

1) на шинах 6кВ РП :

$$K_{чувст.} = \frac{I_{кз} \text{ на шинах}}{I_{со}} \quad (8.21)$$

$$K_{чувст.} = \frac{10554}{2000} = 5,2 \gg 2$$

2) на шинах ТП-559 (ТП-2):

$$K_{чувст.} = \frac{I_{кз} \text{ на шинах}}{I_{со}} \quad (8.22)$$

$$K_{\text{чувст.}} = \frac{4500}{2000} = 2,25 > 2$$

Коэффициент чувствительности находится в допустимых пределах.

8.2.6. Чувствительность МТЗ

1) на шинах ТП-559:

$$K_{\text{чувст.}} = \frac{4500 \cdot 0,865}{600} = 6,48 > 1,5$$

РЗА чувствительна

2) за трансформатором ТП-559 (S=630кВА) в точке подключения дополнительной нагрузки:

$$K_{\text{чувст.}} = \frac{932 \cdot 0,865}{600} = 1,33 > 1,2$$

МТЗ чувствительна для резервной защиты, т.к. основная защита - это предохранители ПК-6кВ трансформатора 630 кВА.

9 Расчёт защитного заземления

Заземление электроустановок осуществляется преднамеренным соединением с заземляющим устройством. Заземляющее устройство – это совокупность заземлителя и заземляющих устройств. Заземлитель – это металлический проводник или группа проводников, соприкасающихся с землёй. Заземляющие проводники – это металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем. Для заземления используются естественные и искусственные заземлители (металлические конструкции зданий, арматура и т.д.). Назначение защитного заземления – предотвратить возможность поражения людей электрическим током при соприкосновении с корпусами оборудования, оказавшимися под напряжением в следствии разных неисправностей.

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, должны заземляться.

Для расчета принимаем следующие значения:

- для длины стержней заземлителя $l=5$ м;
- для диаметра стержней заземлителя $d=0,95 \cdot b = 0,0475$ м;
- для расстояния между стержнями $a = 2$ м;
- для результирующего сопротивления заземления $R_z = 0,5$ Ом;
- для глубины заложения металлической полосы $t = 0,5$ м;
- для удельного сопротивления грунта $\rho = 100$ Ом-м.

Проводим расчёт по определению сопротивления одного стержня:

$$R_c = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч}}}{l} \cdot \left[\lg\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot t' + 1}{4 \cdot t' - 1}\right) \right], \quad (9.1)$$

где $t' = t + l/2 \cdot 1 = 0.5 + 2.5 = 3$ м;

$K_c = 1.25$ – коэффициент сезонности, климатическая зона II;

$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{гр}} \cdot K_c = 100 \cdot 1.25 = 125$ Ом – расчётное сопротивление грунта.

$$R_c = \frac{0,336 \cdot 125}{5} \cdot \log \frac{2 \cdot 5}{0,0475} + \frac{1}{2} \cdot \log \frac{4 \cdot 3 + 1}{4 \cdot 3 - 1} = 19,82 \text{ Ом}$$

Определение необходимого количества вертикальных стержней:

$$N_c = \frac{R_c}{R_3 \cdot n_c}, \quad (9.2)$$

где $n_c = 0,78$ - коэффициент использования вертикальных заземлителей, расположенных по контуру.

$$N_c = \frac{19,82}{0,5 \cdot 0,78} = 30,9 \approx 31 \text{ шт}$$

Определение сопротивления заземляющей полосы:

$$R_{\Pi} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{L} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t} \right), \quad (9.3)$$

где L – периметр подстанции.

$$L = (A + B) \cdot 2 \quad (9.4)$$

$$L = (13 + 13) \cdot 2 = 52 \text{ м.}$$

$$\rho_{\text{расч.г.}} = \kappa_c' \cdot \rho_{\text{гп}} \quad (9.5)$$

$$\rho_{\text{расч.г.}} = 4,5 \cdot 100 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$R_{\Pi} = \frac{0,336 \cdot 450}{52} \cdot \log \frac{2 \cdot 52^2}{0,04 \cdot 0,5} = 15,8 \text{ Ом.}$$

Сопротивление заземляющей полосы в контуре:

$$R_{\Pi К} = \frac{R_{\Pi}}{n_{\Pi}} \quad (9.6)$$

$$R_{\text{ПК}} = \frac{15,8}{0,27} = 58,51 \text{ Ом.}$$

Необходимое сопротивление вертикальных заземлений:

$$R = \frac{R_{\text{ПК}} \cdot R_3}{R_{\text{ПК}} + R_3} \quad (9.7)$$

$$R = \frac{58,51 + 0,5}{58,51 + 0,5} = 0,49 \text{ Ом.}$$

Определяем уточнённое количество стержней:

$$N_c' = \frac{R_c}{R \cdot n_c} \quad (9.8)$$

$$N_c' = \frac{19,82}{0,49 \cdot 0,78} \approx 52 \text{ шт.}$$

Принимаем 52 стержня.

10. Сметно-финансовый расчёт

Данные всех основных фондов сведём в таблицу 10.1

Таблица 10.1 - Перечень электрооборудования распределительного пункта

Наименование оборудования	Количество	Страна-производитель	Балансовая стоимость (руб.)
Разъединители РВФЗ-10/630	20	Россия	17818
Разъединители РВЗ-10/630	20	Россия	14974
Элегазовый выключатель LF3	3	Германия	948 398,35
Вакуумный выключатель ВВУ-СЭЦ-П-10-20/1000	10	Россия	450 000
Трансформатор тока серии ТОЛ	11	Россия	13500

1. Ремонтные работы составляют 5% от стоимости оборудования;

Ремонтные работы (разъединитель) = $17818 \cdot 5\% = 890,9$ руб.

2. Заработная плата составляет 20% от стоимости ремонтных работ (монтажных);

Зарплата = $17818 \cdot 20\% = 3563,6$ руб. (10.1)

3. Сметная стоимость = общая стоимость оборудования + ТЗР (транспортно-заготовительные расходы), составляющие 4% от общей стоимости оборудования + ЗСР (Заготовительно-складские расходы), составляющие 2% от общей стоимости оборудования + РЗЧ (расходы на запасные части), составляющие 1% от общей стоимости оборудования.

Общая стоимость оборудования составляет:

$$17818 \cdot 20 + 14974 \cdot 20 + 948398,35 \cdot 3 + 450000 \cdot 10 + 13500 \cdot 11 = 8149535,05 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы:

$$\text{ТЗР} = 8149535,05 \cdot 4\% = 325981,4 \text{ руб.} \quad (10.2)$$

Заготовительно-складские расходы:

$$\text{ЗСР} = 8149535,05 \cdot 2\% = 162990,7 \text{ руб.} \quad (10.3)$$

Расходы на запасные части:

$$\text{РЗЧ} = 8149535,05 \cdot 1\% = 81495,3 \text{ руб.} \quad (10.4)$$

Сметная стоимость реконструкции:

$$8149535,05 + 325981,4 + 162990,7 + 81495,3 = 8720002,45 \text{ руб.} \quad (10.5)$$

Итого сметная стоимость реконструкции системы электроснабжения составляет:

8720002,45 руб.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была проведена реконструкция системы электроснабжения западной части Шлюзового района г. Тольятти.

На основании суточных графиков нагрузки выполнен расчет электрической нагрузки 6 кВ, рассчитаны токи короткого замыкания на стороне 6 кВ, произведен выбор оборудования и расчет релейной защиты.

Также в объем данной ВКР входит расчет заземления.

Работа проведена в соответствии с требованиями ПУЭ, ПТЭ, ПТБ, СНиП и др. В ней рассмотрены необходимые вопросы, связанные с реконструкцией системы электроснабжения, направленные на повышение надёжности системы питания потребителей.

Список использованных источников

- 1 Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание. - М.: Главгосэнергонадзор России, 2009.
- 2 Козлов, В.А. Электроснабжение городов / В.А. Козлов. –Л.: Энергоатомиздат, 1988.
- 3 Козлов, В.А. Городские распределительные электрические сети / В.А. Козлов. –Л.: Энергоиздат, 1982.
- 4 Справочник по проектированию электроэнергетических систем, под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 5 Электротехнический справочник. В 4-х томах. Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. В.Г. Герасимова. - М.: МЭИ, 2002.
- 6 Двоскин, Л.И. Схемы и конструкции распределительных устройств / Л.И. Двоскин. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
- 7 Дорошев, К.И. Комплектные РУ 6 – 35 кВ / К.И. Дорошев. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
- 8 Алиев, И.И. Кабельные изделия: Справочник / И.И.Алиев. - М.: ИП РадиоСОФТ, 2001.
- 9 Салтыков, В.М. Проектирование электрической части подстанций в энергосистемах: Учеб. пособие / В.М. Салтыков. – Тольятти: ТГУ, 2002.
- 10 Салтыкова, О.А., Релейная защита понизительной подстанции: Учеб. Пособие / О.А.Салтыкова, В.В.Вахнина. - Тольятти: Кассандра, 2000.
- 11 Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети / Под ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. – М.: Энергия, 1980.
- 12 Шабад, М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М.А. Шабад. - М.: Энергоатомиздат, 1981.
- 13 Нормативы для определения расчётных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов

городской распределительной сети. - М.: Министерство топлива и энергетики, 1999.

14 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 2000.

15 ГОСТ 18397-86 «Выключатели переменного тока на номинальное напряжение 6-220 кВ. Общие технические условия»

16 GE Grid Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gegridsolutions.com>.

17 Oil Circuit Breaker Bulk and Minimum Oil Circuit Breaker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.electrical4u.com>.

18 Power Engineering - Power generation technology and news for the power industry [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.power-eng.com/index.html>.

19 Sulfur hexafluoride circuit breaker - Wikipedia, the free encyclopedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_hexafluoride_circuit_breaker.

20 How Circuit Breakers Work | HowStuffWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electronics.howstuffworks.com/circuit-breaker.htm>.