

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Идентификационный код ВКР: 828

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О. Прокубовская

« ____ » _____ 2016 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
профиля подготовки «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий,
организаций и учреждений»

Идентификационный код ВКР: 828

Исполнитель:
студент(ка) группы Кп-511 ЭО

М.М. Маслов

Руководитель:
зам. начальника отдела ОАО «ИЦЭУ»

Н.А. Здоровенко

Нормоконтролер:
ст. преподаватель кафедры ЭС

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2016

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 54 страницы печатного текста, 9 таблиц, 12 рисунков и 20 литературных источников.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ, ПРИЕМНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ИЗМЕРЕНИЕ, УЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

Объектом исследования является подстанция.

Предмет исследования является электроснабжения

Цель работы: разработка проекта модернизации и установка нового оборудования, а именно произвести замену устаревшего электрооборудования подстанции на более современное и экономически выгодное.

Задачи :

- произвести выбор трансформаторов подстанции ,питающих ЛЭП;
- выполнить расчёт токов короткого замыкания;
- выбрать электрические аппараты для подстанции;
- выполнить расчёт защитного заземления подстанции;
- рассмотреть вопрос защиты подстанции от атмосферных перенапряжений.

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОПИСАНИЕ ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ИСПОЛНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПОД- СТАНЦИИ	7
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТО- РОВ ПОДСТАНЦИИ	14
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	17
3.1 Определение мощности двух трансформаторов ГПП	17
3.2 Выбор рациональной мощности трансформаторов	17
4. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	22
5. ВЫБОР ЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОДСТАНЦИИ	25
5.1 Выбор оборудования напряжения 110 кВ	25
5.2 Выбор оборудования 10 кВ	26
6. РАСЧЁТ ЗАЩИТНОГО ЗАЕМЛЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ	28
7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	32
7.1 Анализ влияния ГПП на окружающую среду	32
7.2 пути экологолизации	34
8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	35
8.1 Краткая характеристика проектируемого объекта	35
8.2 Вредные и опасные факторы на подстанции	35
8.3 Электробезопасность	39
8.4 Чрезвычайные ситуации на подстанции	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Российская электроэнергетика переживает кризис, который является следствием прежде всего критического износа основных фондов, низкого технико-экономического уровня систем электроснабжения, серьезных перебоев в топливоснабжении электростанций. Это происходит на фоне нестабильного финансового положения региональных энергокомпаний, дезорганизации инвестиционных процессов и неэффективного регулирования цен на электро- и теплоэнергию. В результате электроэнергетика не способна обеспечить необходимые темпы экономического роста и технического перевооружения промышленности, которое должно осуществляться преимущественно на основе повышения уровня электрификации, т.е. внедрения прогрессивных, как правило, энергоемких технологий.

Задачей проектирования является разработка с учетом новейших достижений науки и техники и технико-экономическое обоснование решений модернизации энергетической системы подстанции «Северная», и средств ее эксплуатации и управления, при котором обеспечивается оптимальная надежность снабжения потребителей электрической электроэнергией в необходимых размерах и требуемого качества с наименьшими затратами.

Для более экономичного решения вопросов резервирования в системах электроснабжения учитывается перегрузочная способность электрооборудования. Для этого параметры коммутационных аппаратов выбираются таким образом, чтобы они не лимитировали полное использование перегрузочной способности трансформаторов, кабелей, шинопроводов и т.д. С другой стороны, при определении объемов резервирования и пропускной способности всей системы электроснабжения в целом нельзя допускать излишеств в количестве электрооборудования и завышения их параметрических характеристик.

Объектом исследования является подстанция.

Предмет исследования является электроснабжения

Цель работы: разработка проекта модернизации и установка нового оборудования, а именно произвести замену устаревшего электрооборудования подстанции на более современное и экономически выгодное.

Задачи :

- произвести выбор трансформаторов подстанции ,питающих ЛЭП;
- выполнить расчёт токов короткого замыкания;
- выбрать электрические аппараты для подстанции;
- выполнить расчёт защитного заземления подстанции;
- рассмотреть вопрос защиты подстанции от атмосферных перенапряжений.

1. ОПИСАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И НАГРУЗКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Металлы - вещества, имеющие характерную кристаллическую решетку, в узлах которой находятся положительные ионы, а пространство заполнено «электронным газом» и обладающие исключительно восстановительными свойствами.

Существуют различные классификации металлов, например: черные (Fe, Mn), - цветные (Al, Cu, Sn), - благородные (Ag, Au, платиновые и палладиевые группы), редкоземельные, рассеянные, радиоактивные.

Технологическо - экономические основы производства чугуна.

Чугун - сплав железа с углеродом(2-6)%, содержащий вредные примеси серы, фосфора, кремния.

Различают чугуны белые (передельные) - сырье для передела в сталь, серые (литейные) и специальные (ферромарганец - Mn - до 70%, ферросилициум - Si - до 12%) - используются для раскисления стали. Чугун получают в результате доменного процесса. Исходным сырьем служат железная руда (магнитный железняк, красный железняк, бурый железняк), кокс, флюсы. Подготовленные специальным образом к доменному процессу, эти компоненты называются шихтой.

Технологические мероприятия подготовки шихты. Железную руду после добычи измельчают и подвергают обогащению, т.е. отделяют пустую породу от основной. Различают следующие способы обогащения:

– магнитный, основанный на ферромагнитных свойствах основной породы магнитного железняка;

– флотационный, основанный на различной смачиваемости основной и пустой породы водой, в которую добавлено поверхностно-активное вещество (например пенообразователи);

– гравитационный, основанный на различной скорости осаждения основной породы и пустой в воде из-за различия в плотностях.

После обогащения руду подвергают агломерации, т.е. обжигу в присутствии коксовой пыли. В ходе агломерации из руды удаляется большая часть вредных примесей (в виде газообразных и летучих оксидов) и частичное восстановление железа. Спекшийся агломерат дробят на куски около 60 - 80 мм в поперечнике. В случае проведения агломерации в присутствии флюсов получается офлюсованный агломерат. Технологически, для проведения доменного процесса удобен агломерат в виде окатышей.

Кокс - продукт пиролиза (нагрев без доступа воздуха) коксующихся углей, в ходе которого из толщи угля удаляются органические и неорганические соединения, причем в угле образуются поры, что обеспечивает развитую поверхность, необходимую для интенсивного протекания доменного процесса. Образующиеся в ходе коксования коксовые газы являются смесью ценных химических соединений и в дальнейшем используются после разделения. Кокс для использования в доменном процессе дробят на куски 40 - 60 мм в поперечнике. Кокс необходим в доменном процессе как топливо, опосредованный и непосредственный восстановитель, а также науглероживающий компонент.

Флюсы необходимы для удаления вредных примесей. Последние, реагируя с флюсами в ходе доменного процесса, превращаются в нерастворимый в расплавленном чугуне шлак. Флюсы представляют собой минералы - известняк(CaCO_3) и доломит($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) - которые после добычи дробятся на соответствующие куски.

Доменный процесс. Суть доменного процесса заключается в ступенчатом восстановлении железа из его оксидов (основа железной руды), удалении вредных примесей с помощью флюсов и насыщении железа углеродом. Доменный процесс проводят в доменной печи, относящейся к печам шахтного типа высотой до 30м и диаметром ~ 3м. Печь состоит из 5-ти частей, выложена

изнутри огнеупорным кирпичом и обшита в нижней части стальным листом; имеется система водяного охлаждения. Каждая из частей печи, имеет свое специальное назначение и связана друг с другом. Примерное соотношение размеров частей и их технологическое назначение рассматривается на нижерасположенной схеме:

- колошник - служит для порционной загрузки шихты и очистки от пыли доменных газов;

- шахта - в ней происходят основные процессы восстановления железа из его оксидов;

- распар - самая широкая часть печи, в которой самая высокая температура и происходят процессы окончательного восстановления железа и насыщения его углеродом;

- заплечики - в них находятся расположенные по окружности фурмы, через которые вдуваются раскаленный воздух, природный газ и водяные пары;

- горн - в нем скапливаются расплавленные чугун (внизу) и шлак (вверху), которые периодически выпускаются через летки (нижнюю и верхнюю).

Кокс в кислороде воздуха сгорает с выделением большого количества тепла; образующийся углекислый газ (CO_2) реагирует при высоких температурах с коксом (С), давая угарный газ (СО). Последний является хорошим восстановителем и ступенчато превращает оксид железа (руды) в губчатое железо, которое, насыщаясь углеродом, плавится и стекает в горн в виде чугуна. В нижней части шахты и распаре температура настолько высокая, что происходит и прямое восстановление железа углеродом кокса.

Кокс является источником тепла, опосредованным восстановителем, непосредственным восстановителем и науглероживающим компонентом. Так как кокс является самой дорогой частью шихты и затраты на него составляют ~ 50% затрат по сырью, то экономия его - основная часть технологических

мероприятий, связанных с подготовкой шихты и проведением доменного процесса.

Мероприятия, связанные с экономией кокса, как топлива.

Обогащение железной руды. Кокс не тратится на нагрев пустой породы и уменьшаются транспортные затраты;

- вдувание природного газа. Газ, будучи дешевле, сгорает с выделением тепла;

- утилизация тепла. Вдуваемые в доменную печь газовые потоки нагреваются в специальных печах - кауперах, за счет тепла и теплотворной способности доменных газов, которые сжигаются в печах - кауперах.

Мероприятия, связанные с экономией кокса, как восстановителя.

1. Агломерация железной руды. Частичное восстановление железа происходит за счет дешевого коксика - отхода коксового производства. Кроме того, уменьшается потребность во флюсах, что повышает съём чугуна с единицы объема печи.

2. Вдувание природного газа - сгорая, газ образует CO_2 - источник основного восстановителя - CO .

Технологические основы производства стали.

Сталь - железо, с содержанием углерода до 2%, содержащее мало вредных примесей (P, S, Si) с возможным наличием легирующих добавок. В качестве легирующих добавок используются различные элементы, изменяющие свойства стали.

Методы передела чугуна в сталь.

Суть передела чугуна в сталь является в удалении лишнего углерода, удалении вредных примесей и раскислении полученной стали.

Кислородно-конверторный метод передела чугуна в сталь. Кислородный конвертор представляет собой кувшинаобразный сосуд, выложенный изнутри огнеупорным кирпичом, обшитый снаружи стальным листом и способный наклоняться с помощью поворотного механизма. Конвертор имеет летку для

выпуска стали и шлака и горловину, через которую загружают шихту опускают медную водоохлаждаемую фурму для вдувания кислорода. Исходным сырьем служит предельный чугу́н, стальной скрап (металлолом), флюсы.

Перед началом процесса конвертор наклоняют, заливают расплавленный чугу́н, засыпают скрап и флюсы. Затем его переводят в вертикальное положение, опускают фурму и начинают вдувать кислород. Железо чугу́на при температуре плавления реагирует с кислородом (горит), образуя оксид железа с выделением большого количества тепла, которого достаточно для поддержания шихты в расплавленном состоянии. Оксид железа растворяется в шихте и реагирует с избытком углеродом чугу́на, окисляя его до СО. Вредные примеси (S, P) окисляются до оксидов и, реагируя с флюсами, превращаются в нерастворимый в стали шлак. Через 30 - 50 минут дутье кислорода прекращают, фурму поднимают и проводят раскисление, т.е. удаляют образовавшийся избыток FeO, который существенно ухудшает качество стали. Раскисление проводят, добавляя ферромарганец, ферросилициум, а потом - алюминий. В зависимости от технологии раскисления различают сталь «спокойную» и «кипящую». При изготовлении «кипящей» стали, дутье кислорода прекращают раньше, и удаление углерода происходит за счет накопившегося FeO. Выделяющиеся при этом пузырьки СО создают впечатление, что сталь кипит. Раскисление проводят в изложнице, куда добавляют ферросилициум. «Кипящая» сталь дешевле, более пластична и легко поддается механической обработке, однако легко корродирует и не обладает хорошей прочностью. Производительность конвертора достигает 250-350 тонн стали за 30-50 минут.

Мартеновский способ производства стали

Источником тепла служит газ, сжигаемый в печи, в присутствии воздуха, обогащенного кислородом. Для снижения затрат топлива применяется утилизация тепла с помощью регенераторов. Сырьем является чугу́н и стальной

скрап. Окислителем служит железная руда. Данным методом можно как переделывать чугуны в сталь, так и переделывать сталь в другие виды сталей, можно получать также высоколегированные стали. Производительность метода - до 950 тонн стали за 8-16 часов. Мартеновский метод является технологически устаревшим, т.к. строительство печей требует больших капиталовложений, тратится большое количество топлива, а производительность значительно ниже, чем при кислородно-конверторном методе.

Методы передела стали

Передел стали можно производить тремя методами - мартеновским, электро-дуговым и электро-индукционным.

Электро-дуговой метод

Этот метод основан на нагреве и поддержании в расплавленном состоянии шихты за счет тепла электрической дуги, возникающей между угольными электродами и шихтой. Сырьем служит стальной скрап (~90%) и переделанный чугун (~10%). Окислителем служит железная руда. Емкость дуговой печи достигает 200 - 300 тонн. Данным методом можно получать любые виды жаростойкой и легированной стали, за исключением низкоуглеродистой (в системе находится углерод электродов). К недостатку метода относятся высокие затраты электроэнергии на разогрев и расплавление шихты. Для снижения затрат электропечи устанавливают рядом кислородными конверторами и переделу подвергают только - что полученную расплавленную сталь.

Электро-индукционный метод

Этот метод основывается на нагреве и поддержании в расплавленном состоянии шихты внутри тигля, за счет вихревых токов, возникающих в металле шихты, при пропускании тока высокой частоты по медной обмотке индуктора. Данным методом можно получать стали любого заданного состава, однако метод дорог (высокие затраты электроэнергии) и предназначен в основном для получения специальных высоколегированных сталей.

Установленная мощность предприятия $P_{\text{ном}} = 78 \text{ МВт}$, $Q_3 = 30 \text{ МВАр}$

а) активная:

$$P_p = k_c \cdot P_{\text{ном}},$$

где $k_c = 0,5$ – коэффициент спроса.

$$P_p = 0,5 \cdot 78 = 39 \text{ МВт}$$

б) реактивная:

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg}\varphi,$$

где $\text{tg } \varphi = 0,426$

$$Q_p = 39 \cdot 0,426 = 10,14 \text{ МВАр}$$

Определяем общую расчетную нагрузку предприятия

$$S_p = 41,4 \text{ МВА.}$$

2. ОПИСАНИЕ ГЛАВНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПОДСТАНЦИИ

В ЗРУ-110кВ расположенном при здании ГПП, размещено оборудован 110кВ. Между ЗРУ-110кВ и самим зданием ГПП установлены на улице два силовых трансформатора мощностью по 40МВА каждый. Питание ГПП 110/10 кВ осуществляется от ОРУ-110кВ п/ст 220кВ «Краснотурьинская» и от п/ст «БАЗ-500».

От сборных шин 110кВ фидера 17 п/ст Краснотурьинская запитана воздушная ЛЭП-110 кВ первой цепи с наименованием, идущая на оборудование ЗРУ-110 кВ ГПП тр-ра №1 ТРДЦН – 40000/110. От сборных шин фидера 5 п/ст «БАЗ-500» запитана ЛЭП-110 кВ второй цепи с наименованием «Северная2» идущая на оборудование ЗРУ-110 кВ ГПП тр-ра №2 ТРДЦН – 40000/110. Обе воздушные линии до подстанции «Северная» выполнены проводом АСО-240. В качестве молнезащитного троса от прямых ударов молний предусмотрен стальной трос С-50. Длина первой и второй линии составляет 14км. Проходными изоляторами с ЛЭП в ЗРУ- 110кВ и при выходе из ЗРУ-110кВ к трансформатору в стенах являются маслonaполненные вводы типа ГБМЛУ- 110/1000-У1(герметичный, бумажно- масляная внутренняя изоляция, линейный для прохода через стены и перекрытия зданий, допускающий установку от 0 до 90 градусов к вертикали на напряжение 110 кВ, усиленного климатического исполнения). В ЗРУ-110 кВ установлено однотипное оборудование.

Линейный вводной разъединитель типа РНДЗ-110/1000 (разъединитель наружной установки с двойной изоляцией с заземляющими ножами двухстороннего исполнения встроенными блок- контактами КСН для главных ножей и для заземляющих ножей на напряжение 110 кВ, ток 1000А).

Разъединитель поворотный с вращением ножей в горизонтальной плоскости, управляемым ручным рычажным приводом типа ПРН-20, между

разъединителем и заземляющими ножами выполнена механическая блокировка в виде сегментов у привод, не позволяющая включению ЗН при включенном разъединителе и включению разъединителя при включенном ЗН.

Отделитель ОДЗ-110/630 (отделитель с двойной изоляцией с одними заземляющими ножами в сторону трансформатора с блок контактами КСА). По конструкции токоведущих частей не отличается от разъединителя. Основное назначение - быстрое отключение поврежденного участка в бестоковую паузу, когда прохождение тока короткого замыкания прервано отключением выключателя.

Разрядники типа РВС-110М (разрядник вентильный, стационарный, номинальное напряжение 110 кВ), установленные на каждой фазе, предназначенные для ограничения перенапряжений атмосферных и коммутационных.

Между трансформаторами на стороне 110 кВ выполнена перемычка посредством двух разъединителей типа РНДЗ-1-110/1000 с заземляющими ножами одностороннего исполнения. Запараллеливание питающих линий, включение шунтирующей перемычки, запрещается.

Силовые трансформаторы №1,2 мощностью 40МВА каждый установлены на открытом воздухе. Тип трансформатора ТРДЦ (трансформатор трехфазный с расщепленными обмотками на стороне низкого напряжения, дутьевым охлаждением, с принудительной циркуляцией, с регулированием напряжения под нагрузкой).

Включение и отключение холостого хода трансформаторов разъединителями и отделителями запрещается, если напряжение с линии не снято.

В нейтрали трансформатора на стороне 110 кВ установлен разрядник типа РВС и параллельно однополюсный заземлитель наружной установки типа ЗОН-110/400.

По указанию Свердловэнерго глухое заземление нейтрали трансформаторов запрещается.

Трансформаторы тока на стороне 110 кВ встроены в силовой трансформатор.

От трансформатора до реакторов на стороне 10 кВ выполнен шинный мост. Где установлены разрядники типа РВП-10.

Реакторы типа РБГ-10-2500 (реактор бетонный горизонтальной установки на напряжение 10 кВ, номинальный ток 2500А.), установлены в специальных камерах здания ГПП. Предназначенные для ограничения токов короткого замыкания на отходящих от шин 10 кВ фидерах, для поддержания напряжения на шинах при повреждении за реактором.

Произведен выбор оборудования подлежащего замене, так как данное оборудование морально устарело и потеряло свои функциональные свойства.

Перечень электрооборудования подлежащего замене в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень электрооборудования, подлежащего замене

Наименование	Тип электрооборудования	Год установки
Выключатель 110кВ место установки ЗРУ-110кВ.	ГБМЛУ-110-8	1976 г
Разъединитель на стороне 110кВ место установки ЗРУ-110кВ	РНДЗ-2-110/1000	1977 г
Трансформаторы тока место установки ЗРУ-110кВ	ТРДЦ-110Б-У1	1977 г
Трансформаторы тока со стороны 10кВ место установки п/ст “Северная”	ТПШЛ-10	1976 г
Выключатель со стороны 10кВ место установки п/ст “Северная”	ВМПЭ-10	1976 г

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Определение мощности двух трансформаторов ГПП

При установке на главной понизительной подстанции (ГПП) двух трансформаторов номинальную мощность каждого из них определяют по условию $S_{HT} \geq S_p / n \cdot \beta_{T1}$:

$$S_{HT} = 41.4 / 2 \cdot 0,55 = 37,5 \text{ МВА.}$$

В аварийных условиях оставшийся в работе трансформатор должен быть проверен на допустимую перегрузку с учетом возможного отключения потребителей III категории надежности.

Определим мощность двух трансформаторов подстанции. Принимаем к установке два трансформатора по 40 МВА.

3.2 Выбор рациональной мощности трансформаторов

Выбор рациональной мощности трансформаторов производится на основании технико-экономического расчета с учетом размеров капиталовложений, расхода цветного металла, потерь электроэнергии и эксплуатационных расходов.

Выберем рациональную мощность трансформаторов подстанции. Проведем технико-экономический расчет вариантов мощности трансформаторов:

$$S_1 = 25 \text{ МВА}, S_2 = 40 \text{ МВА}, S_3 = 63 \text{ МВА.}$$

Определим стоимость трансформаторов по справочнику:

$$S_{тр} = 25 \text{ МВА: } K_1 = 6230000 \text{ тыс. руб.};$$

$$S_{тр} = 40 \text{ МВА: } K_2 = 6843000 \text{ тыс.руб.};$$

$$S_{тр} = 63 \text{ МВА: } K_3 = 7851000 \text{ тыс.руб.}$$

Определяем потери активной мощности в трансформаторах:

$$\Delta W_{aT} = \Delta P_0 \cdot T_{вк} + (S_p / S_{HT} \cdot n)^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau_{max},$$

где $T_{вк} = 8760 \text{ ч}$ – время включения трансформаторов в году.

Определяем потери мощности в трансформаторах и заносим данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Потери мощности в трансформаторах

Тип тр-ра	Потери х./х. $\Delta P_{01,2,3}$ (кВт)	Потери к./з. $\Delta P_{к1,2,3}$ (кВт)	Цена тр-ра (тыс. руб.)
ТДТН-25000/110	50	245	6230000
ТДТН-40000/110	27	141	6843000
ТДТН-63000/110	70	265	7851000

$$\Delta W_{a_{т1}} = 50 \cdot 8760 + (43,5 / 25 \cdot 2)^2 \cdot 245 \cdot 1726,9 = 758237 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_{a_{т2}} = 27 \cdot 8760 + (43,5 / 40 \cdot 2)^2 \cdot 141 \cdot 1726,9 = 308512 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$\Delta W_{a_{т3}} = 70 \cdot 8760 + (43,5 / 63 \cdot 2)^2 \cdot 265 \cdot 1726,9 = 667744 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Суммарные потери активной электроэнергии:

$$\Delta W_a = \Delta W_{a_{т}}.$$

Стоимость потерь:

$$И = C_0 \cdot \Delta W_a,$$

где C_0 - стоимость одного кВт · ч 4,4 руб;

$$И_1 = 4,4 \cdot 758237 = 3336242 \text{ руб};$$

$$И_2 = 4,4 \cdot 308512 = 1357452 \text{ руб};$$

$$И_3 = 4,4 \cdot 667744 = 2938073 \text{ руб}.$$

Стоимость амортизационных отчислений

$$И_a = \alpha_a \cdot K_I / 100,$$

где $\alpha_a = 6,3\%$ - отчисления на амортизацию;

K_I – капитальные вложения, тыс.руб;

$$И_{a1} = 6,3 \cdot 6230000 / 100 = 392490 \text{ тыс. руб};$$

$$И_{a2} = 6,3 \cdot 6843000 / 100 = 431109 \text{ тыс. руб};$$

$$И_{a3} = 6,3 \cdot 7851000 / 100 = 494613 \text{ тыс. руб}.$$

$$K_I = K_{тр},$$

где $k_{п}$ – коэф. пересчета в современные цены.

$$K_{п1} = 6230000 \text{ тыс. руб};$$

$$K_{I2} = 6843000 \text{ тыс. руб.};$$

$$K_{I3} = 7851000 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость суммарных эксплуатационных расходов:

$$I_I = I + I_a,$$

$$I_{I1} = 3336242 + 392490 = 3728732 \text{ тыс. руб.};$$

$$I_{I2} = 1357452 + 431109 = 1788561 \text{ тыс. руб.};$$

$$I_{I3} = 2938073 + 494613 = 3432686 \text{ тыс. руб.}$$

Приведенные затраты:

$$Z = E_n \cdot K_I + I_I,$$

где $E_n = 0,12$ – нормативный коэффициент капитальных вложений;

$$Z_1 = 0,12 \cdot 6230000 + 3728732 = 4476332 \text{ тыс. руб.};$$

$$Z_2 = 0,12 \cdot 6843000 + 1788561 = 2609721 \text{ тыс. руб.};$$

$$Z_3 = 0,12 \cdot 7851000 + 3432686 = 4374806 \text{ тыс. руб.}$$

Строим функцию $Z = f(S_{тр})$ по методу Лагранжа, представленную на рисунке 1. По оси x мощности трансформаторов $S_{тр}$.

Z , тыс. руб.

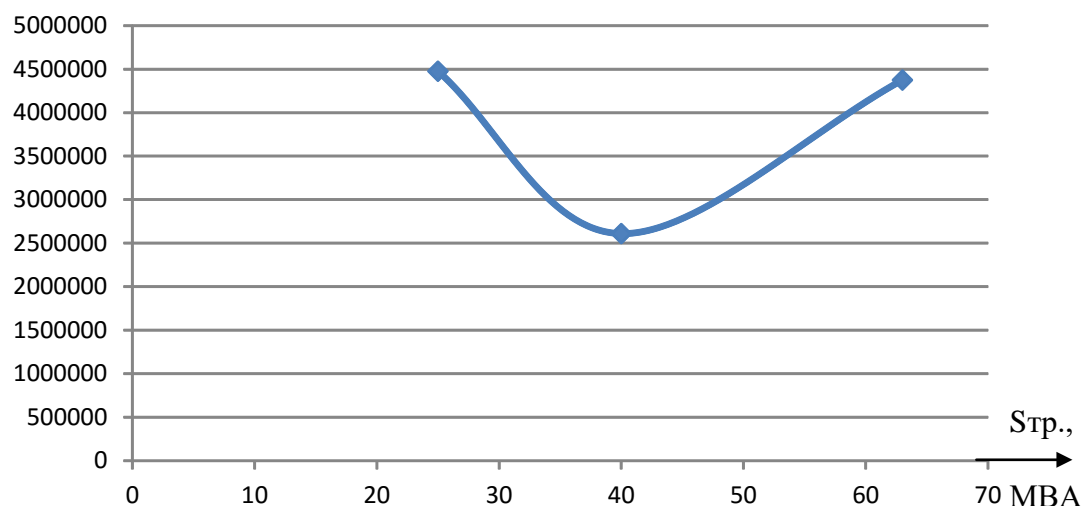


Рисунок 1 - Функция $Z = f(S_{тр})$

Определяем рациональную мощность на осях координат и откладываем следующие координаты:

$$x_1 = 25 \text{ МВА}; x_2 = 40 \text{ МВА}; x_3 = 63 \text{ МВА кВ};$$

$$y_1 = 4476332 \text{ тыс. руб.}; y_2 = 2609721 \text{ тыс. руб.}; y_3 = 4374806 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитываем:

$$\beta = [y_1 \cdot (x_2 + x_3) / (x_1 - x_2) \cdot (x_1 - x_3)] + \\ + [y_2 \cdot (x_1 + x_3) / (x_2 - x_1) \cdot (x_2 - x_3)] + [y_3 \cdot (x_1 + x_2) / (x_3 - x_1) \cdot (x_3 - x_2)]; \\ \beta = [(4476332 \cdot (40 + 63)) / ((25 - 40) \cdot (25 - 63))] + [(2609721 \cdot (25 + 63)) / ((40 - 25) \cdot (40 - 63))] + [(4374806 \cdot (25 + 40)) / ((63 - 25) \cdot (63 - 40))] = 468570,51;$$

$$\alpha = 2 \cdot [(y_1 / (x_1 - x_2) \cdot (x_1 - x_3)) + (y_2 / (x_2 - x_1) \cdot (x_2 - x_3)) + \\ + (y_3 / (x_3 - x_1) \cdot (x_3 - x_2))] \\ \alpha = 2 \cdot [4476332 / ((25 - 40) \cdot (25 - 63)) + (2609721 / ((40 - 25) \cdot (40 - 63)) + \\ (4374806 / ((63 - 25) \cdot (63 - 40)))] = 10588,6$$

$$S_{\text{рац}} = \beta / \alpha,$$

$$S_{\text{рац}} = 468570,51 / 10588,6 = 44 \text{ МВА.}$$

Определяем приведенные затраты, соответствующие нестандартной мощности $S_{\text{рац}}$. Для этого решим квадратное уравнение:

$$Z = a \cdot U^2 + b \cdot U + c.$$

Запишем систему уравнений:

$$4476332 = a \cdot 25^2 + b \cdot 25 + c;$$

$$2609721 = a \cdot 40^2 + b \cdot 40 + c;$$

$$4374806 = a \cdot 63^2 + b \cdot 63 + c.$$

Решаем систему через матрицы:

$$\begin{cases} 4476332 = a \cdot 25^2 + b \cdot 25 + c \\ 2609721 = a \cdot 40^2 + b \cdot 40 + c \\ 4374806 = a \cdot 63^2 + b \cdot 63 + c \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 25^2 & 25 & 1 \\ 40^2 & 40 & 1 \\ 63^2 & 63 & 1 \end{vmatrix} = -13110,$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \zeta_1 & 25 & 1 \\ \zeta_2 & 40 & 1 \\ \zeta_3 & 63 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4476332 & 25 & 1 \\ 2609721 & 40 & 1 \\ 4374806 & 63 & 1 \end{vmatrix} = -69408328,$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 25^2 & \zeta_1 & 1 \\ 40^2 & \zeta_2 & 1 \\ 63^2 & \zeta_3 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 25^2 & 4476332 & 1 \\ 40^2 & 2609721 & 1 \\ 63^2 & 4374806 & 1 \end{vmatrix} = 6142959385,$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 25^2 & 25 & \zeta_1 \\ 40^2 & 40 & \zeta_2 \\ 63^2 & 63 & \zeta_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 25^2 & 25 & 4476332 \\ 40^2 & 40 & 2609721 \\ 63^2 & 63 & 4374806 \end{vmatrix} = -168878490695.$$

$$\dot{a} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-69408328}{-13110} = 5294,31;$$

$$b = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{6142959385}{-13110} = -468570,51;$$

$$\tilde{n} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-168878490695}{-13110} = 12881654,52.$$

При $S_{\text{рац}} = 44$ МВА ежегодные приведенные затраты составят:

$$Z = 5294,31 \cdot 44^2 + (-468570,51) \cdot 44 + 12881654,52 = 2514336,32 \text{ тыс. руб.}$$

Мощность 40 МВА оптимальная для подстанции.

4. РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Составляем расчетную схему подстанции, на которой проставляем все исходные данные, а также данные, необходимые для расчета, представленную на рисунке 2.

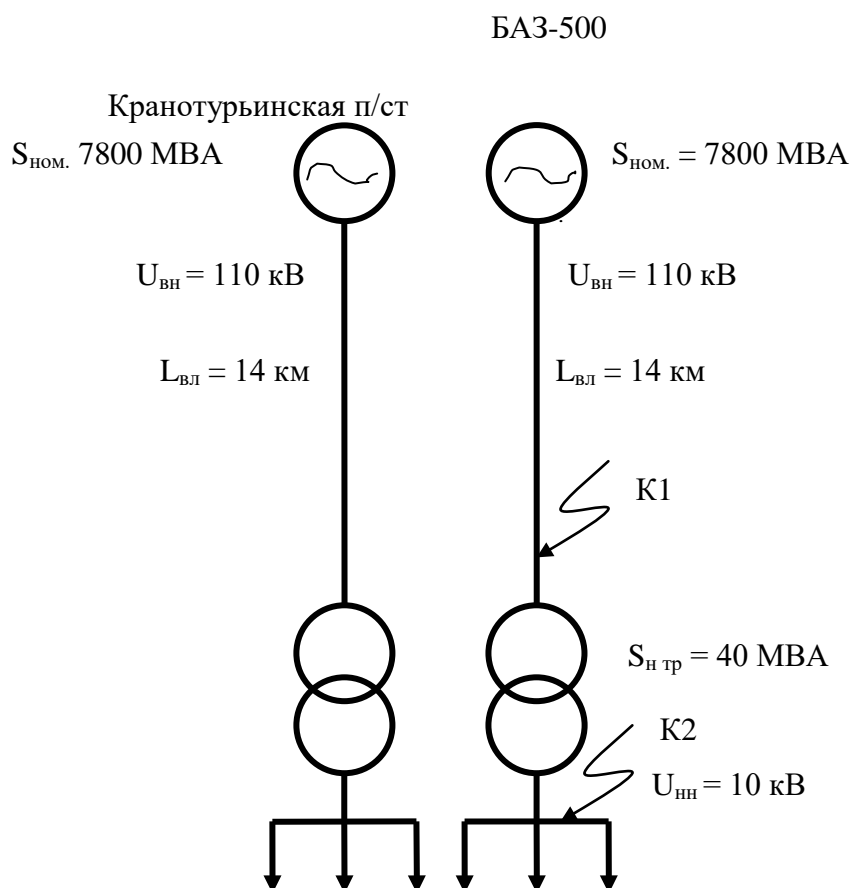


Рисунок 2 - Расчетная схема подстанции

Определим ток короткого замыкания в точках К1 и К2, (рисунок 3).
Питание потребителей осуществляется от системы бесконечной мощности.

Расчет выполним в базисных единицах.

Составляем схему замещения для каждой точки КЗ, на которой отмечаем индуктивные сопротивления элементов в электрической цепи. Активное сопротивление допускается не учитывать в электроустановках выше 1000 В.

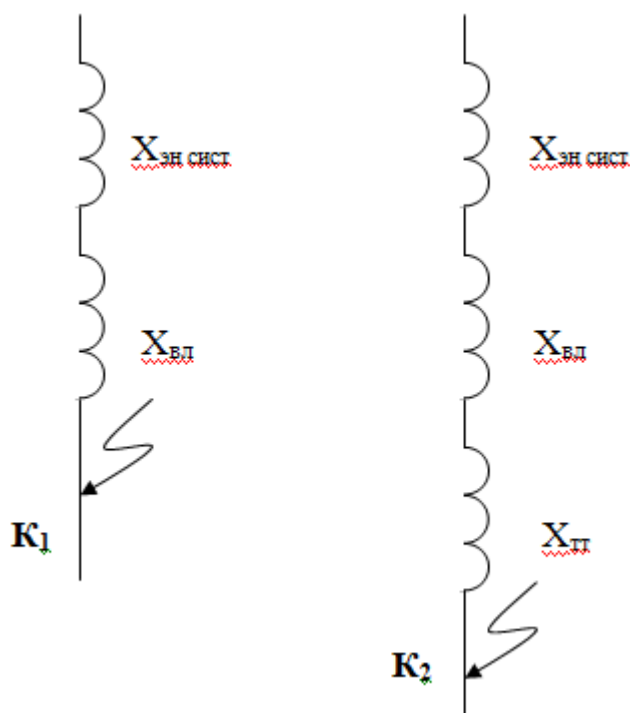


Рисунок 3 - Схема замещения подстанции.

Задаемся базисной мощностью и базисным напряжением.

$$S_{\delta} = S_{\text{ном}} = 7800 \text{ МВА.}$$

За базисное напряжение принимаем напряжение той ступени, где находится точка короткого замыкания.

$$U_{\delta 1} = 110 \text{ кВ}; U_{\delta 2} = 10 \text{ кВ.}$$

Определяем сопротивление всех элементов схемы замещения:

$$X_{\text{Л}^*} = x_0 \cdot L \cdot S_{\delta} / U_{\text{ном}}^2,$$

$$X_{\text{Л}} = 0,427 \cdot 14 \cdot 7800 / 110^2 = 3,85.$$

$$X_{\text{ТТ}^*} = S_{\delta} / S_{\text{ТТ}} \cdot (u_{\text{кз}\%} / 100),$$

где $S_{\text{ТТ}} = 40 \text{ МВА}$ – номинальная мощность трансформатора (задано);

$$X_{\text{ТТ}^*} = 7800 / 40 \cdot (11 / 100) = 22.$$

Определяем результирующее сопротивление.

Первая схема замещения:

$$X_{\text{рез1}} = X_{\text{эс}^*} + X_{\text{Л}^*},$$

$$X_{\text{рез1}} = 3,85 + 0,3 = 4,15.$$

Вторая схема замещения:

$$X_{\text{рез2}} = X_{\text{эс}^*} + X_{\text{Л}^*} + X_{\text{тр}^*},$$

$$X_{\text{рез2}} = 03,95 + 0,3 + 22 = 26,25.$$

Определяем периодическую составляющую тока короткого замыкания.

$$I_{\text{б1}} = S_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{б1}}$$

$$I_{\text{б1}} = 7800 / \sqrt{3} \cdot 110 = 42,04 \text{ кА};$$

$$I_1'' = I_{\text{б1}} / X_{\text{рез1}}$$

$$I_1'' = 42,04 / 4,25 = 9,89 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б2}} = S_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{б2}}$$

$$I_{\text{б2}} = 7800 / \sqrt{3} \cdot 10 = 462,43 \text{ кА}$$

$$I_2'' = I_{\text{б2}} / X_{\text{рез2}}$$

$$I_2'' = 462,43 / 26,25 = 17,61 \text{ кА}$$

Определим ударный ток КЗ.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I''$$

где $k_{\text{уд1}} = 1,717$ – ударный коэффициент за ВЛ 110 кВ, зависит от места точки КЗ в схеме;

$k_{\text{уд2}} = 1,369$ – ударный коэффициент для распределяющей сети 6 – 10 кВ;

$$i_{\text{уд1}} = 1,41 \cdot 1,717 \cdot 9,89 = 23,93 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд2}} = 1,41 \cdot 1,369 \cdot 17,61 = 34 \text{ кА}.$$

5. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОДСТАНЦИИ

5.1 Выбор оборудования напряжением 110 кВ

Выберем разъединитель, трансформатор тока на стороне 110 кВ ГПП, если определены по расчету на стороне высокого напряжения $I_{п0} = I'' = 9,89$ кА; $i_{уд} = 23,93$ кА. Мощность трансформатора Т составляет 40 МВА.

Рассчитаем максимальный длительный ток:

$$I_{max} = (1,3 \div 1,4) \cdot S_{ном. тр} \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot U_{ном}),$$

$$I_{max1} = 1,4 \cdot 40 \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot 110) = 294,3 \text{ А};$$

$$I_{max2} = 1,4 \cdot 40 \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot 10) = 3237 \text{ А}.$$

Определим тепловой импульс тока короткого замыкания:

$$W_k = I''^2 \cdot (t_{откл.} + T_a),$$

$$W_{k1} = 9,89^2 \cdot (1,32 + 0,03) = 131,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$W_{k2} = 17,61^2 \cdot (1,32 + 0,03) = 418,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Рассмотрим два типа выключателя. Выбираем тот выключатель у которого наименьшее количество затрат включая затраты на монтаж. Наименьшее количество затрат по выключателю, так как он наиболее дешевле выключателя типа и по габаритам более подходит для монтажа в ЗРУ и меньше затрат на обучение персонала обслуживать данный выключатель. Выбираем выключатель ВГТ-110.

Выбираем разъединитель из сравнительной таблицы 4.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика разъединителей

Расчетные данные	Параметр	РДЗ-110Б/1250Н.УХЛ1	РНД-110/1000 У1
$U_{уст} = 110$ кВ	Номинальное напряжение, кВ	110	110
$I_{max1} = 294,3$ А	Номинальный ток, А	1250	1000
$I_{уд} = 23,93$ кА	Предельный сквозной ток, кА	80	80
–	Вес масла, кг	263	248
–	Цена, руб.	23879	24889

Выбираем разъединитель РДЗ-110Б/1250Н.УХЛ1, так как номинальный ток у него выше чем у разъединителя РНД–110/1000 У1 и цена ниже.

Выбираем трансформатор тока, из представленных в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика трансформаторов тока

Расчетные данные	Параметр	ТФЗМ 110Б –IU1	ТОГ-110кВ
$U_{уст} = 110\text{кВ}$	Номинальное напряжение, кВ	110	110
$U_{уст} = 110\text{кВ}$	Наибольшее рабочее напряжение $U_{НР}$, кВ	128	126
$I_{max1} = 294,3\text{А}$	Номинальный ток протекания, А	600	600
$I_{уд} = 23,93\text{кА}$	Ток динамической стойкости $I_{Д}$, кА	126	126
–	Цена, руб.	25970	29890

Выбираем трансформатор тока ТФЗМ 110Б –IU1, так как технические данные у него выше, а экономические показатели ниже.

5.2 Выбор оборудования 10 кВ

Из таблицы 6 выбираем выключатель.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика выключателей

Расчетные данные	Параметр	ВМП-10-4000-45У3	ВМПЭ-10
$U_{уст} = 10\text{кВ}$	Номинальное напряжение, кВ	10	10
$I_{max1} = 3237\text{А}$	Номинальный ток, А	4000	Макс. 4000
$I_{уд} = 34\text{кА}$	Ток динамической стойкости, кА	45	40
–	Габариты, м	1,25x0,8	1,05x0,7
–	Цена, руб.	30450	29890

Выбираем выключатель ВМП-10, так как технические характеристики удовлетворяют расчетным, и цена приемлема по отношению к выключателю типа МГТ-10-4000-45У3, габариты полностью удовлетворяют габаритам КРУ, представленного на рисунке 4.

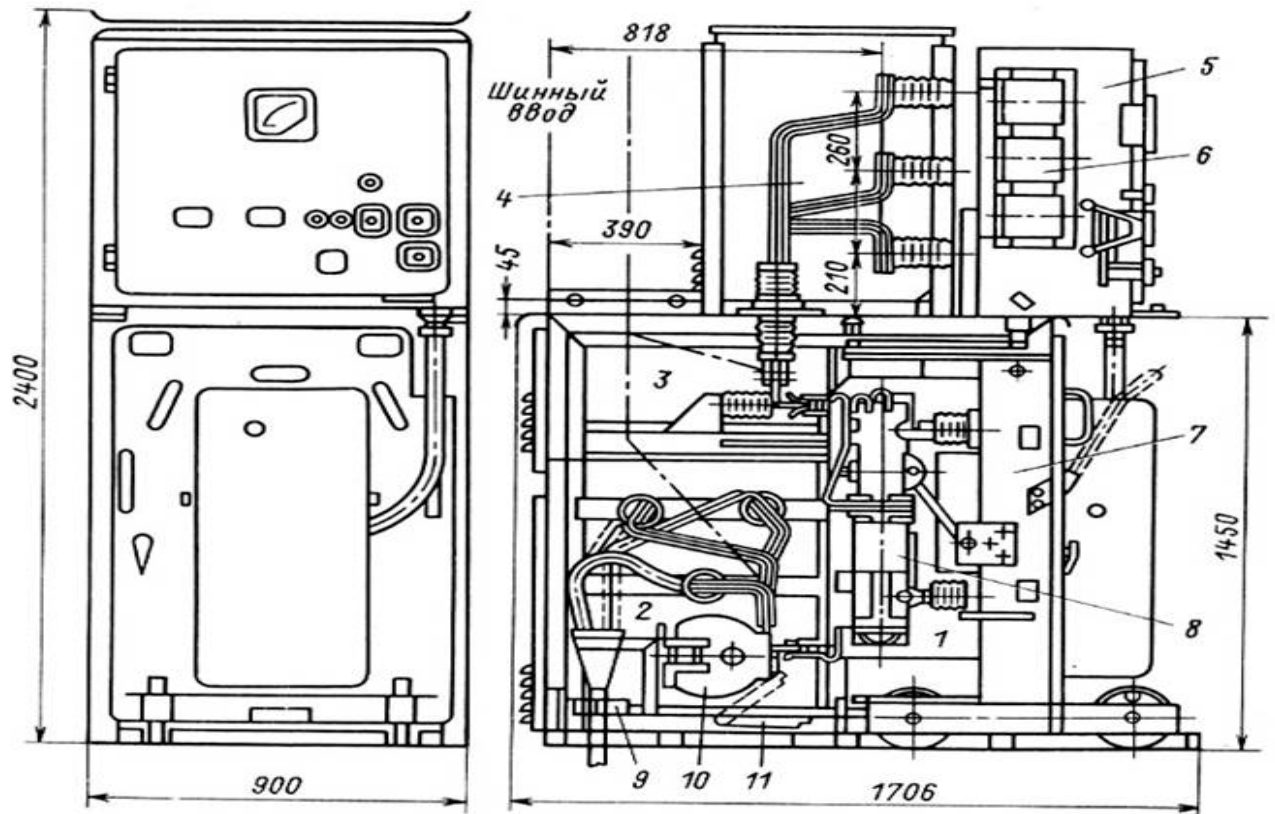


Рисунок 4 - - Шкаф КРУ серии К-ХП с выключателем ВМП-10:

1 - отсек выкатного элемента; 2 - отсек трансформаторов тока и кабельного ввода; 3 - отсек шинных разъединяющих контактов; 4 - отсек сборных шин; 5 - приборный шкаф; 6 - релейный отсек; 7 - тележка; 8 - выключатель; 9 - трансформатор тока нулевой последовательности; 10 - трансформатор тока; 11 - стационарный заземлитель

Выбираем один из трансформаторов тока, представленных в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительная характеристика трансформаторов тока

Расчетные данные	Параметр	ТШЛ-10	ТПЛ-10
$U_{уст} = 10\text{кВ}$	Номинальное напряжение, кВ	10	10
$I_{max1} = 3237\text{А}$	Номинальный ток, А	4000	4000
–	Цена, руб.	18860	20050

Выбираем трансформатор тока ТПЛ-10, так как он соответствует расчетным характеристикам и комплектации КРУ.

6. РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ

При расчете заземляющего устройства определяются тип заземлителя, их количество и место размещения, а также сечение заземляющих проводников. Этот расчет проводится для ожидаемого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с требованиями ПУЭ.

Рассчитаем заземляющее устройство ГПП предприятия напряжением 110/10 кВ, на 10 кВ сеть с изолированной нейтралью.

Сопротивление естественного заземления $R_e = 0$ Ом. Грунт – чернозем.

Определим сопротивление заземляющего устройства на высокой и низкой стороне подстанции.

Поскольку заземление выполняется только для установок с напряжением свыше 1000 В, то

$$R_z < \frac{250}{I_z},$$

где I_z - полный ток замыкания на землю, но не более 10 Ом для U 6-10кВ,

$$R_z < \frac{250}{I_{зВН}} < \frac{250}{I_{зНН}}; R_{зВН} = \frac{250}{6} = 41,7 \text{ Ом}; R_{зНН} = \frac{250}{16} = 15,6 \text{ Ом}.$$

Наименьшее значение сопротивления заземления составляет 15,6 Ом, которое больше 10 Ом. Принимаем $R_z = 10$ Ом.

Так как $R_e = 0$, то сопротивление искусственного заземления:

$$R_{и} = R_z = 10 \text{ Ом}.$$

Выбираем форму и размеры электродов, из которых будет сооружаться групповой заземлитель.

В качестве вертикальных электродов выбираем прутки длиной 5 м диаметром 16 мм. Эти заземлители наиболее устойчивы к коррозии и долговечны. Кроме того, их применение приводит к экономии металла. Прутки погружаем в грунт на глубину 0,7 м с помощью электрозаглубителей. В качестве горизонтальных электродов применяем

полосовую сталь сечением 5x40 мм. Во избежание нарушения контакта при возможных усадках грунта укладываем её на ребро. Соединение горизонтальных и вертикальных электродов осуществляем сваркой.

Определим расчётное удельное сопротивление грунта отдельно для горизонтальных и вертикальных электродов с учётом повышающих коэффициентов $k_{сез}$, учитывающих высыхание грунта летом и промерзание его зимой.

Расчётное удельное сопротивление грунта для электродов:

$$\rho_{расч.} = k_{сез} \cdot \rho,$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, для чернозема $\rho = 20 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ [1];

$k_{сез}$ – коэффициент сезонности, учитывающий высыхание грунта летом и промерзание его зимой.

Расчётное удельное сопротивление грунта для вертикальных электродов:

$$\rho_{расч.верт} = k_{с.в} \cdot \rho = 1,3 \cdot 20 = 26 \text{ Ом}\cdot\text{м},$$

где $k_{с.в} = 1,3$ – коэффициент сезонности для вертикальных электродов и климатической зоны 2 согласно [3];

Расчётное удельное сопротивление грунта для горизонтальных электродов:

$$\rho_{расч.гор.} = k_{с.г} \cdot \rho = 3 \cdot 20 = 60 \text{ Ом}\cdot\text{м},$$

где $k_{с.г} = 3$ – коэффициент сезонности для горизонтальных электродов и климатической зоны 2 согласно [3];

Находим ориентировочное число вертикальных электродов:

$$n_{ор} = \frac{\rho_{расч.верт}}{R_{н}} = \frac{26}{10} = 2,6 \text{ шт.}$$

Длина полосы соединяющей три заземлителя равна:

$$P = 5 \cdot 2 = 10 \text{ м.}$$

Среднее значение расстояния между электродами:

$$a = P/n_{ор} = 10/2,6 = 3,8 \text{ м.}$$

Так как максимальное допустимое расстояние между заземлителями 5 м, то ориентировочное число вертикальных электродов должно быть не меньше:

$$n_{\text{ор}} = 10/5 = 2 \text{ шт}, \text{ и } a = 5 \text{ м.}$$

Уточненное число электродов:

$$n = \frac{n_{\text{ор}}}{\eta_{\text{в}}} = 2/0,45 = 5 \text{ шт},$$

где $\eta_{\text{в}}$ - коэффициент использования вертикальных электродов.

Для выбора $\eta_{\text{в}}$ необходимо определить отношение a/l , где l – длина заземляющего вертикального электрода, a – расстояние между этими электродами. $a/l = 5/5 = 1$. По [1] Приложение, таблица П.8 $\eta_{\text{в}}$ для 65 электродов принимаем равным 0,45.

Определяем сопротивление растеканию тока одного вертикального электрода:

$$R_{\text{верт}} = \frac{\rho_{\text{расч.верт}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{26}{2 \cdot \pi \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{14 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 5,78 \text{ Ом}$$

где l - длина вертикального электрода, $l = 5 \text{ м}$;

d - диаметр электрода, $d = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

t - расстояние от поверхности грунта до середины электрода, $t = 3,2 \text{ м}$;

Определяем сопротивление растеканию тока полосы горизонтального электрода:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч}}}{10} \cdot \lg \frac{2l^2}{bt} = \frac{(0,366 \cdot 60)}{10} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot 10^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} \right) = 6,25 \text{ Ом},$$

где l - длина горизонтального электрода, $l = 10 \text{ м}$;

t - глубина заложения горизонтального электрода, $t = 0,7 \text{ м}$;

d_3 - эквивалентный диаметр горизонтального электрода, $d_3 = 0,5 \cdot b = 0,02 \text{ м}$.

Определяем сопротивление контура из 5 горизонтальных электродов

$$R_{\Gamma} = \frac{R_{\text{гор}}}{\eta_{\Gamma}} = 6,25/0,65 = 9,61 \text{ Ом},$$

где η_{Γ} – коэффициент использования горизонтальных электродов.

Для выбора η_z необходимо определить отношение a/l , где l – длина заземляющего вертикального электрода, a – расстояние между этими электродами. $a/l = 5/5 = 1$. По [3] η_z для 5 электродов принимаем равным 0,67

Определяем необходимое сопротивление растеканию вертикальных электродов с учетом проводимости горизонтальных соединительных электродов $R'_n = 9,61$ Ом.

Окончательно уточненное число вертикальных электродов:

$$n = \frac{P_{\text{расч.всрг}}}{R'_n \cdot \eta_z} = 26/9,61 \cdot 0,45 = 6 \text{ шт.}$$

7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1 Анализ влияния главной понизительной подстанции на окружающую среду

Проектируемая подстанция предназначена для получения и передачи электрической энергии потребителям посредством воздушных и кабельных линий электропередач. Основным оборудованием подстанции являются два силовых трансформатора номинальной мощности 40 МВА.

Проектируемая подстанция располагается в промышленной зоне города, то есть, непосредственного контакта с жилой зоной города нет, но окружающая среда является загрязненной из-за контакта с промышленной зоной.

В общем виде образующиеся при работе подстанции загрязнения классифицируются как:

- материальные – жидкие вещества и твердые отходы (провода, кабели, изоляторы);
- энергетические - шум, электромагнитное поле.

Схема образования отходов, образующихся при работе подстанции, приведена на рисунке 8.



Рисунок 11 - Схема потребления ресурсов и образования отходов при работе подстанции

Материальные отходы: в оборудовании подстанции используется трансформаторное масло, промасленная ветошь, кабели, провода, силикагель.

Токсичность масла обусловлена содержанием в нем полихлорбифенилов, являющихся канцерогенными соединениями, которые попадая в почву передаются животным и насекомым. Предельно допустимая концентрация полихлорбифенилов в воде составляет 0,001 мг/л.

Энергетические отходы:

– шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности неблагоприятно действующих на организм человека. Длительное воздействие шума неблагоприятно для человека, так как снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, снижается внимание. Особенно вредно шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы;

– нормирование шума и защита от него было рассмотрено в разделе БЖД.

Среди последствий для здоровья человека даже относительно низкого уровня электромагнитного излучения специалисты называют, в основном, сердечнососудистые заболевания.

Электрические и магнитные поля нормируются для населения и эксплуатационного персонала, обслуживающего электроустановки, ГОСТ 12.1.002–84 ССБТ [6] и СанПиН 2.2.4.1191-03 [19] (таблица 8).

Таблица 8 – Санитарно-гигиенические нормы

Загрязнение	Нормы
Электрическое поле	до 5 В/м
Магнитное поле	до 8 А/м

Таким образом, при анализе влияния главной понижающей подстанции были выявлены вредные факторы, влияющие на окружающую среду

и требующие обязательной минимизации или устранения путем модернизации производства.

7.2 Пути экологизации

В ходе работы предусмотрено использование изделий (кабель, электроустановочные изделия, вспомогательная аппаратура и т.д.) из экологически чистых и сертифицированных материалов.

Проектируемая подстанция является экологически безопасным объектом по следующим причинам:

- отсутствие вредных выбросов в окружающую среду;
- отсутствие отходов производства;
- не требуется защита от шума, так как подстанция находится в промышленной зоне и нет поблизости жилой застройки;
- использованное трансформаторное масло собирается (при этом исключается его попадание в сточные воды и на почву) и отправляется на дальнейшую переработку;
- невозможность затопления подстанции при половодье рек, из-за далекого расположения от них;
- промасленную ветошь, кабели, провода утилизировать путем сбыта в специализированные предприятия;
- кроме того, на проектируемой подстанции предусмотрено ее озеленение для защиты грунта, то есть посев многолетних трав, а также организация стока поверхностных вод весной при таянии снега.

При проектировании подстанции учтены факторы окружающей среды.

Таким образом, в результате проведенных мер проект можно считать экологичным.

8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.1 Краткая характеристика проектируемого объекта

Проектируемая подстанция предназначена для получения и передачи электрической энергии потребителям посредством воздушных и кабельных линий электропередач. Основным оборудованием подстанции являются два силовых трансформатора номинальной мощности 40 МВА. На подстанции используются напряжения 110 кВ, 10кВ, 380 В и 220 В. Значительную часть подстанции занимает открытое распределительное устройство (ОРУ) напряжением 110 кВ. Оборудование напряжением 10 кВ располагается в закрытом распределительном устройстве (ЗРУ), содержащем ячейки КРУ, представленные шкафами серии КМ-1.

Проектируемая подстанция располагается в промышленной зоне города, то есть непосредственного контакта с жилой зоной города нет, но окружающая среда является загрязненной из-за контакта с промышленной зоной.

8.2 Вредные и опасные факторы на подстанции

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Нормирование шума производится по комплексу показателей с учётом их гигиенической значимости на основании СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [16].

Органы слуха человека воспринимают звуковые волны с частотой от 16 до 20 000 Гц. Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20 000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм.

Источниками шума на проектируемой подстанции являются работающие трансформаторы.

Согласно СН 562-96 [20] уровень звука на месте дежурного не должен превышать 60 дБ, что соответствует рабочему месту оперативного персонала на подстанции. Для снижения шума на производственных объектах его уровень ослабляют в самих источниках. Согласно СН 562-96 [32] предусматривают защиту от шума строительными методами (звукоизоляция ограждающих конструкций, звукоизоляционная облицовка). В нашем случае роль звукопоглотителя выполняют стены ОПУ на подстанции.

Основным прибором для измерения шума является шумомер. Измерение шума производят на уровне уха работающего при включении не менее 2/3 установленного оборудования.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83[11] ССБТ по характеру частотного спектра шумы следует разделять на широкополосные и тональные. Широкополосный шум характеризуется непрерывным частотным спектром состоящим из отдельных тонов (шум от нагруженного трансформатора) шириной более одной октавы.

Уровень шума не превышает допустимых норм, согласно СН 562-96 [20].

Микроклимат. Влажность имеет немаловажную роль в микроклимате рабочих помещений (на подстанции это ОПУ), также как и температура помещений. Влажность воздуха оказывает значительное влияние на терморегуляцию организма человека. Высокая относительная влажность при высокой температуре способствует перегреванию организма. При низкой температуре воздуха повышенная влажность воздуха усиливает теплоотдачу с поверхности кожи и способствует переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей работающего. Согласно СН 562-96 [21] (СанПиН 2.2.548-96 ОП относится к категории Пб. К категории Пб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением). Температура воздуха на постоянных рабочих местах должна быть в пределах 20-25 °С, влажность не более 75%.

Температура воздуха определяется метеорологическими условиями. Согласно СН 562-96 [31], для поддержания нужной температуры воздуха в помещении на подстанции используют кондиционеры (летом) и электроотопление (зимой). На рабочем месте дежурного персонала не находится никакого оборудования, работа которого сопровождается выделением тепла или повышает влажность воздуха.

На подстанции возможны работы по обслуживанию ОРУ-110 кВ в холодное время года. При производстве наружных работ необходимо устраивать перерывы для согревания при $t_{\text{возд}} = -(10-15) \text{ }^{\circ}\text{C}$ с ветром от 2 м/с до 5 м/с, при $t_{\text{возд}} = -(15-20) \text{ }^{\circ}\text{C}$ с ветром от 2 м/с и при $t_{\text{возд}} \geq -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ с относительным штилем.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха применяют психрометры.

Вентиляция. На подстанции используется естественная вентиляция. Помещение относится к категории В-1

По СН 562-96 [27] естественная вентиляция осуществляется за счет разности температур в помещении и наружного воздуха (тепловой напор) или действия ветра (ветровой напор) Естественный воздухообмен осуществляется через окна, световые фонари с использованием теплового и ветрового напоров. Основной недостаток – приточный воздух вводится в помещение без предварительной очистки и подогрева.

Освещение. Нормирование параметров освещенности осуществляется согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [18].

Необходимые уровни освещенности нормируются в соответствии со СНиП 23-05-95* [20].

Работа дежурного персонала в основном связана с информацией, которую он получает с приборов на щите управления.

Рабочее место дежурного персонала на подстанции освещается как естественным светом (днем), так и искусственным освещением (в любое время суток), то есть используется совместное освещение.

Согласно СН 562-96 [33] СНиП 23-05-95*(Разряд зрительных работ в соответствии со строительными нормами и правилами по проектированию искусственного освещения IV, подразряд «В») существуют следующие нормы освещенности: для пультов и столов дежурных наименьшая освещенность при лампах накаливания комбинированным освещением – 400 лк, а одним общим – 150 лк, причем аварийное освещение составляет 30 лк. Это соответствует рабочему месту оперативного персонала на проектируемой подстанции.

Проведение измерения освещенности на рабочих местах осуществляется люксметром.

Вредные вещества. В процессе работы трансформаторов на подстанции возможна утечка масла, которое загрязняет почву. Поэтому, при осмотрах необходимо устранять утечку масла, а при замене масла, оно сливается в специальный резервуар и вывозится с территории подстанции на переработку. Загрязнение воздуха рабочей зоны ОП аэрозолями мин. масла. Стандартом установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в виде газов, паров, аэрозолей согласно ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ.

Электромагнитные поля. Нормирование параметров осуществляется согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [19]: оценка и нормирование постоянного магнитного поля (ПМП) осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) - мТл. Предельно допустимые уровни напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в таблице.

Согласно СН 562-96 [26] в течение всего дня допустимая мощность излучения 10 мкВт/см^2 , в течение двух часов за рабочий день – 100 мкВт/см^2 , в течение 15-20 минут за рабочий день – 1000 мкВт/см^2 .

В соответствии с [28], воздействие электрического поля под проводами ошиновки значительно уменьшается с установкой соответствующих щитов и правильной организации маршрутов обхода.

Для обеспечения предельно допустимых уровней напряженности электрического поля на рабочих местах, конструктивно-компоновочные решения следует применять в сочетании со стационарными и инвентарными экранирующими устройствами, а также индивидуальными средствами защиты.

Ограды в зоне влияния должны выполняться из железобетона или металлической сетки и крепиться к железобетонным или металлическим стойкам. Экранирующие устройства устанавливаются и на рабочих местах операторов. Ремонт электрооборудования следует производить вне зоны влияния электрического поля.

Экранирующая одежда - это не что иное, как металлизированный проводящий костюм. Представляя собой электрически замкнутую систему, металлизированный костюм обладает экранирующими свойствами.

Для электроустановок промышленной частоты сверхвысокого напряжения (400 кВ и выше) облучение электрическим полем регламентируется ГОСТ 12.1.002–84 ССБТ [6] . По значению напряжённости электрического поля E и продолжительности пребывания в нём человека в течении суток.

На практике основной коллективной мерой защиты от воздействия повышенного уровня электромагнитных полей ЭМП служат различные металлические экраны отражающие электромагнитные волны или поглощающие энергию ЭМП.

8.3 Электробезопасность

Место оперативного персонала расположено в ОПУ, которое является помещением без повышенной опасности поражения электрическим током.

Основное условие безопасности человека при обслуживании электроустановок – исключение возможного прикосновения к токоведущим

частям. Для этого токоведущие части ограждают или изолируют. Кроме этого используют средства индивидуальной защиты согласно СН 562-96 [22]: диэлектрические перчатки, коврики, боты, изолирующие штанги, клещи, предупреждающие плакаты.

Для защиты человека от поражения электрическим током применяют меры безопасности:

- заземление – все металлические нетоковедущие части электроустановок соединяются с землей с помощью заземляющих проводников и заземлителя. С помощью защитного заземления уменьшается напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения, следовательно, уменьшается и сила тока, протекающего через тело человека;

- защитное зануление предназначено для устранения опасности поражения электрическим током при замыкании на корпус электроустановок. Осуществляется присоединением корпуса и других конструктивных нетоковедущих частей электроустановки к неоднократно заземленному нулевому проводу. Защитное зануление превращает пробой на корпус в короткое замыкание между фазами и нулевым проводом и способствует протеканию тока большой силы через устройства защиты сетей, а в конечном итоге быстрому отключению поврежденного оборудования от сети:

- система защитного отключения – это специальные электрические устройства, предназначенные для отключения электроустановок в случае появления опасности пробоя на корпус. Системы защитного отключения осуществляют постоянный контроль за сопротивлением изоляции или токами утечки между токоведущими и нетоковедущими деталями конструкции оборудования;

- малое напряжение – это номинальное напряжение не более 42 В между фазами и по отношению к земле, применяемое для уменьшения опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция подразделяется на:

а) рабочая изоляция – электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током;

б) дополнительная изоляция – для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции;

в) двойная изоляция – состоит из рабочей и дополнительной изоляции;

г) усиленная изоляция – улучшенная рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция;

– механическая блокировка применяется в комплектных распределительных устройствах. Выполняется с помощью самозапирающихся замков, стопоров, защелок, которые стопорят поворотную часть механизма в отключенном положении:

– электромагнитная блокировка выключателей, разъединителей и заземляющих ножей. Позволяет исключить возникновение опасных ситуаций: включение или отключение разъединителя под нагрузкой, включение заземляющих ножей на участок линии под напряжением, подачу напряжения на заземленный участок линии:

– выравнивание потенциалов. Это уравнивательные полосы – на подстанциях, в зданиях контура заземления соединяются с металлическими конструкциями и естественными заземлителями. При замыкании на корпус, при пробое изоляции все металлические части получают примерно близкие по величине напряжения относительно земли, что дает снижение напряжения прикосновения до безопасной величины;

– разделяющие трансформаторы – для целей безопасности необходимо электрически отделить электроприемник от остальной сети и сети заземления.

Каждая из перечисленных мер имеет свою область применения. В некоторых случаях применяются одновременно две защитные меры.

В процессе эксплуатации все защитные средства должны подвергаться периодическим контрольным осмотрам, электрическим или механическим испытаниям в сроки и по нормам, указанным в «Правилах техники безопасности» и «Инструкции по испытанию защитных средств».

Проектируемая подстанция должна быть оборудована стационарными заземляющими ножами, которые должны быть окрашены в черный цвет. Рукоятки приводов заземляющих ножей должны быть окрашены в красный цвет, а рукоятки других приводов – в цвета оборудования. В местах, где стационарные заземляющие ножи не могут быть применены, на токоведущих и заземляющих шинах должны быть подготовлены контактные поверхности для присоединения переносных заземляющих проводников.

Назначение и конструкция заземляющих устройств

Защитное заземление – это заземление всех металлических частей установки (корпуса, каркасы, приводы аппаратов, опорные и монтажные конструкции, ограждения и др.), которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под ним при повреждении изоляции. Защитное заземление выполняется для того, чтобы повысить безопасность эксплуатации, уменьшить вероятность поражения людей и животных электрическим током в процессе эксплуатации электрических установок.

Согласно ПУЭ[23], заземление обязательно во всех электроустановках при напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока, а в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках – при напряжении 42 В и выше переменного тока, 110 В и выше постоянного тока.

Заземление, предназначенное для создания нормальных условий работы аппарата или электроустановки, называется рабочим заземлением. К рабочему заземлению относится заземление нейтралей трансформаторов, генераторов, дугогасительных катушек. Без рабочего заземления аппарат не может выполнить своих функций или нарушается режим работы электроустановки.

Заземление молниезащиты предназначено для отвода в землю тока молний и атмосферных индуцированных перенапряжений от молниеотводов, защитных тросов и разрядников и для снижения потенциалов отдельных частей установки по отношению к земле.

Рабочее и защитное заземления должны выполнять свое назначение в течение года, заземление грозозащиты – только в грозовой период.

Обычно для выполнения всех трех типов заземления используют одно заземляющее устройство.

Для выполнения заземления используют естественные и искусственные заземлители.

В качестве естественных заземлителей применяют водопроводные трубы, металлические трубопроводы, проложенные в земле, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов; обсадные трубы скважин, металлические и железобетонные конструкции зданий, находящиеся в соприкосновении с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей; заземлители опор ВЛ, соединенные с заземляющим устройством грозозащитным тросом; рельсовые подъездные пути при наличии перемычек между рельсами.

Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками в разных точках.

В качестве искусственных заземлителей применяют прутковую круглую сталь диаметром не менее 10 мм (неоцинкованная) и 6 мм (оцинкованная), полосу сталь толщиной не менее 4 мм и сечением не менее 48 мм².

Количество заземлителей (уголков, стержней) определяется расчетом в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства или допустимого напряжения прикосновения. Размещение искусственных заземлителей производится таким образом, чтобы достичь равномерного распределения электрического потенциала на площади, занятой электрооборудованием. Для этой цели на территории ОРУ прокладывают

заземляющие полосы на глубине 0,5-0,7 м вдоль рядов оборудования и поперечном направлении, то есть образуется заземляющая сетка, к которой присоединяется заземляемое оборудование.

Шаговое напряжение, то есть разность потенциалов между двумя точками поверхности, расположенными на расстоянии 0,8 м, внутри контура невелико ($U_{\text{шаг1}}$). За пределами контура кривая распределения потенциалов более крутая, поэтому шаговое напряжение увеличивается ($U_{\text{шаг2}}$). При больших токах замыкания на землю для уменьшения $U_{\text{шаг}}$ по краям контура у входов

и выходов укладывают дополнительные стальные полосы. Задачей защитного заземления является снижение до безопасной величины напряжений U_3 , $U_{\text{пр}}$, $U_{\text{шаг}}$.

В установках с эффективно заземленной нейтралью (сети 110 кВ и выше) замыкание фазы на землю является коротким замыканием и быстро отключается релейной защитой, в результате чего уменьшается вероятность попадания под напряжения $U_{\text{пр}}$, $U_{\text{шаг}}$.

Токи однофазного короткого замыкания значительны, поэтому резко возрастают потенциалы на заземлителе. В этих установках нормируется величина $U_{\text{пр}}$, которая определяется в зависимости от длительности протекания тока через тело человека, и величина R_3 .

Шаговое напряжение не нормируется, так как путь протекания тока нога – нога для человека менее опасен, чем путь рука - ноги.

Меры безопасности при обслуживании ОРУ-110 кВ и силовых трансформаторов.

На проектируемой подстанции к установке приняты два трансформатора ТРДН-40000/110. Вдоль силовых трансформаторов предусматривается проезд шириной не менее трех метров и пожарный проезд к каждому из них. Трансформаторы периодически осматриваются, обращая внимание

на состояние кожухов, показания термометров, уровень масла в расширительных баках, состояние вводов, предохранителей, заземление.

При обнаружении сильного неравномерного потрескивания внутри трансформатора, превышения допустимой температуры масла, наличия выброса масла из расширителя или разрыва диафрагмы на выхлопной трубе, недопустимого снижения уровня масла трансформатора он немедленно выводится из работы путем отключения со всех сторон.

До начала ремонтных работ на силовом оборудовании проверяется отсутствие напряжения на всех выводах обмоток, на них накладываются переносные заземления, что гарантирует невозможность появления напряжения на ремонтируемом трансформаторе.

Высоко расположенные части работающих трансформаторов должны осматриваться со стационарных лестниц с соблюдением требований ПТБ.

Стационарные средства пожаротушения, маслоотводы, маслоприемники, маслосборники должны быть в исправном состоянии. На проектируемой подстанции для тушения пожара предусматривается водопровод от существующей высокой сети.

Меры безопасности при обслуживании закрытых распределительных устройств.

Распределительные устройства должны обеспечивать надежность работы электроустановки, что может быть выполнено только при правильном выборе и расстановке электрооборудования, при правильном подборе типа и конструкции РУ в соответствии с ПУЭ.

Обслуживание РУ должно быть удобным и безопасным. Размещение оборудования в РУ должно обеспечивать хорошую обзораемость, удобство ремонтных работ, полную безопасность при ремонтах и осмотрах. Для безопасности соблюдаются минимальные расстояния от токоведущих частей для различных элементов ЗРУ.

Неизолированные токоведущие части во избежание случайных прикосновений к ним должны быть помещены в камеры или ограждены.

На проектируемой подстанции РУ-10 кВ выполнено в виде ячеек КРУ, которые выполнены с соблюдением максимальной безопасности для обслуживающего персонала. На время ремонтных работ тележка с выключателем выкатывается наружу, при этом отключаются втычные контакты разъединителя, в результате чего снимается напряжение с ремонтируемого выключателя и создается видимый разрыв цепи. При выкатывании тележки с выключателем специальные шторки автоматически преграждают доступ к токоведущим частям. Если такие шторки отсутствуют, то после выкатывания тележки из камеры КРУ вход людей в отсеки ячеек допускается только после снятия напряжения со сборных шин и наложения переносного заземления.

Выкатывание тележки выключателя и обратная ее установка разрешается только лицу оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV.

Осмотры оборудования производятся из коридора обслуживания, ширина которого должна быть не меньше 1,2 метров при двухстороннем расположении оборудования. Ширина прохода для управления и ремонта КРУ выкатного типа определяется при двухрядном расположении длиной тележки плюс 0,8 м. При наличии прохода с задней стороны КРУ его ширина должна быть не менее 0,8м.

Из помещений ЗРУ предусматриваются выходы наружу или в помещения с несгораемыми стенами и перекрытиями. Двери из РУ должны открываться наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа со стороны РУ.

8.4 Чрезвычайные ситуации на подстанции

К возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС) на подстанции могут привести: неправильные действия оперативного персонала, метеоусловия, экологическая ситуация.

Причинами возникновения ЧС могут быть: выход из строя какого-либо оборудования, отключение электроэнергии, возникновение пожара, ураганные ветры, сильные морозы.

При ЧС могут быть нанесены различные виды ущерба: гибель людей, материальный ущерб от выхода из строя оборудования, экономический ущерб.

Пожарная безопасность на подстанции

Согласно ГОСТ 12.1.004-91[9] и ГОСТ 12.1.044-89 [10], электроустановки высокого напряжения требуют к себе постоянного внимания с точки зрения повышенной пожароопасности. Необходимы неукоснительное соблюдение всеми работниками подстанции правил ПБ и проведение мероприятий, направленных на повышение пожарной безопасности:

- регулярное проведение занятий по умению пользоваться средствами пожаротушения и оказанию первой медицинской помощи;
- проверка наличия и исправности средств индивидуальной защиты;
- принятие строгих мер к нарушителям техники пожарной безопасности.

На проектируемой подстанции пожарная опасность обусловлена наличием в электрооборудовании горючих материалов (трансформаторное масло, изоляция кабелей). Наибольшая опасность исходит от маслонеполненных электроустановок (силовые трансформаторы, выключатели).

Витковые замыкания в трансформаторе сопровождаются выделением газовой смеси. В случае несрабатывания газовой защиты возможен взрыв трансформатора и выброс горящего масла на территорию ОРУ, вследствие чего может пострадать и другое оборудование. Из-за этого трансформаторы устанавливаются на фундамент из негорючих материалов и устанавливают маслоотводы, во избежание растекания масла.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91[16], в зависимости от характера веществ, используемых в производстве, производственные объекты подразделяются по пожарной и взрывной опасности. Согласно этого ГОСТа, здания и сооружения регламентируются по степеням огнестойкости.

Здание ОПУ на подстанции имеет степень огнестойкости II. Оно имеет два эвакуационных выхода размером 140x200 см, расстояние до которых из комнаты дежурного составляет 12 и 30 м соответственно.

На силовом оборудовании предусмотрены тепловые датчики, которые действуют на сигнал и на отключение оборудования.

В помещении ОПУ на подстанции предусмотрены следующие средства пожаротушения: пожарный щит с необходимыми инструментами для тушения пожара (топор, лопаты, ломик, ведра), ящик с песком и огнетушители типа ОУ-8. Эти средства имеются в ОПУ на подстанции в двух экземплярах: одни на одной стороне ОПУ, другие – на другой стороне.

Для тушения пожара силовых трансформаторов на подстанции имеются специально подведенные к ним пожарные краны, вода в которые поступает из резервуара с водой на подстанции.

При возникновении очагов пожара, дежурные сперва докладывает диспетчеру, а затем звонит в пожарную охрану, при этом руководителем тушения пожара на подстанции до их прибытия является старший по должности.

Предотвращение ЧС, их уменьшение и прогнозирование возможно с помощью «дерева отказов», изображенном на рисунке 9. Построение «дерева отказов» является логическим прогнозом ЧС. При его построении выявляются главные события, которые могут привести к аварии. С учетом класса опасностей можно повлиять на ЧС, посредством предупредительных мер. На рис. 9 представлено «дерево отказов». Данное «дерево отказов» дает возможность предусмотреть ЧС и принять меры по ликвидации.

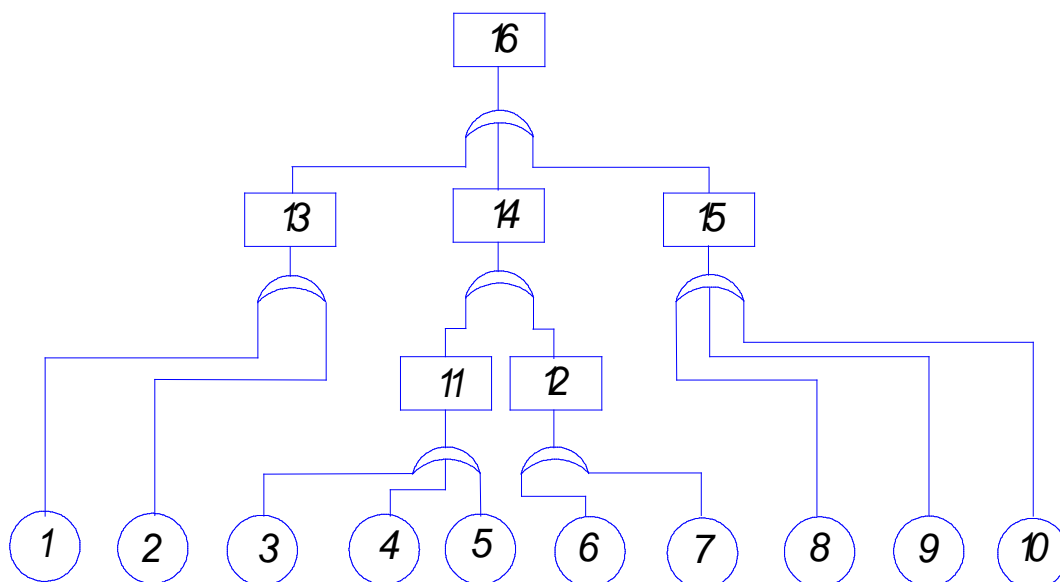


Рисунок 12 - Дерево причин и отказов:

1 – короткое замыкание на линии; 2 – повреждение в линии; 3 – воздействие погодных условий или стихийных бедствий; 4 – повреждение посторонними лицами; 5 – повреждение изоляции; 6 – отключение части генерируемой мощности; 7 – неграмотная эксплуатация оборудования; 8 – короткое замыкание в цепях релейной защиты и автоматики; 9 – обрыв в цепях релейной защиты и автоматики; 10 – неисправность системной автоматики; 11 – неисправность оборудования и электрозащит; 12 – производственные аварии; 13 – короткое замыкание у потребителя; 14 – команды от системной автоматики; 15 – неисправность в цепях релейной защиты и автоматики ; на подстанции; 16 – отключение фидера

Рассмотренные в разделе «Безопасность жизнедеятельности» мероприятия призваны обеспечить безопасную работу и снизить до минимума травматизм в процессе работы проектируемой подстанции, направлены на улучшение условий труда обслуживающего персонала, обеспечение безопасной и комфортной работы.

Уровень шума на рабочем месте оперативного персонала не превышает 60 дБ, что соответствует нормам, приведенным в СН 562-96 [20].

Параметры микроклимата рабочих помещений (температура воздуха, влажность) на подстанции не выходят за рамки норм, обозначенных в СН 562-96 [21] и [31] ($t = 20-25^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха не превышает 75%).

Для пультов и столов дежурных освещенность составляет 400 лк (комбинированное освещение) и 150 лк (общее освещение), что соответствует [33].

Работа подстанции не сопровождается вредными выбросами, поэтому этот фактор не учитывался.

Воздействие электромагнитных полей на обслуживающий персонал не превышает норм, оговоренных в СН 562-96 [26]. Для уменьшения действия электромагнитных полей на человека на подстанции используются защитные средства (экранизирующие устройства, экранирующая одежда).

По фактору «электробезопасность» на подстанции также нет нарушений. Все токоведущие части ограждены и изолированы. Используются индивидуальные средства защиты.

На проектируемой подстанции соблюдаются меры безопасности при обслуживании ОРУ-110 кВ, силовых трансформаторов и закрытых распределительных устройств.

В разделе произведен расчет заземляющих устройств и грозозащиты, которые могут использоваться для обеспечения безопасной работы подстанции.

На подстанции соблюдены нормы взрыво- и пожаробезопасности. Предусмотрены средства пожаротушения.

Проектируемая подстанция является экологически безопасным объектом.

Подстанция может эксплуатироваться без нанесения вреда человеку и окружающей среде при соблюдении всех правил и норм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над выпускной квалификационной работой произведены расчеты по вычислению нагрузок оборудования, находящегося на предприятии, выбрана оптимальная схема электроснабжения предприятия, оборудование для надежной работы.

Проектирование разработана с учетом новейших достижений науки и техники и технико-экономическое обоснование решений модернизации энергетической системы подстанции «Северная», и средств ее эксплуатации и управления, при котором обеспечивается оптимальная надежность снабжения потребителей электрической электроэнергией в необходимых размерах и требуемого качества с наименьшими затратами.

Выбрана схема электроснабжения предприятия, трансформаторы главной перераспределительной подстанции определена их мощность, рациональное напряжение, конструктивное исполнение и схема присоединения главной перераспределительной подстанции, выбраны распределительные устройства, рассчитаны токи короткого замыкания.

Выбраны электрические аппараты для подстанции, рассчитаны защитное заземление.

Рассмотрен вопрос защиты подстанции от атмосферных перенапряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ангарова Т.В, Кашенева В.В. / Справочник по электроснабжению промышленных предприятий – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 624 с. ил.
2. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник. Гриф МО РФ. - М.: Форум. 2016. – 385 с.
3. Афонин А.М. / Энергосберегающие технологии в промышленности. Учебное пособие. Гриф МО РФ. – М.: Форум. 2015. – 217 с.
4. Барыбин Ю.Г. / Справочник по проектированию электроснабжения.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
5. Быстрицкий Г.Ф. / Общая энергетика. Учебник. - М.: Кнорус. 2016. – 243 с.
6. Васильев А.А., Крючков И.П.; Под ред. Васильева А.А. / Электрическая часть станций и подстанций – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с: ил.
7. Герасименко А.А. / Передача и распределение электрической энергии (для бакалавров). – М.: Кнорус. 2014. – 156 с.
7. Замницкий В.А., Каплун А.В., Папир А.Н., Умов В.А. / Справочник: лопастные насосы. - Л: Машиностроение Ленинградское отделение, 1986. -334 с.: ил.
8. Кацман М.М / Справочник по электротехническим машинам. - М.: Академия. 2005. – 480 с.
9. Кнорринг Г.М / Справочная книга для проектирования электрического освещения. - М.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
10. Кудрин Б.В. / Электроснабжение. Учебник для студентов учреждений ВПО. - М.: Академия. 2013. – 305 с.

11. Неклепаев Б.В. / Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - СПб.: БХВ-Петербург. 2014. – 187 с.
12. Правила устройства электроустановок / Минэнерго РФ. – 7-е изд., Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 г. № 204.
16. Сивков А.А., Сайгаш А.С., Герасимов Д.Ю. / Основы электроснабжения. - М.: Юрайт. 2016. – 173 с.
14. Фёдоров А.А., Сербиновский Г.В. / Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия. 1980. – 576 с.: ил.
15. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1987. - 368с.: ил.
16. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. / Основы электроснабжения. Учебное пособие, 1-е изд. - М.: Лань. 2013. – 194 с.
17. Шабад В.К. / Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. - М.: Академия. 2013. – 232 с.
18. Шеховцов В.П. / Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению - М.: Форум. 2011. – 137 с.
19. Морозова И.М., Кузнецов Ю.В. Проектирование схем энергоснабжения промышленных предприятий и городов: Учеб. Пособие. Екатеринбург. 2004. Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 200. 86 с.
20. Федоров А.А. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий – М.: Энергоатомиздат., 1987.