

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт открытого и дистанционного образования
Кафедра Техники, технологий и строительства

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
_____ К.М. Виноградов
_____ 2020 г.

Модернизация трансформаторной подстанции «Шахтная»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.03.02.2020.059.00.000 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____ Т.Н. Усиевич
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ДО – 503
_____ Л.Я. Бреева
_____ 2020 г.

Нормоконтролер,
преподаватель
_____ О.С. Микерина
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Бреева Л.Я Модернизация трансформаторной подстанции «Шахтная». – Челябинск: ЮУрГУ, ИОДО; 2020, 66 с., 5 ил., библиогр. список - 5 наим., 6 листов чертежа ф. А1.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается модернизация подстанции «Шахтная». Произведен поиск и обзор литературы по проектированию электрических сетей. Дана характеристика подстанции «Шахтная». Произведена проверка существующего оборудования. Выбраны ограничители напряжения, вакуумные и элегазовые выключатели.

Произведен экоуомический расчет предполагаемой модернизации подстанции «Шахтная». Рассмотрены вопросы БЖД.

| | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-----------------|----------------|------------|--|--|-------------|---------------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000ПЗ | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | Бреева | | | | Модернизация трансформаторной подстанции «Шахтная» | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Провер.</i> | Усиевич Т.Н. | | | | | 6 | 66 | |
| <i>Реценз</i> | | | | | | ФГАОУ ЮУрГУ (НИУ) ИОДО Кафедра «ТЭС» гб ДО- 503 | | |
| <i>Н. Контр.</i> | Микерина | | | | | | | |
| <i>Утверд.</i> | Виноградов | | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 8 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ | 9 |
| 2 СРАВНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ И ЭЛЕГАЗОВЫХВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ | 11 |
| 3 ОБЩАЯ ЧАСТЬ | 16 |
| 3.1 Назначение подстанции «Шахтная» и описание существующей схемы электроснабжения. | 16 |
| 3.2 Категории потребителей..... | 17 |
| 3.3 Основное оборудование подстанции «Шахтная»..... | 18 |
| 4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ | 23 |
| 4.1 Расчет электрических нагрузок подстанции «Шахтная». Анализ работы трансформаторов существующей сети | 23 |
| 4.2 Расчет питающих линий (ВЛ)..... | 25 |
| 4.3 Расчет токов на вводе РУ 35 кв | 27 |
| 4.4 Выбор схемы распределительного устройства 6 кВ | 28 |
| 4.5 Выбор схемы распределительного устройства высокого напряжения 35 кВ..... | 29 |
| 4.6 Расчет токов короткого замыкания | 30 |
| 4.7 Выбор электрооборудования | 35 |
| 4.7.1 Выбор коммутационной аппаратуры ВН | 35 |
| 4.7.2 Выбор коммутационной аппаратуры НН | 38 |
| 4.8 Расчет сети освещения..... | 46 |
| 4.9 Расчет защитного заземления | 47 |
| 5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 50 |
| 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ | 52 |
| 6.1 Техника безопасности..... | 52 |
| 6.2 Противопожарная безопасность | 53 |
| 6.3 Особенности тушения пожаров в эл.установках ПС «Шахтная». | 56 |
| Требования техники безопасности перед началом работы | 57 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 64 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 65 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергия продолжает оставаться основным видом энергии в промышленности, поэтому ее развитие неразрывно связано с развитием электроэнергетики.

Разработкой и внедрением новых видов электрооборудования и систем электроснабжения занимается ряд научно – исследовательских и проектно – конструкторских институтов, выпуск рудничного электрооборудования производится на специализированных заводах с учетом специфики его использования в конкретных горно – геологических условиях.

Важнейшей задачей для энергетиков и энергостроителей является постоянное увеличение объемов производства, сокращение сроков строительства новых реконструкции старых энергообъемов, снижение удельных капитальных вложений, снижение удельных затрат на топливо, повышение производительности труда, улучшение структуры производства электроэнергии и др.

Основой развития энергетики является строительство электростанций большей мощности. Экономия энергетических ресурсов должна быть достигнута за счет: перехода на энергосберегающие технологии производства; совершенствование, модернизация устаревшего оборудования; снижения всех видов энергетических потерь, совершенствования структуры производства, преобразования и использование энергоресурсов. В энергетике предусматривается замещение органического топлива другими энергоносителями. В первую очередь использование ядерной и гидравлической энергией.

Модернизация позволит повысить пропускную способность существующих сетей, надёжность электроснабжения и качество электроэнергии у потребителей.

Важным показателем энергообеспечения является надёжность электроснабжения потребителей. Любое отключение от электроснабжения плановое (ревизия и ремонт) или аварийная ситуация - приводит к огромному ущербу как для потребителей, так и для самих энергосистем. Поэтому необходимо принять эффективные и экономически выгодные меры для обеспечения оптимальной системы электроснабжения.

Предлагаемая модернизация подстанции позволит за счет применения более современного оборудования повысить качество и надежность электроснабжения потребителей и улучшить условия труда обслуживающего персонала.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 8 |

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Модернизация энергосистемы требует комплексного подхода к выбору и оптимизации схем электросетей, динамики развития, параметров и надежности системы в целом и отдельных ее элементов.

При написании данного проекта использовались следующие источники:

1) Учебное пособие В.П.Шеховцова «Расчет и проектирование схем электро-снабжения» под редакцией С.И. Зубкова 2010 года выпуска. В данном пособии содержатся сведения о выборе числа и мощности трансформаторов, расчет и выбор ЛЭП, расчет токов короткого замыкания и практические методы расчётов токов короткого замыкания, выбор и проверка силовых выключателей ВН, расчет заземляющего устройства и выбор молнезащиты.

2) Учебное пособие под редакцией Д.Л. Файбисовича «Справочник по проектированию электрических сетей» изданным в 2010 году, в котором содержатся выбор параметров и схем сетей, данные по электрооборудованию, кабельным и воздушным линиям, с учетом изменений норм проектирования и нормативных документов, а также последние инженерные и научные разработки.

3) А также использовалось учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию Р.В. Гайсарова и И.Т. Лисовской «Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов», 2002 года издания. В данном пособии изложены основные схемы собственных нужд, выбор источника питания собственных нужд, разработка схем электроснабжения собственных нужд.

4) Учебное пособие «Проектирование электрических станций и подстанций» таких известных авторов, как Р.В. Гайсаров, А.В. Коржов, Л.А. Лежнева содержит рекомендации по выбору оборудования, схем электрических соединений распределительных устройств 6 -750 кВ электрических станций и подстанций.

Основной задачей выпускной дипломной работы является модернизация понижающей подстанции «Шахтная» 35/6 кВ, так как физический и моральный износ существующего оборудования может влиять на качество электроснабжения потребителей. А так как потребители подстанции относятся к первой и второй категории надежности, то электроснабжение должно быть обеспечено во всех возможных ситуациях, с минимальным количеством аварийных ситуаций.

Следовательно, необходимо проверить трансформаторы на загруженность, рассчитать токи короткого замыкания и выполнить замену устаревшего оборудования на более современное и надежное.

Выводы по разделу один

С течением времени и наращиванием производства любое предприятие сталкивается с проблемой замены и модернизации оборудования питающих подстанций. Использование более современного оборудования позволяет повысить качество и надежность электроснабжения потребителей, а также улучшить условия

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 9 |

труда обслуживающего персонала.

Для решения поставленной задачи требуется проработка большого количества информации, находящейся в разных источниках и нормативных документах. В ходе выполнения выпускной - квалификационной работы был проведен поиск и обзор проектной документации, и литература по проектированию электрических сетей, в итоге были выбраны оптимальные источники литературы по данной работе.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 10 |

2 СРАВНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ И ЭЛЕГАЗОВЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Выключатель является очень важным элементом оборудования распределительных устройств подстанций, так это коммутационное устройство осуществляет включение и отключение участков электрической сети под током рабочей нагрузки, а в аварийных ситуациях - очень большие токи, токи коротко замыкания.

От качества и безотказности их работы зависит надежность электроснабжения потребителей, а также сохранность целостности оборудования в аварийных ситуациях. Поэтому, вопрос выбора высоковольтных выключателей является одним из важнейших.

Ниже приведем для сравнения типы выключателей и фирмы производителей:

1. Элегазовые выключатели.

АО «Московский завод «Электроцит» и СП «АББ Мосэлектроцит» выпускают новые ячейки КРУ и модернизируют находящиеся в эксплуатации КРУ типа К-ХП и К-ХХVI с маломасляными выключателями типа ВМП-10 на выкатные элементы нового поколения с современными элегазовыми выключателями типа VF.

«АББ Мосэлектроцит» (АББ МЭЦ) переходит на выпуск выключателей 10 кВ серии HD4/GT с пружинным приводом и абсолютным давлением элегаза 0,38 МПа. Они рассчитаны на номинальные токи 630-3150 А и номинальные токи отключения 20-40кА. Любые значения тока отключаются – без срезов, повторных пробоев и коммутационных перенапряжений. HD4 компактны, обладают высокой надежностью и большим коммутационным ресурсом (20000 циклов ВО без нагрузки). Они способны отключить до 30 раз ток КЗ в диапазоне 60-100% тока отключения и до 10000 раз – номинальные токи. Герметичность выключателя обеспечивается в течение всего срока службы – 25 лет

Выключатели серии LF производства Merlin Gerin (Франция), (Schneider Electric) имеют три фазы, расположенные в едином корпусе – при низком избыточном давлении элегаза (0,15 Мпа или 1,5 атм.). Принцип дугогашения основан на технике вращения дуги и эффекте температурного расширения элегаза (автокompрессионный метод гашения дуги). Механический ресурс – 10000 циклов ВО при номинальном токе и 40 отключений номинальных токов КЗ (25 кА). При эксплуатации выключатель не требует обслуживания пружинного привода в течении 10 лет, а дугогасящей камеры в течении 30 лет (всего срока службы).

Разработкой и изготовлением отдельно стоящих колонковых элегазовых выключателей для ОРУ занимаются НИИ и ПО ОАО «УЭТМ». Эти предприятия разработали и выпускают элегазовые выключатели колонкового типа ВГТ и ВГК на напряжения 110,220,330,500 и 750 кВ. Разработкой и изготовлением элегазовых баковых выключателей типа ВГБ со встроенными трансформаторами тока и

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 11 |

автономным гидроприводом занимаются ОАО «НИИВА», ОАО ВО «Электроаппарат».

Элегазовые генераторные выключатели (ЭГВ) серии HGI и HECI и комплексные элегазовые генераторные распределительные устройства (ЭГРУ) серии HGC и HEC, производимые компанией АББ, разработаны для применения на электростанциях всех типов. Также компания АВВ производит элегазовые выключатели колонкового типа и элегазовые выключатели бакового типа с пружинным приводом 38 – 145 кВ; выключателей 242 и 550 кВ – с гидравлическопружинным. Внешние встроенные трансформаторы тока - с обеих сторон.

ЭГВ серии HGI и HECI представляют собой трехполюсный выключатель с приводом, управляющими и контролирующими элементами. Выключатели этой серии предназначены для всех типов электростанций с блоками 60-180 МВА и напряжением до 21кВ. ЭГРУ серии HGC и HEC – законченное распределительное устройство, в состав которого кроме самого выключателя, входят разъединитель, заземляющие ножи, пусковой разъединитель турбины, трансформаторы тока и напряжения, ОПН и защитные конденсаторы. Принцип гашения дуги в элегазе (SF₆) основан на автокомпрессионном эффекте, т.е. энергия самой дуги используется для нагрева элегаза в дугогасительной камере. В качестве управляющего механизма используют пружинно-гидравлический привод. ЭГВ всех типов способны отключать токи с апериодической составляющей до 75%.

Фирма Siemens производит элегазовые выключатели колонкового типа с электрогидравлическим приводом.

Вакуумные выключатели.

В настоящее время Саратовское ГНПП «Контакт» серийно выпускает вакуумные выключатели и контакторы класса напряжений 1,14 кВ, 10 и 35 кВ. Такие как вакуумные выключатели типа ВБ-10 с электромагнитным и пружинным приводами, а также выключатели нагрузки типа ВНБ, малогабаритные выключатели ВБЭМ – 10, вакуумные выключатели типа ВБ-35 (для ячеек КРУ).

НПП «Контакт» представляет свои новые разработки вакуумные выключатели ВБПП-10-20/1000 0,04/0,06/0,1 с. Выключатель с поперечным расположением полюсов относительно сборных шин для перспективных ячеек КСО. Ноская конструкция позволяет открыть удобный доступ для монтажа и обслуживания. Выключатель оснащен нетрадиционным для наших аппаратов пружинным приводом с низким потреблением тока. При взведении выключающей пружины используется электромагнит. Еще одной разработкой данной фирмы является контактор вакуумный КВТ-1,14-5/630 и КВТ-1,14-6,3/1000 и низковольтный выключатель вакуумный ВВА-1,14-20/1000.

Минусинское АО «ЭЛКО» представляет вакуумные выключатель серии ВБЭМ-10, ВБЧ-10, ВБПЧ-С-1-20/1000 со встроенным пружинно-моторным приводом

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

и выключатель ВБТ-3 для управления конденсаторными батареями крупнотоннажных индукционных печей.

НПП «ЭЛВЕСТ» разрабатывает и выпускает вакуумные выключатели на напряжение $10 \div 110$ кВ. Для ограничения перенапряжений многие выключатели снабжены специальным устройством собственной разработки. Для выключателей 10 кВ фирма применяет пружинные приводы это позволяет сократить габариты и массу, уменьшить время включения. Это дает возможность создать аппараты, не уступающие современным иностранным образцам. К ним относится выключатель ВБКЭБ-10-31,5, со встроенным устройством глубокого ограничения перенапряжений, обеспечивающим отсутствие перенапряжений при коммутации высоковольтных двигателей. Выключатель легко встраивается в существующие ячейки КМ-104. КМ-1 и КМ-59. Аналогичные параметры имеет выключатель ВБКЭР-10, но в нем нет специального ограничивающего устройства. Наиболее мощным является выключатель с пружинным приводом ВБМЭ-10-40/2500 \div 3150.

Нижнетуринский ЭА завод выпускает вакуумные выключатели типа ВБПЭ-10 и ВБСН-10 конструкция которых исключает возникновение перенапряжений при отключении индуктивных токов; ВБКЭБ-10 предназначены для замены выключателей ВКЭ-10, они оснащены пружинным приводом с заводкой включающих пружин электромагнитом. А ВБКЭР-10 предназначены для замены ВК-10 и ВКЭ-10 в шкафах КРУ серий КМ-1, К-104 и К-59, в свою очередь ВБЭМ-10 предназначены для замены ВМПЭ-10 и ВЭМ-6. Пружинный привод с заводкой включающих пружин от электромагнита 220 В с потребляемым током 30 А.

Фирма HOLEC (Голландия) – одна из ведущих по выпуску вакуумных выключателей. Выбором контактного материала значение тока среза уменьшено до 5 А. Для борьбы с перенапряжениями фирма применяет опережающее отключение первого полюса – патент фирмы HOLEC.

Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL-10 фирмы «Таврида Электрик» являются выключателями нового поколения, в которых реализованы самые современные достижения в вакуумной коммутационной технике и электромеханике, позволившие создать аппараты наиболее высокого технического уровня, не требующие ремонта в течение всего срока службы.

Выключатель состоит из трех полюсов, установленных на металлическом корпусе, в котором размещены пофазные электромагнитные приводы с магнитной защелкой, удерживающей выключатель неограниченно долго во включенном положении после прерывания тока в катушке электромагнита привода. Остальные узлы размещаются в изоляционном корпусе из прозрачного механически прочного и дугостойкого полимерного материала (лексан), который предохраняет их от возможных в эксплуатации механических повреждений и воздействий электрической дуги тока КЗ. Все три полюса имеют одинаковую конструкцию.

Коммутационный ресурс (циклы «ВО») при отключении номинального тока 50.000; при отключении тока КЗ 20 кА – (50,-100). Особенность аппарата – до предела упрощенный механизм. Якорь включающего электромагнита непосред-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 13 |

ственно воздействует на подвижный контакт ВДК. Потребление тока при включении 10 А, при отключении – 1,5 А. Механическая защелка заменена магнитной. В качестве вспомогательных контактов впервые используются герконы, не требующие ухода и имеющие 2 млн.циклов «ВО».

Релейная защита выключателя выполнена на электронном модуле, выполняющем функцию управления выключателем ВВ/TEL, а также функции токовой отсечки и МТЗ с независимой выдержкой времени.

Совместное предприятие шведско-швейцарского концерна АВВ и ОАО «Мосэлектротит» (АББ МЭЦ) приступило к производству выключателей VD4 10 кВ на номинальные токи 630-2500А и токи отключения до 40 кА. Полюса выключателей изготавливаются по новой технологии. Детали полюсов, находящиеся под напряжением, залиты в эпоксидную смолу, образуя единое целое с корпусом полюса. ВДК защищены от механических и других внешних воздействий. Положение ВДК в полюсе определено при изготовлении полюса и не требует регулировки при сборе выключателя. Механический и коммутационный ресурс выключателя VD4 с пружинным приводом составляет 15.000-30.000 циклов ВО при номинальном токе.

Фирма SIEMENS расширяет область применения своих вакуумных выключателей. Новая разработка выключателей типа ЗАН и NXACT перекрывает весь диапазон требований, предъявляемых к силовым выключателям в классах напряжений от 6 до 35 кВ.

Действие выключателей серии ЗАН и NXACT основано на вакуумном принципе гашения дуги, превосходящем все остальные и наиболее экономичном принципе дугогашения, который сегодня существует и реализуется в технике коммутационных аппаратов. Усовершенствованная специальная геометрия дугогасительных контактов, собственные разработки и технология изготовления контактных материалов, а также большой опыт, накопленный при изготовлении и эксплуатации около 260000 выключателей, легли в основу создания новой серии выключателей ЗАН.

Новая серия выключателей ЗАН состоит из следующих типов:

ЗАН1 – стандартный выключатель, не требующий технического обслуживания;

ЗАН2 – выключатель с повышенным коммутационным ресурсом;

ЗАН3 – стандартный выключатель большой мощности;

ЗАН4 – выключатель с очень высоким коммутационным ресурсом.

Все выключатели серии ЗАН предлагают подходящее решение для любого требования, предъявляемого к коммутационным аппаратам при отключении омических, индуктивных и емкостных токов: - высокое быстродействие и возможность синхронизации:

Вакуумные выключатели 6, 10 кВ ЭВОЛИС фирмы «Merlin Gerin» (Schneider Electric). ЭВОЛИС – это выключатель с полным набором комплектующих и адаптационных элементов для установки в ячейках российских производителей, а также для замены отслуживших свой срок выключателей. ЭВОЛИС имеет исклю-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

чительно простой и компактный пружинный привод с ручным и электрическим управлением. Привод обеспечивает ручное включение при отсутствии оперативного тока.

Ресурс по механической стойкости 25000 коммутаций. Ресурс по коммутационной стойкости (кол-во коммутаций номинального тока отключения): 100/70/50 соответственно для токов 25/31,5/40 кА. Масса выключателя 51/53/66 кг.

Вывод по разделу два

На смену масляным выключателям приходят вакуумные и элегазовые, так как они характеризуются существенными преимуществами: габаритными размерами, удобством в эксплуатации и ремонте, быстродействием, стойкостью к возникновению пожара и взрывов, тихую работу при переключениях, высокую экологичность, исключая загрязнение атмосферы.

Подводя итог, можно сказать, что коммутационная способность и износостойкость наших выключателей близки к параметрам зарубежных. Что касается привода, то для уменьшения массы, размеров и времени включения необходим переход на пружинные приводы. В настоящее время разработаны и испытываются выключатели фирмы ЭЛВЕСТ, имеющие пружинные приводы.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 15 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ

3 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

3.1 Назначение подстанции «Шахтная» и описание существующей схемы электроснабжения

Изначально подстанция проектировалась на напряжение 110 кВ и на 4 секции, а на напряжение 35 кВ запитана временно. ПС «Шахтная» является тупиковой, главной, поверхностной, понизительной подстанцией, питающей поверхностные и подземные эл. потребители шахты «Капитальная» и аглофабрики СЧПЗ.

Потребителями эл.энергии ПС «Шахтная» являются:

а) на напряжение 6 кВ:

- ЦПП (центральная подземная подстанция)
- эл.двигатели компрессоров
- эл.двигатели вентиляторных установок
- ПС 6/0,4 кВ АБК
- ПС 6/0,4 кВ очистных сооружений
- ПС-6 кВ при здании подъемной машины клетьевого ствола
- ПС-6 кВ «Перегрузочного ствола».

б) на напряжение 0,4 кВ:

- собственные нужды компрессорной станции
- собственные нужды самой подстанции.

По надежности эл.снабжения указанные потребители относятся к 1 категории.

Схема энергоснабжения п/с «Шахтная»

В связи с наличием потребителей I-II категории по надежности эл.снабжения, питание ПС «Шахтная» осуществляется двумя одноцепными ВЛ-35 кВ и двумя отдельно работающими головными трансформаторами, секционный МВ -6кВ отключен, схема собрана, включен АВР.

Равномерность загрузки головных трансформаторов регулируется оперативным персоналом подстанции по указанию мастера (начальника) смены и согласованию с энергетиками Энергоцеха и шахты «Магnezитовая».

Нормальный режим для ПС «Шахтная» 35/6 кВ принимается раздельная работа силовых трансформаторов стороны 35 кВ.

Подстанция " Шахтная - 35/6 кВ" питается по двум ВЛ-35 кВ :

1. ПС «Огнеупор» - ПС №6 ввод№1.
2. ПС №6 – ПС «В.Степная» ввод№2

Напряжение с линий поступает на ЛР РНДЗ-35/1000У кВ, затем на разъединители трансформатора РТ на трансформаторы тока ТФЗМ 35, МВ ВМТ-35кВ и на трансформатор ТДНС –10000кВа, дальше напряжение через шинный мост поступает в РУ 6кВ через проходные изоляторы на вводные ячейки, а с них шинным мостом напряжение поступает на отходящие фидера. Между секциями 35кВ есть ремонтная перемычка. После ЛР РНДЗ-35/1000У кВ для защиты оборудования

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 16 |

ОРУ-35 кВ и головных трансформаторов от волн перенапряжений, набегающих с линий, установлены вентильные разрядники РВС-110. Также с низкой стороны трансформатора через кабель запитаны трансформаторы ТСН – 40кВа для питания собственных нужд подстанции. В РУ-6кВ имеется МСМВ для секционирования секций по 6 кВ.. По стороне 0,4 от ТСН через АВР запитана секция шин 380 В щита собственных нужд с которой через пакетные выключатели получают питание: ШУОТ, ЗУК.

В связи с размещением ПС «Шахтная» вдали от пелевыделяющих агрегатов ДОФ-2 РУ-35 кВ принято в открытом исполнении, с открытой установкой силовых трансформаторов. РУ-6 кВ с использованием ячеек КРУ-104М принято в закрытом исполнении в пристроенном здании.

Защита подстанции от прямых ударов молнии осуществляется отдельно стоящими молниеотводами, расположенными по углам открытой части подстанции (4 шт.), зона защиты которых охватывает всю территорию подстанции. Кроме этого, на здании щита управления и ЗРУ-6 кВ предусмотрена молниеприемная сетка, заземленная на заземляющее устройство подстанции. Подходы ВЛ-35 защищены тросами, которые крепятся к опорам ЛЭП-35 кВ и заземляются на них.

В качестве заземлителей ОРУ используются горизонтальная сетка, размером клеток 6х1, 5 м, выполненная из арматурного прута Ø 16 мм в траншеях глубиной 0,5 м, с засыпкой глинистым грунтом.

Заземляющее устройство молниеотводов выполнено обособленным контуром заземления.

3.2 Категории потребителей

Согласно договору с Челябинэнерго подстанция имеет потребителей – I и II категории.

Для обеспечения надежного и бесперебойного питания приемники электроэнергии делятся на три категории.

– К приемникам электроэнергии первой категории относятся такие приемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей или значительный ущерб народному хозяйству, связанный с повреждением дорогостоящего оборудования, массовым браком продукции, расстройством сложного технологического процесса промышленного предприятия, нарушением функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Потребители этой категории должны иметь резерв с системой АВР (автоматическое включение резерва).

– Ко второй категории относятся потребители, отключение которых приведет к уменьшению промышленной продукции, к остановке транспорта, к нарушению ритма жизни города. Эти потребители должны иметь резерв, включение которого осуществляется обслуживающим персоналом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

– К третьей категории относятся цеха непосредственно не связанные с выдачей продукции. Данные потребители резерва не имеют. Их отключение возможно на время смены, за которое производится ремонт, или замена вышедшего из строя оборудования.

3.3 Основное оборудование подстанции «Шахтная»

Назначение, техническая характеристика оборудования.

В цепи каждого силового трансформатора со стороны 35 кВ устанавливается:

а) масляные выключатели типа ВМТ-35кВ;

Выключатели серии ВМТ относятся к электрическим коммутационным аппаратам высокого напряжения, в которых гасящей средой является трансформаторное масло. В основу конструкции выключателя положено одnorазрывное дугогасительное устройство на напряжение 35 кВ. В выключателе типа ВМТ – 35Б три полюса (рис. 1) установлены на общем основании (раме) и управляются одним пружинным приводом. Полюс выключателя ВМТ -35Б представляет собой маслонаполненную колонну, состоящую из опорного изолятора, дугогасительного устройства с токовыми выводами, механизма управления и подогревательных устройств, встроенных в корпус механизма управления (для исполнения УХЛ1).

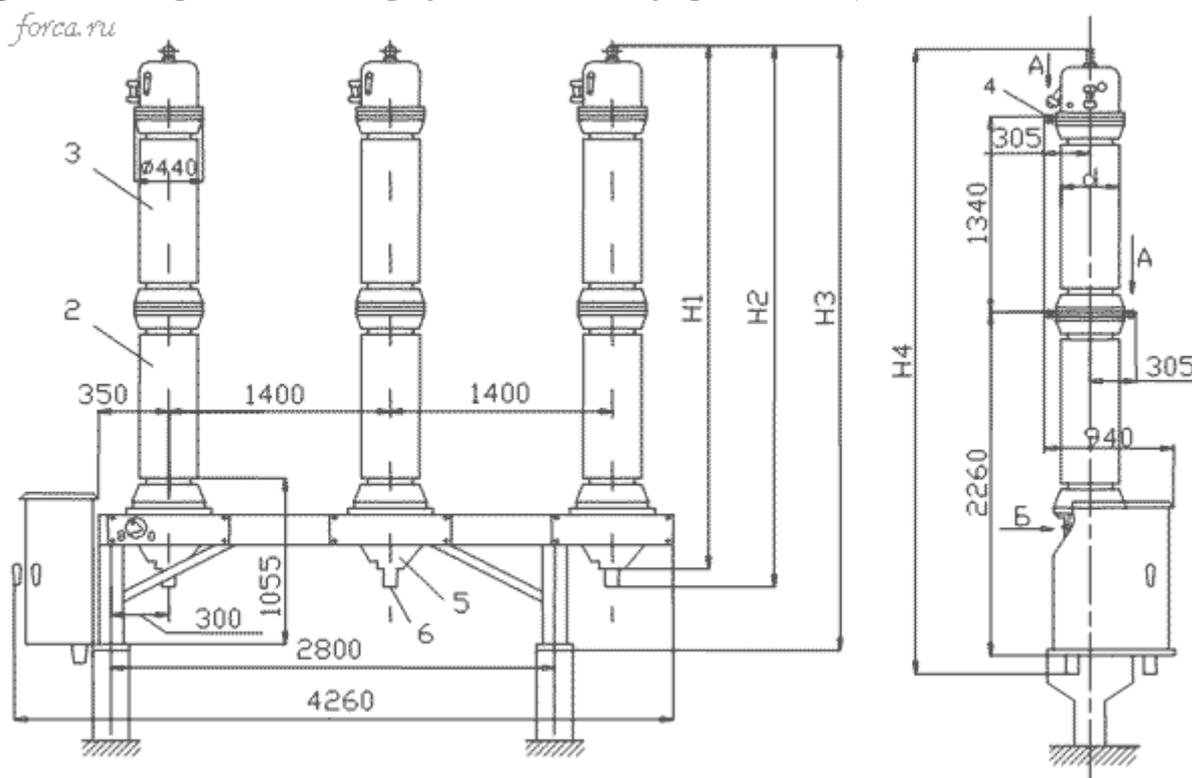


Рис 1. Габаритные, установочные и присоединительные размеры выключателя типа ВМТ-35Б. 1- привод; 2- изолятор опорный; 3- дугогасительное устройство; 4- ввод; 5- механизм управления; 6-подогревательное устройство (для исполнения УХЛ1); 7- рама; 8- указатель положения В и О; 9- кабельная муфта; 10- знак заземления; 11- болт заземления М16-8д.; 12- опора рамы.

б) трансформаторы напряжения типа ТДНС –10000кВа;

- Т - трехфазный,
- Д - система охлаждения дутьевая (естественная циркуляция масла и принудительная циркуляция воздуха),
- Н - наличие регулирования под нагрузкой,
- С - Предназначен для работы в электрических сетях собственных нужд электростанции,
- 10000 - номинальная полная мощность (кВА),
- 110/6 - классы номинального напряжения сети.

в) разрядники типа РВС-110;

Разрядники вентильные серии РВС от 110 до 220 кВ предназначены для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования переменного тока частотой 50 и 60 Гц. Изготавливаются для сетей с эффективно заземленной нейтралью. Разрядник каждого типа серии РВС состоит из нескольких элементов, каждый из которых содержит блок многократных искровых промежутков и рабочих нелинейных резисторов, заключенных в герметично закрытой фарфоровой крышке.

Рабочий резистор разрядника изготовлен из спецмассы «Вилит» и обладает нелинейной вольтамперной характеристикой.

г) разъединители типа ЛР РНДЗ-35/1000У -I, II;

Разъединители линейные, наружной установки, двух колонковые серии РЛНД, предназначены для: создания видимого разрыва электрической цепи с целью обеспечения безопасного обслуживания электротехнического оборудования, включения и отключения обесточенных участков электрической цепи высокого напряжения, токов холостого хода трансформаторов, зарядных токов воздушных линий, а также заземления отключенных участков цепи при помощи встроенных заземлителей. В настоящее время наиболее популярны два типа наружных разъединителей: поворотные (РЛНД) и качающиеся (РЛК).

Разъединитель выполнен в виде трехполюсного (на одной раме) аппарата, горизонтально-поворотного типа, каждый полюс которого имеет один подвижный и один неподвижный изоляторы, несущие на себе токоведущую систему, комплектуется приводом ПРНЗ-10 для ручного включения и отключения главных и заземляющих ножей разъединителя.

д) Разъединители РТ

Разъединители предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрических цепей, находящихся под напряжением, а также заземления отключенных участков при помощи заземлителей.

Разъединители также используют для отключения токов холостого хода трансформаторов и зарядных токов воздушных и кабельных линий.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|-----------------------------|------|
| | | | | | | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | | 19 |

е) трансформаторы тока типа ТФЗМ 35.

Трансформатор ТФЗМ-35 Б-III (ТФЗМ-123 II-III) – это однофазный масляный однокаскадный измерительный трансформатор тока с внешней фарфоровой изоляцией. Предназначен для уменьшения высоких первичных значений тока до значений пригодных для измерений, вырабатывает сигнал измерительной информации для электроизмерительных приборов, а также цепей релейной защиты и автоматики. Одновременно служит изоляцией вторичных цепей от высокого первичного напряжения, что в свою очередь позволяет сделать работу в электроустановках более безопасной, предназначен для установки в электрические сети переменного тока промышленной частоты 50 или 60 Гц.

Структура условного обозначения ТФЗМ-Х₁ Х₂-Х₃/Х₄-Х₅/Х₆ Х₇:

Т - трансформатор тока;

Ф - фарфоровый корпус;

З - вторичная обмотка звеньевоего типа;

М - маслonaполненный;

Х₁ - номинальное напряжение в кВ;

Х₂ - категория внешней изоляции (А, Б, В);

Х₃ - номер конструктивного варианта исполнения;

Х₄ - номинальный класс точности;

Х₅ - номинальный первичный ток, А;

Х₆ - номинальный вторичный ток, А;

Х₇ - климатическое исполнение (У, УХЛ, Т) и категория размещения (1).

Трансформаторы напряжения НФК 110.

Данные трансформаторы являются преобразователями параметров переменного тока и предназначены для питания электрических измерительных приборов, защитных устройств в электрических системах переменного тока частотой 50 гЦ и номинальным напряжением от 110 до 330 кВ включительно. В настоящее время отключен.

Структура условного обозначения:

НКФ-Х-ХХ1:

Н - трансформатор напряжения;

К - каскадный;

Ф - фарфоровая крышка;

Х - класс напряжения первичной обмотки, кВ;

Х - год разработки;

Х 1 - климатическое исполнение (У, ХЛ, Т) и категория размещения по ГОСТ 15150-69 и

ГОСТ 15543.1-89.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 20 |

ЗРУ – 6 кВ.

Шины 6 кВ – служат для передачи и распределения электроэнергии в пределах данного РУ. В РУ – 6 кВ применяются алюминиевые шины прямого сечения, шины соединяются между собой при помощи болтов и сварки. Шины окрашиваются в разные цвета: желтый, зеленый и красный, что соответствует фазам А, В, С. $I_{ном} = 2000\text{А}$

ячейка КРУ

Комплектное распределительное малогабаритное устройство (КРУ) напряжением 6 и 10кВ одностороннего обслуживания предназначено для приема и распределения электрической энергии напряжением 6(10) кВ. Они предназначены для установки внутри помещения и состоят из отдельных шкафов со встроенными в них аппаратами, приборами измерения, релейной защиты, автоматики, сигнализации и управления, соединенные между собой в соответствии с электрической схемой главных цепей распреустройства. Встраиваемая в шкафы аппаратура и присоединения определяют их вид конструктивного исполнения.

Распределительное устройство 6 кВ комплектуется из ячеек КРУ с выключателями ВКЭ-10.

Масляный выключатель ВКЭ – 10 – 20 -1000 УЭ с ПЭВ – (на вводных ячейках). ВКЭ – 10 – 20 -630 УЭ (на отходящих фидерах) – служит для включения и отключения электрических цепей высокого напряжения под нагрузкой, а также для отключения от КЗ или недопустимых перегрузов. $U_{ном} = 6\text{кВ}$

Трансформаторы тока ТОЛ-10-0,5/р, ТПОЛ-10-0,5/3 (трансформатор проходной литой) – служит для уменьшения первичного тока до значений наиболее удобных, для измерений приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защит от первичных цепей высокого напряжения

Трансформаторы напряжения НАМИ – 10, с разрядником РВО -6 – Трехфазный антирезонансный масляный трансформатор напряжения изготовлен для установки в электрических сетях трехфазного переменного тока частоты 50 Гц с изолированной нейтралью с целью передачи сигнала измерительной информации приборам измерения, устройств автоматики, защиты, сигнализации и управления, а также для учета, том числе коммерческого. К нему через автомат подключены приборы, реле, счетчики.

Трансформатор собственных нужд ТСМА – 40 кВА, соединение обмоток звезда, звезда с нулем, группа соединений 12. Преобразует электроэнергию 6/0,4 кВ. Служит для питания собственных нужд подстанции.

Предохранители предназначены для защиты от токов к. з и токов перегрузки. ПК-6 30/15, ПКТ – 10.

Вывод по разделу три.

Подстанция «Шахтная» введена в эксплуатацию в 1997 году. И хотя она считается относительно новой, но некоторое оборудование морально устарело или вышло из строя, а другое требует замены для улучшения качества питания потре-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 21 |

бителей. В связи с этим при разработки этого проекта, было принято решение заменить разрядники ОПН, масляные выключатели с высокой и низкой стороны.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

4 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

4.1 Расчет электрических нагрузок подстанции «Шахтная». Анализ работы трансформаторов существующей сети

Сборные шины 6 кВ подстанции одинарные, секционированные на 2 секции, разделены МСМВ ВКЭ – 10-20-630 УЭ, оборудованные устройством АВР.

Для расчета электрических нагрузок на подстанции «Шахтная» берем показания по каждому отходящему фидеру и находим по формуле расчетную мощность:

$$S_{\text{НОМ}} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

Таблица 1 – Электрические нагрузки

| № фидера | Активная мощность, P, кВт | Реактивная мощность, Q, вар | Расчетная мощность, S _{НОМ} , кВА |
|----------|---------------------------|-----------------------------|--|
| 2 | 833 | 226 | 863,1 |
| ф.6 | 1450 | 168 | 1459,7 |
| ф.8 | 678 | 91 | 684 |
| 10 | 853 | 178 | 871,4 |
| 12 | 363 | | 363 |
| 20 | 1966 | 186,3 | 1974,8 |
| 22 | 308,63 | 59 | 314,2 |
| 24 | 345,5 | 39,9 | 347,8 |
| 26 | 919,4 | 101 | 924,9 |
| 34 | 549,27 | 146 | 568,3 |
| 36 | 634 | 101 | 642 |
| 38 | 534,9 | 125 | 549,3 |
| 42 | 289 | | 289 |
| 40 | 1626,6 | | 836,6 |
| 50 | 449 | 75,3 | 455,3 |
| 52 | 430,7 | 82 | 438,4 |
| 54 | 879,5 | 134 | 889,6 |
| ИТОГО | 13109,5 | 1712,5 | 12471,4 |

На подстанции установлены 2 силовых трансформатора марки ТДНС 10000/35, требуемая мощность $S = 7802,9 + j4668,5$ кВА.

Так как на данной подстанции потребители 1-й и 2-й категории надежности, то следует обеспечить их электроснабжение во всех возможных послеаварийных ситуациях на подстанциях.

Для понижающих подстанций это условие выполняется, если

$$\frac{S_{ав}}{n_m \cdot S_m} \leq k_3; \quad (2)$$

$$\frac{S_{ав}}{(n_m - n_{отк}) \cdot S_m} \leq k_{ав}; \quad (3)$$

где: n_m, S_m - количество и единичная мощность трансформаторов, установленных на подстанции;

$n_{отк}$ - количество отключенных трансформаторов.

$S_{ав}$ определяется по наибольшей нагрузке с учетом возможного резервирования по сети низшего напряжения:

$$S_{ав} = S_{нб} - S_{през}; \quad (4)$$

Наибольшая нагрузка в нормальном режиме:

$$S_{нб} = k_m \cdot S_{н(max)}; \quad (5)$$

где: k_m - коэффициент совмещения максимума.

$S_{н(max)}$ - нагрузка в максимальном режиме, МВА;

$$k_m = 1, S_{през} = 0$$

Расчет коэффициентов $k_{ав}$ и k_3 трансформаторов, установленных на ПС «Шахтная» (ТДНС 10000/35):

$$\underline{S}_{ав} = \underline{S}_{рас} = 13109,5 + j1712,5(\text{кВА}).$$

$$k_{ав} = \frac{\sqrt{13109,5^2 + 1712,5^2}}{(2 - 1) \cdot 10000} = 1,3 < 1,4.$$

$$k_3 = \frac{\sqrt{1109,5^2 + 1712,5^2}}{2 \cdot 10000} = 0,66 < 0,7.$$

Т.е. трансформатор при аварии будет загружен всего на 130%, такой перегруз допустим. Выбор мощности трансформаторов производится согласно стандарту 14209 – 97. В соответствии с которым в аварийных случаях трансформаторы классов напряжения до 110 кВ включительно допускают перегрузку в 1,4 номинальной мощности. Перегрузка допускается на время максимума нагрузки продолжительностью не более 4 ч в сутки при условии, что предшествующая нагрузка составля-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 24 |

ет не более 0,8 номинального значения и температура охлаждения воздуха во время перегрузки 20° С.

Поэтому для двух трансформаторной подстанции при отсутствии резервирования по сетям вторичного напряжения мощность каждого трансформатора должна быть не выше $0,7 S_{\max}$

Для дальнейших расчетов ниже приведем паспортные данные выбранного трансформатора.

Таблица 2 – Паспортные данные трансформатора ТДНС 10000/35

| Тип | S _{НОМ} , кВА | Каталожные данные | | |
|---------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| | | U _{ВННОМ} , кВ | U _{НННОМ} , кВ | u _к , % |
| ТДНС-10000/35 | 10000 | 36,75 | 6,3 | 8 |

Продолжение таблицы 2

| Каталожные данные | | | Расчетные данные | | |
|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| $\Delta P_{к.з}$, кВт | $\Delta P_{x.x}$, кВт | $\Delta I_{x.x}$, % | R _т , Ом | X _т , Ом | $\Delta Q_{x.x}$, кВар |
| 60 | 12,5 | 0,6 | 0,81 | 10,8 | 60 |

Трансформатор имеет РПН $\pm 8 \times 1,5\%$

Определяем стоимость потерь электроэнергии в год, по формуле

$$C_n = C_0 \cdot n \cdot \left(\Delta P_{x.x} + k_9 \cdot \frac{I_{x.x} \cdot S_H}{100} \right) \cdot T + C_0 \cdot n \cdot \left(\Delta P_{к.з} + k_9 \cdot \frac{U_{к.з} \cdot S_H}{100} \right) \cdot \tau, \quad (6)$$

где C₀ – стоимость электроэнергии за 1 кВт/ч;

n – число трансформаторов, шт;

k₉ – экономический эквивалент реактивной мощности;

T – время средней загрузки за год, час;

τ – время потерь, час.

$$C_1 = 3,10 \cdot 2 \cdot \left(12,5 + 1,4 \cdot \frac{0,6 \cdot 10000}{100} \right) \cdot 8760 + 3,10 \cdot 2 \cdot \left(60 + 1,4 \cdot \frac{8 \cdot 10000}{100} \right) \cdot 5000 = 39961108 \text{ руб} = 39961 \text{ тыс. руб}$$

4.2 Расчет питающих линий (ВЛ)

Определяем марку проводов двух воздушных линий питающихся от ГПП – 35 кВ по следующим исходным данным: S_{max} = 12471,4 кВА; U_н = 37 кВ; cos φ = 0,95; L = 3,4 км; r₀ = 0,27 Ом/км; x₀ = 0,4 Ом*км.

а) Выбираем марку провода (всегда АС - алюминь сталь).

б) Определяем ток линии в нормальном режиме при максимальной нагрузке по формуле

$$I_{рас} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} * U_n}, \quad (7)$$

где S_{max} – максимальная нагрузка подстанции, кВА;

n – количество линий, шт;

U_n – номинальное напряжение, кВ.

$$I_{рас} = \frac{12471,4}{\sqrt{3} * 37} = \frac{12471,4}{64} = 194,6 \text{ А}$$

Для учета температуры окружающей среды вводится поправочный коэффициент K_1 . Для температуры 30^0 С , $K_1 = 0,93$.

$$I'_{рас} = \frac{I_{рас}}{K_1}, \quad (8)$$

$$I'_{рас} = \frac{194,6}{0,93} = 209 \text{ А}$$

в) Определяем экономически наиболее выгодное сечение по формуле

$$S_{эк} = \frac{I'_{рас}}{j_э}, \quad (9)$$

где $I'_{рас}$ – ток линии в нормальном режиме при максимальной нагрузке, А;

$j_э$ – экономическая плотность тока.

$$S_{эк} = \frac{209}{1} = 209 \text{ мм}^2$$

Принимаем марку провода АС-70 т.к. $I_{доп} = 265 \text{ А}$, а условие $I_{доп} > I_{рас}$ выполняется, значит по току проходит.

г) Определяем потерю напряжения по формуле:

$$U_{рас} = \frac{\sqrt{3} * I * L * 100}{U_{ном}} * (r_0 * \cos \varphi + x_0 * \sin \varphi), \quad (10)$$

где L – длина питающей линии, км.

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}, \quad (11)$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,95^2} = \sqrt{0,0975} \approx 0,3$$

$$U_{рас} = \frac{\sqrt{3} * 209 * 3,5 * 100}{37000} * (0,27 * 0,95 + 0,4 * 0,3) = 1,3\%$$

$$U_{доп} = 5\%$$

По условию $U_{доп} \geq U_{рас}$, $5\% > 1,3\%$, это условие выполняется, значит и по потере напряжения выбранное сечение провода проходит, тогда оставляем провод АС-70.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 26 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ

4.3 Расчет токов на вводе РУ 35 кВ

Расчет токов нагрузок на присоединениях подстанции в длительном (нормальном) и в аварийном (утяжеленном) режимах

Все электрические аппараты, токоведущие части и изоляторы должны быть выбраны по условиям продолжительной работы и проверены по условиям короткого замыкания.

Продолжительный режим имеет место, когда электроустановка находится в нормальном (предусмотрен планом эксплуатации) или утяжеленном (это режим плановых профилактических и капитальных ремонтов, а также режим, в котором часть элементов электроустановки вышла из строя или выведена в ремонт вследствие аварийного отключения) режимах.

Определим расчетные токи продолжительного режима работы для каждого присоединения на стороне ВН и НН.

Полная мощность со стороны высокого напряжения, питающая подстанцию.

$$S_{ВН} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{13109,5^2 + 1712,5^2} = 13221,9 \text{ кВА}$$

Рабочий ток питающих линий:

$$I_{\text{раб.пит.л}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}} * n}, \text{ А} \quad (12)$$

$$I_{\text{раб.пит.л}} = \frac{13221,9 * 10^3}{\sqrt{3} * 37 * 10^3 * 2} = 103,2 \text{ А}$$

где $S_{\text{нагр}}$ – мощность нагрузки подстанции, ВА.

$U_{\text{ВН}}$ – высшее напряжение подстанции, кВ;

n – количество питающих линий.

Максимальный ток питающих линий в аварийном режиме:

$$I_{\text{ав.пит.л}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{ВН}} * (n-1)}, \text{ А} \quad (13)$$

$$I_{\text{ав.пит.л}} = \frac{13221,9 * 10^3}{\sqrt{3} * 37 * 10^3 * (2-1)} = 206,3 \text{ А}$$

Рабочий ток на стороне низкого напряжения от трансформатора до шин 6 кВ:

$$I_{\text{нор.нн}} = \frac{S_{\text{нагр}}/2}{\sqrt{3} * U_{\text{НН}} * 2} \quad (14)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 27 |

где $S_{\text{нагр}}$ – мощность нагрузки подстанции на стороне НН, ВА.
 $U_{\text{НН}}$ – среднее напряжение подстанции на низкой стороне, В;

$$I_{\text{нор.нн}} = \frac{13221,9/2}{\sqrt{3} * 6,3 * 10^3 * 2} = 303 \text{ А}$$

Максимальный ток на стороне низкого напряжения трансформатора:

$$I_{\text{авар.л.нн}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НН}} * 2} \quad (15)$$

$$I_{\text{авар.л.нн}} = \frac{13221,9}{\sqrt{3} * 6,3 * 10^3 * 2} = 606 \text{ А}$$

Рабочий ток отходящих линий 6 кВ:

$$I_{\text{раб.отх.}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} * U_{\text{НН}} * n_{\text{отх}}} \quad (16)$$

$$I_{\text{раб.отх.}} = \frac{13221,9 * 10^3}{\sqrt{3} * 6,3 * 10^3 * 20} = 60,7 \text{ А.}$$

где $n_{\text{отх}}$ – количество отходящих линий 6 кВ, равное 20.

Максимальный ток отходящих линий 6 кВ, при условии, что одна из линий отключилась:

$$I_{\text{авар.отк}} = \frac{n}{n-1} * I_{\text{раб.отх}} \quad (17)$$

$$I_{\text{авар.отк}} = \frac{20}{20-1} * 60,7 = 63,7 \text{ А}$$

4.4 Выбор схемы распределительного устройства 6 кВ

РУ НН выполнено по схеме две одиночные секционированные системы шин.

Каждая секция шин имеет свой источник питания, секции могут работать как совместно, так и раздельно. В электроустановках стремятся снизить токи короткого замыкания, для снижения этого секционный выключатель, в нормальном режиме, должен находиться в отключенном состоянии.

По данной схеме возможно электроснабжение потребителей первой и второй категории.

Достоинства данной схемы – простота, наглядность, экономичность, достаточно высокая надежность.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 28 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | | | | | |

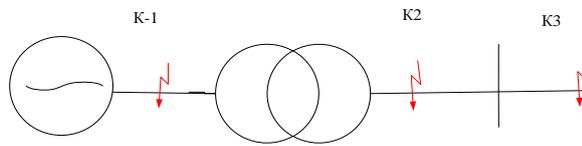


Рисунок 4 - Электрическая схема для расчета токов короткого замыкания подстанции

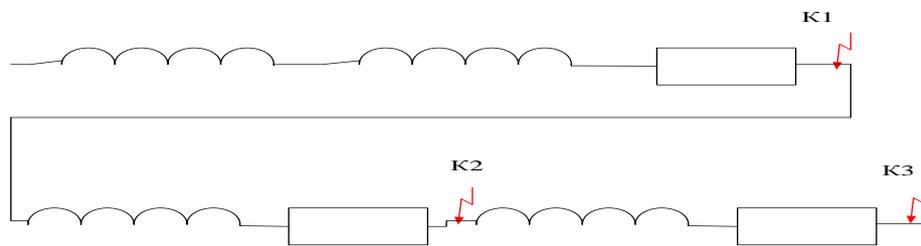


Рисунок 5 – Схема замещения

Задаю исходные величины:

$U_{кз} = 8 \%$ - напряжение короткого замыкания

$\Delta P_{кз} = 60$ кВА – потери активной мощности

$L_{л} = 3,5$ км – длина воздушной линии

$S_{нт} = 10000$ кВА – номинальная мощность трансформатора

Все расчеты производятся в относительных величинах, поэтому задаются базисные величины:

$S_б = 100$ МВА – базисная мощность

$S_{кз} = 80$ МВА базисная мощность КЗ

$U_{б1} = 37$ кВА базисное напряжение (в точке K_1)

$U_{б2} = 6,3$ кВА - базисное напряжение (в точке K_2 и K_3)

Определяем сопротивление в цепях КЗ (от источника питания до конечной точки):

Определяем индуктивное сопротивление источника питания:

$$X_{*u} = \frac{S_{\sigma}}{S_{K3}}, \quad (18)$$

$$X_{*u} = \frac{100}{80} = 1,25$$

Определяем индуктивное и активное сопротивление воздушной линии:

$$X_{вл1} = X_0 * L \quad (19)$$

где: X_0 – удельное индуктивное сопротивление.

L – длина воздушной линии.

$$X_{вл1} = 0,4 * 3,5 = 1,4 \text{ Ом}$$

$$R_0 = \frac{10^3}{30 * 70} = 0,48 \text{ Ом}$$

$$R_{вл к1} = R_0 * L \quad (20)$$

$$R_{вл к1} = 0,48 * 3,5 = 1,68 \text{ Ом}$$

Определяем индуктивное и активное сопротивление кабельной линии:

$$X_{кл3} = X_{0к3} * l \quad (21)$$

$$X_{кл3} = 0,07 * 0,2 = 0,014 \text{ Ом}$$

$$R_{кл3} = R_0 * l$$

$$R_{кл3} = 1,95 * 0,2 = 0,39 \text{ Ом}$$

$$R_0 = \frac{10^3}{\gamma * S}, \quad (22)$$

где R_0 – удельное активное сопротивление зависит от сечения кабеля, так как у нас кабель ААШВ (3*16).

γ - табличное значение, для алюминия

$$\gamma = 30 \text{ м/Ом*мм}^2$$

s – сечение кабеля

Определяем индуктивное и активное сопротивление обмотки трансформатора:

$$X_{т.к2} = \frac{U_{к3}}{100} * \frac{S_{\sigma}}{S_{HT}}, \quad (23)$$

$$X_{т.к2} = \frac{8}{100} * \frac{100}{10} = 0,8 \text{ Ом}$$

$$R_{т.к2} = \frac{\Delta P_{к3}}{S_{Hm}} * \frac{S_{\sigma}}{S_{Hm}}, \quad (24)$$

$$R_{т.к2} = \frac{60}{10000} * \frac{100}{10} = 0,06 \text{ Ом}$$

Найдем суммарное сопротивление до заданных точек:

$$т. К_1 \quad \sum R_{к1} = R_{к,вл} \quad (25)$$

$$\sum R_{к1} = 1,68 \text{ Ом}$$

$$\sum X_{к1} = X_{и} + X_{вл1} \quad (26)$$

$$\sum X_{к1} = 1,25 + 1,4 = 2,65 \text{ Ом}$$

$$\text{т. К}_2 \quad \sum R_{K2} = \sum R_{K1} + R_{K2.тр} \quad (27)$$

$$\sum R_{K2} = 1,68 + 0,06 = 1,74 \text{ Ом}$$

$$\sum X_{K2} = \sum X_{K1} + X_{K2.тр} \quad (28)$$

$$\sum X_{K2} = 2,65 + 0,8 = 3,45 \text{ Ом}$$

$$\text{т. К}_3 \quad \sum R_{K3} = \sum R_{K2} + R_{K3.кл} \quad (29)$$

$$\sum R_{K3} = 1,74 + 0,014 = 1,75 \text{ Ом}$$

$$\sum X_{K3} = \sum X_{K2} + X_{K2.кл} \quad (30)$$

$$\sum X_{K3} = 3,45 + 0,39 = 3,84 \text{ Ом}$$

Рассчитаем токи КЗ в заданных точках. Определяем периодическую составляющую в заданных точках:

$$I_{n0} = \frac{I_6}{Z}, \text{ кА} \quad (31)$$

где Z – полное сопротивление участка, определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{\sum X^2 + R^2}, \quad (32)$$

При условии, что $\frac{\sum R}{\sum X} > \frac{1}{3}$, если $\frac{\sum R}{\sum X} \leq \frac{1}{3}$, то $Z = \sum X$.

$$\text{Для т. К}_1: \quad \frac{\sum R_1}{\sum X_1} = \frac{1,68}{1,4} = 1,2 > \frac{1}{3}$$

$$Z = \sqrt{1,4^2 + 1,68^2} = 2,2 \text{ Ом}$$

$$\text{Для т. К}_2: \quad \frac{\sum R_2}{\sum X_2} = \frac{0,06}{0,8} = 0,075 < \frac{1}{3}$$

$$Z = 0,8 \text{ Ом}$$

$$\text{Для т. К}_3: \quad \frac{\sum R_3}{\sum X_3} = \frac{0,39}{0,014} = 27 > \frac{1}{3}$$

$$Z = \sqrt{0,39^2 + 0,014^2} = 0,39 \text{ Ом}$$

Определяем периодическую составляющую КЗ в заданных точках:

$$I_{n0} = \frac{I_6}{Z}, \text{ А} \quad (33)$$

Определяем базисные токи по формуле:

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B}; \quad (34)$$

$$I_{\sigma_{к1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,6 \text{ кА};$$

$$I_{\sigma_{к2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2 \text{ кА};$$

$$I_{\sigma_3} = I_{\sigma_2}$$

$$I_{n0K1} = \frac{1,6}{2,2} = 0,7 \text{ кА}$$

$$I_{n0K2} = \frac{9,2}{0,8} = 11,5 \text{ кА}$$

$$I_{n0K3} = \frac{9,2}{0,39} = 23,6 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в расчетных точках:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * K_y * I_{n0}, \text{ кА} \quad (35)$$

где K_y – коэффициент ударный, определяем по кривым в зависимости от соотношения $\frac{\sum R}{\sum X}$

$$K_{y1} = 1$$

$$K_{y2} = 1,98$$

$$K_{y3} = 1$$

$$i_{уд1} = \sqrt{2} * 1 * 0,7 = 0,99 \text{ кА}$$

$$i_{уд2} = \sqrt{2} * 1,98 * 11,5 = 32,2 \text{ кА}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} * 1 * 23,6 = 33,4 \text{ кА}$$

Определяем мощности КЗ в заданных точках:

$$S_{кз} = \sqrt{3} * U_6 * i_{уд}, \text{ МВА} \quad (36)$$

$$S_{кз1} = \sqrt{3} * 37 * 0,99 = 63,4 \text{ МВА}$$

$$S_{кз2} = \sqrt{3} * 6,3 * 32,2 = 351,4 \text{ МВА}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 34 |

$$S_{кз3} = \sqrt{3} * 6,3 * 33,4 = 364,5 \text{ МВА}$$

Данные расчёта сводим в таблицу 3

Таблица 3 – Токи короткого замыкания

| Точки КЗ | $x_{результ}$ | $I_{п0}$, кА | $i_{уд}$, кА | $S_{к.з.}$, МВА |
|----------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| K ₁ | 0,04 | 0,7 | 0,99 | 63,4 |
| K ₂ | 0,74 | 11,5 | 32,22 | 351,4 |
| K ₃ | 1,48 | 23,6 | 33,4 | 364,5 |

4.7 Выбор электрооборудования

4.7.1 Выбор коммутационной аппаратуры ВН

1) Выбор высоковольтных выключателей.

При модернизации открытого распределительного устройства подстанции «Шахтная» выбираем элегазовый высоковольтный выключатель ВГТ-35 – 50/3150. Паспортные данные выбранного выключателя приведены ниже.

Таблица 4 – Паспортные данные выключателя ВГТ-35 – 50/3150

| Наименование параметра | ВГТ-35 – 50/3150. |
|-----------------------------------|-------------------|
| Номинальное напряжение, кВ | 35 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 40,5 |
| Номинальный ток, А | 3150 |
| Номинальный ток отключения, кА | 50 |
| Ток термической стойкости | 50 |
| Ток эл.динамической стойкости | 122,5 |
| Собственное время отключения, с | 0,035 |
| Собственное время включения, с | 0,062 |
| Тип привода | Пружинный |

Проверяем по напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{сет.ном}$$

Проверяем по длительному току:

$$I_{ном} \geq I_{макс.}$$

Проверяем на симметричный ток отключения:

$$I_{ном} \geq I_{пт}$$

Проверяем на возможность отключения аperiodической составляющей токов КЗ:

$$i_{а.ном} \geq i_{ат}$$

$$i_{а.ном} = \sqrt{2} * \beta_{норм} * I_{откл.ном} / 100$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 35 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} * I_{нт} * e^{\frac{-\tau}{T_a}};$$

где T_a – постоянная времени затухания тока КЗ (для распределительного устройства подстанции $T_a = 0,05c$).

Проверяем на электродинамическую стойкость:

$$I_{пр.скв} \geq I_{н0},$$

где $I_{пр.скв}$ - действующее значение периодической составляющей предельного сквозного тока КЗ.

Проверяем на термическую стойкость

$$I_{тер}^2 * t_{тер} \geq B_k \quad (37)$$

$$B_k = I_{н0}^2 * (t_{откл.} + T_a), \quad (38)$$

где $t_{откл.}$ – максимальное время отключения повреждения на этом участке.

Таблица 5 – Выбор выключателя ВГТ-35 – 50/3150

| Условия выбора | Расчетные величины | Каталожные данные выключателя |
|--------------------------------|--------------------------|---|
| $U_{ном} \geq U_{сет.ном}$ | $U_{сет.ном} = 35кВ$ | $U_{ном} = 35кВ$ |
| $I_{ном} \geq I_{макс}$ | $I_{макс} = 700А$ | $I_{ном} = 3150 А$ |
| $I_{ном.откл} \geq I_{нт}$ | $I_{ном.откл} = 11,5 кА$ | $I_{ном.откл} = 50кА$ |
| $I_{дин.} \geq I_{н0}$ | $I_{н0} = 700А$ | $I_{дин.} = 50кА$ |
| $i_{а.ном} \geq i_{a\tau}$ | $i_{a\tau} = 2,64кА$ | $i_{а.ном} = 20,1кА$ |
| $I_{тер}^2 * t_{тер} \geq B_k$ | $B_k = 396,75кА * c$ | $I_{тер}^2 * t_{тер} = 50^2 * 3 = 7500кА * c$ |

Из произведенных расчетов можно сделать вывод, что данный выключатель проходит по всем параметрам.

2) Выбор разъединителя. Разъединители выбираются по следующим условиям:

а) по номинальному напряжению:

$$U_{ном} \geq U_{уст},$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение разъединителя, кВ

$U_{уст}$ - напряжение установки, кВ.

б) по номинальному току:

$$I_{ном} \geq I_{макс},$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток разъединителя

$I_{макс}$ – максимальный расчетный ток продолжительного режима, протекающий через разъединитель, А.

в) проверка на электродинамическую стойкость:

$$i_{дин} \geq i_{уд},$$

где $i_{дин}$ – предельный сквозной ток короткого замыкания, определяемый по каталогу, кА.

г) проверка на термическую стойкость:

$$I_{\text{тер}}^2 * t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}},$$

где $I_{\text{тер}}^2$ - ток термической стойкости разъединителя, кА

$t_{\text{тер}}$ – длительность протекания тока термического, с

$B_{\text{к}}$ тепловой импульс по расчету, кА² с.

С учетом этих требований оставляем действующий разъединитель РНДЗ 35/1000У1. Сведения по выбору разъединителя приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Выбор разъединителя РНДЗ 35/1000У1

| Условия выбора | Расчетные величины | Каталожные данные разъединителя |
|---|--------------------|---------------------------------|
| $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ | 35кВ | 35кВ |
| $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{мах}}$ | 700А | 1000А |
| $i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$ | 9,9кА | 63кА |
| $I_{\text{тер}}^2 * t_{\text{тер}} \geq B_{\text{к}}$ | 396,75кА*с | 4800 кА ² *с |

2) Выбор ограничителя перенапряжения 35 кВ

На подстанции для защиты от коммутационных и грозовых перенапряжений высоковольтного оборудования используются вентильные разрядники РВС. Они имеют ряд недостатков: нестабильность напряжения пробоя, чувствительность срабатывания разрядников РВС в грозовой период ниже, увеличена длина утечки внешней изоляции, не устойчивы к токам короткого замыкания, при срабатывании возникает «земля» в сети 35кВ, что требует ее отыскания и приводит к простоям оборудования; высокий уровень шума, высокое значение коэффициента нелинейности материала (велита).

Ограничители ОПН - это современное оборудование, имеющее малые габариты, вес и стоимость, требующее минимум затрат на ремонт, достаточно большой коммутационный и механический ресурс. Главным отличием ОПН от РВС является применение взрывобезопасной полимерной изоляции, вместо устаревшей и ненадежной фарфоровой.

Оценка полезного эффекта улучшение качества защиты при атмосферных перенапряжениях, исключение простоя оборудования, взрывобезопасность, высокая гидрофобность, способность работать в условиях промышленных загрязнений.

Поэтому следует установить ограничители ОПН, которые выбираем по следующим условиям:

- по длительно допустимому рабочему напряжению $U_{\text{нр}}$;
- по номинальному напряжению $U_{\text{опн}}$; - по величине импульсного разрядного тока $I_{\text{р}}$;
- по величине коммутационных перенапряжений; 28
- по величине грозовых перенапряжений;
- защитному уровню ограничителя;

- величине тока срабатывания противозрывного устройства (ток взрывобезопасности) $I_{доп}$;
- по механической нагрузке;
- по уровню частичных разрядов.

Для сети 35 кВ с учетом технического задания ближайшее значение $U_{нро}=37$ кВ. Приняты ОПН компании «Альфа - Энергетика» г.Москва.

Выбор ОПН по условиям обеспечения взрывобезопасности. Выбранный ОПН имеет ток срабатывания противозрывного устройства и номинальный разрядный ток равными 40 кА и 10 кА соответственно, что больше тока трехфазного КЗ на шинах ВН подстанции (4,59 кА), и соответствуют приведенным выше требованиям.

3. Выбор класса энергоемкости. Величина энергоемкости ограничителя ОПН-35/550/37-10-III(IV)-УХЛ1 – 3,4 кДж/кВ.

3)Выбираем измерительный трансформатор тока типа ТФЗМ- 35/20 600/5, предназначенного для ВГТ-35 – 50/3150

Таблица 7– Выбор измерительного трансформатора тока

| Условия выбора | Расчетные величины | Каталожные данные разъединителя |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| $U_{ном} \geq U_{уст}$ | 35кВ | 35 кВ |
| $I_{ном} \geq I_{max}$ | 700А | 1000 |
| $I_{тер}^2 * t_{тер} \geq B_k$ | 396,75кА*с | 3186кА |

4.7.2 Выбор коммутационной аппаратуры НН

1) Выбор шин

Шины выбираются по расчетному току $I_{рас.}$, А, по формуле

$$I_{рас.} = \frac{S_H}{U_H * \sqrt{3}} \quad (39)$$

где S_H – номинальная мощность трансформатора, кВА;

U_H – номинальное напряжение, кВ.

$$I_{рас.} = \frac{10000}{6,3 * \sqrt{3}} = 916 \text{ А}$$

Тогда расчетный ток с учетом поправочного коэффициента будет равен:

$$I'_{рас.} = \frac{I_{рас.}}{K_1 * K_2 * K_3} \quad (40)$$

где K_1 – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды (берется по табличным данным), $K_1 = 1,05$;

K_2 – поправочный коэффициент на расположение шин, $K_2 = 0,95$;

K_3 – поправочный коэффициент для многополосных шин (в данном случае не берется, так как шины однополосные).

$$I'_{рас.} = \frac{916}{1.05 * 0.95} = 918.3 \text{ А}$$

Исходя из расчетного тока, выбираем однополосную алюминиевую шину: 100 х 8 мм, $I_{д. доп.} = 1625 \text{ А}$, тогда $I_{д. доп.} = 1625 \text{ А} > I'_{рас.} = 918,3 \text{ А}$, значит шину выбрали верно.

Выбранная шина проверяется на динамическую прочность.

Сила трехфазного короткого замыкания, F^3 (кГс), вычисляется по формуле

$$F^3 = 1.76 * \frac{i_{уд.}^2}{a} * L * 10^{-1}, \quad (41)$$

где a – расстояние между шин, $a = (250 \div 350)$ мм;

L – расстояние между изоляторами, $L = (1000 \div 1500)$ мм;

$i_{уд.}$ – ударный ток короткого замыкания,

$i_{уд.} = 33,4 \text{ кА}$.

$$F^3 = 1.76 * \frac{33,4^2}{300} * 1000 * 10^{-1} = 651,2 \text{ А}$$

Изгибающий момент, действующий на шину, при коротком замыкании, $M_{из.}$ (кГс*см), вычисляем по формуле

$$M_{из.} = \frac{F^3 * L}{10} \quad (42)$$

$$M_{из.} = \frac{651,2 * 1000}{10} = 65120 \text{ кГс * см}$$

Момент сопротивления шины, $W_{сопр.}$ (см³), определяем по формуле

$$W_{сопр.} = \frac{h^2 * b}{6}, \quad (43)$$

где h – ширина шины, мм, $h = 100$ мм;

b – толщина шины, мм, $b = 8$ мм.

$$W_{сопр.} = \frac{100^2 * 8}{6} = 13333 \text{ мм}^3$$

Напряжение в материале шины, σ (кГс / см³), определяем по формуле

$$\sigma = \frac{M_{из.}}{W_{сопр.}} \quad (44)$$

$$\sigma = \frac{65120}{13333} = 4,8 \text{ кГс / см}^3$$

$$[\sigma_0] = 700 \text{ кГс / см}^3 \geq \sigma_{расч.} = 4,8 \text{ кГс / см}^3,$$

значит шина динамически устойчива.

Термическая прочность шин определяется по минимальному сечению. Минимальное сечение шины, $S_{мин.}$ (мм²), выбираем по формуле:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 39 |

$$S_{\text{мин.}} = \frac{I_{\text{кз}}}{c} * \sqrt{t_{\text{прив}}}, \quad (45)$$

где $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания, А;

c – коэффициент, для алюминия, $c = 90$;

$t_{\text{прив.}}$ – приведенное время протекания в цепи тока короткого замыкания,
 $t_{\text{прив.}} = 0,8$.

$$S_{\text{мин.}} = \frac{23600}{90} * \sqrt{0,8} = 234,5 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{выбр.}} = h * b, \quad (46)$$

где h – ширина шины, мм, $h = 100$ мм;

b – толщина шины, мм, $b = 8$ мм.

$$S_{\text{выбр.}} = 100 * 8 = 800 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{выбр.}} = 800 \text{ мм}^2 > S_{\text{мин.}} = 234,5 \text{ мм}^2$$

2) Выбор водных и секционных высоковольтных выключателей.

Для установки вакуумного выключателя на шинах 6кВ подстанции шахтная выбираем выключатель ВВ/TEL- 10 -1 2,5/1000 – У1. Произведем проверку:

а) по номинальному напряжению:

$$U_{\text{н.выкл}} \geq U_{\text{ном}}$$

$$10\text{кВ} > 6,3 \text{ кВ}$$

где $U_{\text{н.выкл}}$ номинальное напряжение выключателя.

б) по номинальному току:

$$I_{\text{н.вык.}} \geq I_{\text{мах цепи}}$$

$$1000 \text{ А} > 606\text{А},$$

где $I_{\text{н.вык.}}$ - номинальный ток выключателя

$I_{\text{мах цепи}}$ – максимальный ток цепи со стороны низковольтного трансформатора.

$$I_{\text{н.вык.}} \geq I_{\text{н. цепи}}$$

$$1000 \text{ А} > 303\text{А},$$

в) на номинальный ток отключения:

$$I_{\text{н.отк.}} \geq I_{\text{п(кз)}}$$

$$12,5 \text{ кА} > 11,5\text{А}$$

Время от начала короткого замыкания до прекращения соприкосновения дугогасительных контактов:

$$\tau = t_{3,\text{min}} + t_{\text{с.в}} \quad (47)$$

$$\tau = 001 + 0,035 = 0,025\text{с},$$

где $t_{3,\text{min}}$ – минимальное время действия релейной защиты,

$t_{\text{с.в}}$ – собственное время отключения выключателя

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 40 |

Определим аperiodическую составляющую тока КЗ в момент расхождения контактов:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} I_{пг} e^{-\frac{\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 11,5 \cdot e^{-\frac{0,025}{0,05}} = 7,9 \text{ кА},$$

где T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока короткого замыкания.

$$i_{a,ном} = \sqrt{2} \cdot \frac{\beta_n \%}{100\%} \cdot I_{ном.выкл.} = \sqrt{2} \cdot \frac{63}{100} \cdot 12,5 = 11,14 \text{ кА}$$

где β – допустимое относительное содержание аperiodической составляющей в отключаемом токе.

$$i_{a\tau} \leq i_{a,ном};$$

$$7,9 \text{ кА} \leq 11,14 \text{ кА}.$$

г) на электродинамическую устойчивость:

$$i_y \leq i_{дин.};$$

$$32,2 \text{ кА} \leq 52 \text{ кА}$$

д) на термическую стойкость по тепловому импульсу тока КЗ:

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} \geq B_k,$$

где B_k – расчетный тепловой импульс

$I_{тер}^2$ – предельный ток термической стойкости,

$t_{тер}$ – длительность протекания тока термической стойкости.

$$I_{тер}^2 \cdot t_{тер} = 12,5^2 \cdot 3 = 468 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

д) определяем тепловой импульс, выделяемый током короткого замыкания:

$$B_k = I_{п(кз)}^2 \cdot (t_{отк} + T_a) \quad (48)$$

$$t_{отк} = t_{рз} + t_{отк.в}$$

где $t_{рз}$ – время действия основной защиты трансформатора,

$t_{отк.в}$ – полное время отключения выключателя.

$$t_{отк} = 0,1 + 0,09 = 0,19 \text{ с}$$

$$B_k = 11,5^2 \cdot (0,19 + 0,05) = 31,74 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

из этого получаем, что

$$31,74 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 468 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Все каталожные и расчетные данные сводим в таблицу 8.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 41 |

Таблица 8 – Выбор вводных и секционных выключателей шин 6 кВ

| Расчетные данные | Каталожные данные выключателя ВВ/TEL- 10 -12,5/1000 – У1 |
|--|---|
| $U_{\text{НОМ}} = 6,3 \text{ кВ}$ | $U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{макс цепи}} = 606 \text{ А}$ | $I_{\text{н}} = 1000 \text{ А}$ |
| $I_{\text{п(кз)}} = 11,5 \text{ кА}$ | $I_{\text{н.отк}} = 12,5 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{А,т}} = 7,9 \text{ кА}$ | $i_{\text{а ном}} = 11,4 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{у}} = 2,2 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$ |
| $B_{\text{к}} = 31,74 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 468 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

После произведенных расчетов видно, что выключатели ВВ/TEL- 10 - 12,5/1000 – У1 удовлетворяют условиям проверки.

Аналогично выбираем выключатели на отходящие фидера ВВ/TEL- 10 - 12,5/630 – У1

Таблица 9 – Выбор выключателей отходящих фидеров 6 кВ

| Расчетные данные | Каталожные данные выключателя ВВ/TEL- 10 -12,5/1000 – У1 |
|--|---|
| $U_{\text{НОМ}} = 6,3 \text{ кВ}$ | $U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{макс цепи}} = 63,7 \text{ А}$ | $I_{\text{н}} = 630 \text{ А}$ |
| $I_{\text{п(кз)}} = 11,5 \text{ кА}$ | $I_{\text{н.отк}} = 12,5 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{А,т}} = 7,9 \text{ кА}$ | $i_{\text{а ном}} = 11,4 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{у}} = 33,4 \text{ кА}$ | $I_{\text{дин}} = 52 \text{ кА}$ |
| $B_{\text{к}} = 31,74 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ | $I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 432 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ |

3) Выбор трансформаторов тока

Трансформатор тока (ТТ) предназначен для уменьшения первичного тока до величин, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Проверяем установленные на вводных ячейках 6 кВ ТТ типа ТОЛ-6.

Таблица 10 - Выбор и проверка трансформаторов тока

| Расчётные данные | Каталожные данные |
|---------------------------------------|--|
| $U_{уст} = 6,3 \text{ кВ}$ | $U_H = 10 \text{ кВ}$ |
| $I_{\text{раб.макс}} = 606 \text{ А}$ | $I_H = 2500 \text{ А}$ |
| $B_K = 31,74 \text{ кА}^2\text{с}$ | $I_m^2 t_m = 31,5^2 \cdot 3 = 2977 \text{ кА}^2\text{с}$ |
| $i_y = 32,2 \text{ кА}$ | $i_{\text{пр.с}} = 152,5 \text{ кА}$ |

На низкой стороне контроль за работой трансформатора ведется с помощью: счетчиков активной и реактивной энергии, амперметра, ваттметра, варметра. Данные контрольно – измерительных приборов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Данные контрольно - измерительных приборов

| Прибор | Тип прибора | S прибора, В*А |
|----------------------------|-------------|----------------|
| Амперметр | Э365 | 2 |
| Счетчик активной энергии | СЕ301 –S31 | 1,5 |
| Счетчик реактивной энергии | СЕ301 –S31 | 1,5 |
| Ваттметр | Д365 | 2 |
| Варметр | Д365 | 2,1 |
| Итого | | 9,1 |

Расчет вторичной нагрузки трансформаторов тока:

$$r_{\text{приб}} = \frac{9,1}{5^2} = 0,36 \text{ Ом}$$

Для трансформаторов тока ТОЛ – 6 в классе точности 0,5, $Z_{2\text{ном}} = 1,2 \text{ Ом}$. Допустимое сопротивление провода:

$$r_{\text{пров.}} = Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_K \quad (49)$$

$$r_{\text{пров}} = 1,2 - 0,36 - 0,1 = 0,94 \text{ Ом}$$

Для подстанции используется кабель с жилами из алюминия, длина которого составляет 60м.

$$q = \frac{\rho \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{рас}}}{r_{\text{пров}}} \quad (50)$$

$$q = \frac{0,0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 60}{0,94} = 3,2 \text{ мм}$$

Принимаем контрольный кабель с алюминиевыми жилами сечением 4мм^2 .

$$q_1 = \frac{0.0283 \cdot \sqrt{3} \cdot 60}{4} = 0,73$$

Нагрузка на вторичной обмотке:

$$r_2 = 0,733 + 0,36 + 0,1 = 1,19 \text{ Ом}$$

4) Выбираем трансформатор напряжения типа НТМИ – 6

Измерительные трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для преобразования напряжения до значения, удобного для измерения. Трансформаторы, предназначенные для присоединения счётчиков, должны отвечать классу точности 0,5. Для присоединения щитовых измерительных приборов используют трансформаторы классов 1,0 и 3,0; для релейной защиты – 5Р.

Трансформаторы напряжения выбирают:
по напряжению:

$$U_{уст} \leq U_n;$$

по конструкции и схеме соединения обмоток;
по классу точности;
по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_n,$$

где S_n - номинальная мощность в выбранном классе точности;

$S_{2\Sigma}$ - нагрузка всех измерительных приборов и реле, присоединённых к трансформатору напряжения, В·А

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cdot \cos \varphi_{\text{приб}}\right)^2 + \left(\sum S_{\text{приб}} \cdot \sin \varphi_{\text{приб}}\right)^2} = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}. \quad (51)$$

Рассмотрим выбор трансформатора напряжения на шинах 6 кВ. Примем к установке трехфазный трансформатор напряжения типа НТМИ–6–УХЛ1 с номинальной мощностью в классе точности 0,5 $S_{2н} = 200 \text{ В}\cdot\text{А}$ [14].

$$S_{2н} = 200 \text{ В}\cdot\text{А} > S_{2\Sigma} = 48 \text{ В}\cdot\text{А},$$

т.е. условие проверки по классу точности выполняется.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

Выбор трансформаторов напряжения сведён в таблицу 12.

Таблица 12 – Выбор трансформаторов напряжения на ВН и НН

| Тип ТН | $S_{2\Sigma}$, В·А | S_H , В·А |
|-------------|---------------------|-------------|
| НТМИ–6–УХЛ1 | 48 | 200 |

Таким образом, трансформаторы будут работать в выбранном классе точности.

Трансформатор напряжения присоединяется к сборным шинам через предохранитель типа ПКН 001-10УЗ. Предохранитель выбран по номинальному напряжению:

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} \geq U_{сети} = 6 \text{ кВ},$$

5) Выбор релейной защиты.

К установки на подстанции «Шахтная» принимаем терминалы MiCOM P632 (дифзащита трансформаторов), MiCOM P632 и MiCOM P122 (защита от перегрузки), MiCOM P124 – для газовой защиты.

Произведем расчет дифференциальной защиты:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}}; \quad (52)$$

$$I_{в.н.} = \frac{10000}{37 \cdot \sqrt{3}} = 156 \text{ А}$$

$$I_{в.н.} = \frac{10000}{6,3 \cdot \sqrt{3}} = 916 \text{ А}$$

Уставка торможения определяется:

$$\frac{Id}{It} = K_H \cdot (K_a \cdot \varepsilon + \Delta U), \quad (53)$$

где K_H – коэффициент надежности равен 1,2

ε – погрешность трансформатора тока, принимаем равной 10%

K_a – коэффициент, учитывающий рост погрешности при больших токах за счет апериодической составляющей принимаем равным 1,3;

ΔU – диапазон регулирования коэффициента трансформации защищаемого силового трансформатора, принимаем равным 16%.

$$\frac{Id}{It} = 1,2 \cdot (1,3 \cdot 10 + 16) = 34,8\%$$

Принимаем тормозную характеристику равной 25%

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-----------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 45 |

4.8 Расчет сети освещения

Для внутреннего освещения подстанции предусматриваем рабочее и аварийное освещение. Аварийное освещение предназначается для продолжения работ и для эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения. Освещенность на рабочих поверхностях при аварийном освещении предусматриваем не менее 5% рабочей освещенности, но не менее 2 лк.

Напряжение сети общего освещения принято 380/220 В переменного тока. Источники света работают от сети напряжением 220В.

Расчет электрического освещения будем проводить по методу коэффициента использования светового потока. Задачей расчета является определение числа и мощности источника света.

Габаритные размеры РУ – 6 кВ : 30×9×4,5 м.

В качестве ламп освещения принимаем к установке газоразрядные лампы типа ДРЛ. Норма освещенности в РУ, согласно СНиП 23-05-95, составляет 300 лк на высоте 1,2 м от уровня пола.

Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле

$$H_p = H - h_1 - h_2, \text{ м} \quad (54)$$

$$H_p = 4,5 - 1 - 0,5 = 3 \text{ м}$$

Коэффициент использования светового потока является функцией индекса помещения, который определяется по формуле

$$i = \frac{L \cdot B}{H_p \cdot (L + B)}, \quad (55)$$

где L – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м.

$$i = \frac{30 \cdot 9}{3 \cdot (30 + 9)} = 2,3$$

Коэффициент использования светового потока $K_u=0,54$.

Суммарный световой поток, необходимый для освещенности в 300 лк определяется по формуле

$$\Phi_{л.сум} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_{зан} \cdot z}{K_u}, \quad (56)$$

где E_{\min} – минимальная освещенность, лм;

S – площадь помещения, м²;

$K_{зан}$ – коэффициент запаса. Принимаем равным 1,3;

z – коэффициент минимальной освещенности, зависящий от типа светильника и расстояния между светильниками. Принимаем равным 1,1 для люминесцентных ламп.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 46 |

$$\Phi_{л.сум} = \frac{25 \cdot 270 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{0,54} = 17875 \text{ лм}$$

Принимаем для освещения люминесцентную лампу типа ДРЛ-80 Номинальный световой поток данной лампы: $\Phi_{л} = 2800 \text{ лм}$.

Необходимое количество ламп определяем как частное от деления суммарного светового потока на световой поток лампы

$$n = \frac{\Phi_{л.сум}}{\Phi_{л}}, \quad (57)$$

$$n = \frac{17875}{2800} = 6,3 = 7 \text{ лампы}$$

Распределяем эти лампы вдоль помещения, в два ряда, по 2 лампы в каждом.

Лампы ДРЛ-80 размещаются в светильниках, предназначенных для распределения светового потока, предохранения лампы от механических повреждений, крепления лампы и подвода электрического тока.

4.9 Расчет защитного заземления

На подстанции используются общее заземляющее устройство напряжением выше 1000В, естественных заземлителей нет, грунт - суглинок. ($\rho = 100 \text{ Ом*м}$)

$S_{общ}$ – площадь ОРУ;

$$S_{общ} = 40 \cdot 40 \text{ м}^2$$

Определяем расчетный ток замыкания на землю и сопротивление заземляющего устройства для ВЛ по формуле

$$I_3 = \frac{U \cdot L}{350}, \quad (58)$$

где I_3 – расчетный ток замыкания на землю, А;

U – линейное напряжение ВЛ, В;

L – длина линии, м;

Для ОРУ – 35 кВ

$$I_3 = \frac{35 \cdot 3500}{350} = 350 \text{ А}$$

$$R_3 = \frac{125}{350} = 0,4 \text{ Ом}$$

Для ЗРУ – 6 кВ

$$I_3 = \frac{6 \cdot 210}{350} = 3,6 \text{ А}$$

$$R_3 = \frac{125}{3,6} = 34,7 \text{ Ом}$$

Определяем сопротивление естественных и искусственных заземлителей

$$R_{иск} = R_3 = 4 \text{ Ом} \quad (59)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 47 |

Учитывая, что заземляющее устройство общее для РУ до 1000В и выше, то принимаем 4 Ом.

Заземляющее устройство намечаем в виде контура из полосы 40*4 мм проложенной на глубине $t=0,7$ м вокруг подстанции и вертикальных стержней длиной 5м и диаметром 12 мм на расстоянии 5м друг от друга. Общая длина полосы 60м.

Предварительно принимаем количество стержней: $60/5=12$ штук.

Определяем расчетное удельное сопротивление грунта по формуле

$$\rho_{\text{расч.}} = k_c * \rho, \quad (60)$$

где k_c – коэффициент сезона;

ρ – удельное сопротивление грунта, Ом*м.

$$\rho_{\text{расч.}} = 1,15 * 100 = 115$$

Определяем сопротивление одного вертикального стержня по формуле

$$r_g = \frac{0,366 * \rho_{\text{расч.}}}{l} * \left[\lg \frac{2l}{d} + \frac{l}{2} * \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right], \quad (61)$$

где t – глубина заложения, м;

$\rho_{\text{расч.}}$ – расчетное удельное сопротивление;

l – длина вертикального стержня, м;

d – диаметр, м.

$$r_g = \frac{0,366 * 115}{5} * \left[\lg \frac{2 * 5}{12 * 10^{-3}} + \frac{5}{2} * \lg \frac{4 * 3,2 + 5}{4 * 3,2 - 5} \right] = 32 \text{ Ом}$$

Определяем сопротивление вертикальных заземлителей по формуле

$$n_g = \frac{r_g}{R_{\text{иск}} * \eta_g}, \quad (62)$$

где η_g – коэффициент использования вертикальных заземлителей

$$n_g = \frac{13,3}{4 * 0,47} = 7,07 \text{ Ом}$$

Определяем количество горизонтальных заземлителей (соединительные полосы контура) по формуле

$$r_z = \frac{0,366 * \rho_{\text{расч.}}}{l} * \lg \frac{2 * l_z^2}{b * t}, \quad (63)$$

где l_z – длина горизонтальной полосы, м;

b – ширина полосы, м;

t – глубина заложения, м.

С учетом коэффициента использования сопротивление полосы η_z принимаются по методического пособия.

$$R_z = \frac{r_z}{\eta_z}, \quad (64)$$

$$r_z = \frac{0,366 * 115}{60} * \lg \frac{2 * 60^2}{40 * 10^{-3} * 0,7} = 3,09 \text{ Ом}$$

$$\eta_z = 0,27$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 48 |

$$R_2 = \frac{3,09}{0,27} = 11,4 \text{ Ом}$$

Определяем необходимое сопротивление вертикальных заземлителей по формуле

$$R_6 = \frac{R_2 * R_3}{R_2 - R_3} \quad (65)$$

$$R_6 = \frac{11,4 * 4}{11,4 - 4} = 6,16 \text{ Ом}$$

Определяем уточненное количество вертикальных заземлителей по формуле

$$n'_6 = \frac{r_6}{R_6 * \eta'_6}, \quad (66)$$

где η'_6 – уточненное значение коэффициента использования.

$$n'_6 = \frac{32}{6,16 * 0,57} = 9,1 \approx 9$$

Определяем результирующее сопротивление заземляющего устройства
Сопротивление вертикальных заземлителей по формуле

$$R'_B = \frac{r_6}{n'_6 * 0,47} \quad (67)$$

$$R'_B = \frac{32}{4 * 0,47} = 17 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземляющего устройства по формуле

$$R_3 = \frac{R'_6 * R_3}{R'_6 + R_3} \quad (68)$$

$$R_3 = \frac{17 * 4}{7,07 + 4} = 3,2 \text{ Ом}$$

Значит $R_3 = 3,2 \text{ Ом} < R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$

Защита ОРУ 35 кВ от прямых ударов молний осуществляется с помощью пяти отдельно стоящих молниеотводов ($3h=20\text{м}$ и $2h=25\text{м}$).

Вывод по разделу четыре

Подстанция «Шахтная» расположена на территории ПАО «Комбинат «Магнит» и основные потребители I и II категории поэтому оставляем существующий трансформаторы, так как они обеспечивают надёжное электроснабжение потребителей даже при аварийном отключении одного из них и удовлетворяют требования стандарта 14209 – 97. Замена вакуумных выключателей облегчит работу обслуживающего персонала, обеспечит надежность и бесперебойность работы электроустановок.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | 49 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | | | | | | |

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Таблица 13 – Прейскурант стоимости оборудования

| Оборудование | Количество | Стоимость, руб |
|------------------------------------|------------|----------------|
| ВГТ-35 – 50/3150 | 2 | 1000000 |
| ОПН 35 | 6 шт | 30000 |
| ВВ/TEL- 10 -12,5/1000 – У1 | 9шт | 55000 |
| ВВ/TEL- 10 -12,5/630 – У1 | 45 | 53000 |
| МiCOM P632, МiCOM P122, МiCOM P124 | 6 | 16000 |
| Всего | | 2777385 |

Прейскурантная стоимость оборудования Соб равна сумме прейскурантной стоимости единиц входящих в проект:

$$\text{Соб} = \sum \text{Ц}_i \quad (69)$$

где Соб – стоимость оборудования, руб,
 $\sum \text{Ц}_i$ – цена единиц по прейскуранту, руб.
 Соб = 2777385 руб.

Транспорно-заготовительные расходы ТЗР, тыс. руб., определяются в размере 6% от стоимости оборудования:

$$\begin{aligned} \text{ТЗР} &= 6\% \cdot \text{Соб} & (70) \\ \text{ТЗР} &= 6\% \cdot 2777385 = 166403,1 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Стоимость монтажа оборудования С_м, принимается в размере 12% от стоимости оборудования:

$$\begin{aligned} \text{С}_m &= 12\% \cdot \text{Соб} & (71) \\ \text{С}_m &= 12\% \cdot 2777385 = 332806,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Основная заработная плата на монтажные работы Зосн, тыс. руб., принимается в размере 20% от стоимости монтажа:

$$\begin{aligned} \text{Зосн} &= 20\% \cdot \text{С}_m & (72) \\ \text{Зосн} &= 20\% \cdot 332806,2 = 66561,24 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Начисление районного коэффициента ЗПрк определяется в размере 15% от основной заработной платы:

$$\begin{aligned} \text{ЗПрк} &= 15\% \cdot \text{Зосн} & (73) \\ \text{ЗПрк} &= 15\% \cdot 66561,24 = 9984,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 50 |

Дополнительная зарплата Здоп по монтажу за работу в условиях действующего производства принимается в размере 18% от основной заработной платы:

$$\begin{aligned} \text{Здоп} &= 18\% \cdot \text{Зосн} & (74) \\ \text{Здоп} &= 18\% \cdot 66561,24 = 11981 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Страховые взносы составляют 30,2% от суммы основной и дополнительной заработной платы с учетом районного коэффициента:

$$\begin{aligned} \text{ЕСН} &= 30,2\% \cdot (\text{Зосн} + \text{Здоп} + \text{ЗПрк}) & (75) \\ \text{ЕСН} &= 30,2\% \cdot (66561,24 + 11981 + 9984,2) = 2673498,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Трудовые затраты определяются как сумма основной, дополнительной зарплаты, районного коэффициента и единого социального налога по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ТЗ} &= \text{Зосн} + \text{ЗПрк} + \text{Здоп} + \text{ЕСН} & (76) \\ \text{ТЗ} &= 66561,24 + 11981 + 9984,2 + 2673498,5 = 2762024,94 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Накладные расходы Рнак принимаются в размере 180% от основной заработной платы на монтажные работы:

$$\begin{aligned} \text{Рнак} &= 180\% \cdot \text{Зосн} & (77) \\ \text{Рнак} &= 180\% \cdot 66561,24 = 119810,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Определяем затраты на модернизацию:

$$\begin{aligned} \text{К} &= \text{Соб} + \text{См} + \text{ТЗР} + \text{ТЗ} + \text{Рнак} & (78) \\ \text{К} &= 2777385 + 332806,2 + 166403,1 + 2762024,94 + 119810,2 = 6158429,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Вывод по разделу шесть

Затраты на модернизацию подстанция «Шахтная» составили 6158429,5 руб. в эту сумму входит преysкурантная стоимость оборудования, стоимость монтажа. транспортные расходы. трудовые затраты и накладные расходы.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 51 |

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Техника безопасности

В соответствии с ГОСТ 12.1.019 -2009, электробезопасность работ в электроустановках обеспечивается:

1. Конструкцией электроустановок;
2. Техническими способами и средствами защиты;
3. Организационными и техническими мероприятиями.

В соответствии требований электробезопасности, электроустановки должны быть выполнены так, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электромагнитных полей и электрического тока.

За технические обязанности по охране труда отвечает главный энергетик. Главный энергетик должен выполнять следующие обязанности:

а) Организует своевременное проведение осмотров компрессорных установок и станций, электротехнического оборудования находящееся на подстанции.

б) Организует и контролирует своевременное проведение профилактического ремонта и наладку вентиляционного оборудования, обеспечивает правильную его эксплуатацию.

в) Обеспечивает своевременную проверку исправности защитного заземления, зануления электроустановок, разработку и внедрение в производство оградительных и защитных устройств.

Контроль за безопасностью работ осуществляют Ростехнадзор, технические инспекторы профсоюза, инспекция энергоуправления и общественные инспекторы по охране труда. Виновные в нарушении Правил об охране труда и техники безопасности подвергаются штрафам, дисциплинарным взысканиям, отстранению от занимаемой должности, а за нарушения, содержащие признаки преступления, несут ответственность в уголовном порядке. При работе в электроустановках обязательно использование защитных средств.

Защитными средствами называются приборы, аппараты, приспособления и устройства, служащие для защиты персонала, работающего на электроустановках, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги.

Основные - это защитные средства, изоляция которых надежно выдерживает рабочее напряжение электроустановок и при помощи которых допускается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением

Дополнительные – это защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от поражения током.

Работа с применением защитных средств гарантирует безопасность в том случае, если они прошли определяемые Правилами безопасности испытания.

На защитных средствах должно быть клеймо с указанием даты испытания и срока годности. Испытание диэлектрических перчаток на напряжение до 1000 В проводится не реже одного раза в 6 месяцев напряжением 2,5 к В, испытание ин-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

струмента с изолированными рукоятками - не реже одного раза в год напряжением 2 кВ. Перед началом работы обслуживающий персонал должен производить внешний осмотр индивидуальных защитных средств. Так, диэлектрические перчатки проверяются на отсутствие проколов и порезов. Для этого перчатки, каждую в отдельности, начинают сворачивать по направлению к пальцам и смотрят, не выходит ли наружу воздух. При наличии проколов и порезов эксплуатация перчаток запрещена. Диэлектрическими перчатками должен пользоваться на работе весь обслуживающий персонал, включая электрослесарей, машинистов.

Средства защиты на подстанциях хранятся в специально отведенных местах, где обеспечивается их надежное хранение, исправность, защита от механических повреждений и загрязнения.

6.2 Противопожарная безопасность

При проектировании зданий и сооружений предусматриваются меры предупреждения пожаров, против распространения огня и меры по защите людей от огня. Руководители предприятий электрических сетей, организуют изучение и выполнение правил пожарной безопасности всеми работниками.

Первичный противопожарный инструктаж проводят при оформлении на работу, а вторичный на рабочем месте. Рассмотрим какие же участки сети являются опасными в пожарном отношении:

а) Кабель проложенный в земле или трубах, из-за отсутствия доступа воздуха в пожарном отношении, а проложенный открыто, в коллекторах, распределительных устройствах, может при повреждении стать причиной пожара.

б) В трансформаторной подстанции, где установлены силовые маслонаполнительные трансформаторы, при вытекании масла и возникновении в следствии этого к. з. Внутри трансформатора может произойти пожар.

в) В РП и ТП не хранят горючие материалы и лишнее оборудование, не разжигают паяльные лампы.

г) Наиболее частыми причинами возникновения пожара и взрыва являются электрические искры, недопустимый перегрев проводников токами к. з и вследствие перегрузок, неудовлетворительное состояние контактов в местах соединения проводов или присоединении их к выводам электрооборудования.

д) Возможны загорание изоляции проводов и обмоток трансформаторов вследствие повреждения изоляции и перегрузок их токами.

е) В качестве средств противопожарной защиты от статического электричества используются трубопровод и устройство орошения.

ж) Согласно ПТБ смазочные и обтирочные материалы должны храниться в закрывающихся железных сосудах, количество их не должно превышать однодневной потребности.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 53 |

Одним из основных мероприятий по предупреждению пожаров является пожарная профилактика, направленная на установление строгого соблюдения работниками правил, норм и инструкций по ТБ, тщательную подготовку мест проведения огневых работ и организацию контроля за их проведением.

При эксплуатации промышленных зданий особое внимание следует уделять путям эвакуации, чтобы в случае пожара или аварии обеспечить быструю эвакуацию людей в безопасные места. Успех борьбы с начавшимся пожаром зависит от согласованности и быстроты действия персонала, участвующего в пожаротушении

а) На каждом производственном участке должны иметься в наличии необходимые средства пожаротушения:

1) огнетушители;

2) пожарные краны;

3) ящики с песком снабженные совком;

4) ломы, топоры, багры, ведра, лопаты, которые должны храниться на специально оборудованном щите.

б) Не допускается загромождение проездов и подъездов к зданию, а также служебные проходы и подходы к первичным средствам пожаротушения.

в) Запрещается использование первичных средств пожаротушения для целей не связанных с загоранием или тушением пожара.

г) Персонал электроустановки во время тушения пожара должен обеспечить усиление охраны территории и не допускать к месту пожара посторонних лиц.

Порядок тушения пожара.

а) В случаи возникновении пожара в электроустановке заметивший должен немедленно сообщить старшему по смене, мастеру смены и приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения.

в) Старший по смене обязан лично или с помощью дежурного персонала сообщить о пожаре в пожарную охрану и руководству предприятия, определить место очага пожара, возможные пути его распространения, угрозу действующему электрооборудованию и участкам электрической схемы, оказавшимся в зоне пожара.

г) После проверить включение автоматической системы пожаротушения, при ее наличие, создать безопасные условия персоналу и пожарным подразделениям для ликвидации пожара, отключения оборудования, снятия напряжения, вытеснение водорода, слив масла и т.д. приступить к тушению пожара силами и средствами объекта, и выделить для встречи пожарных подразделений лицо, хорошо знающее расположение подъездных путей и водоисточников.

д) Руководить тушением пожара до прибытия пожарного подразделения должен старший по смене (начальник смены, дежурный инженер, диспетчер электросетей, дежурный по подстанции). После прибытия пожарного подразделения старший командир принимает на себя руководство тушения пожара.

е) Отключение присоединений, на которых горит оборудование, может произ-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

водится дежурным персоналом электроустановки без получения разрешения вышестоящего лица, но с последующим уведомлением его по окончании операции отключения.

ж) Тушение пожара компактными и распыленными водяными струями без снятия напряжения с электроустановок допускается только в открытых для осмотра ствольщика электроустановках, в том числе горящих кабелей при номинальном напряжении до 10 кВ. При этом ствол должен быть заземлен, а ствольщик – работать в диэлектрических ботах и перчатках, и находиться на расстоянии не менее предусмотренного (от 3 до 10 кВ допустимое расстояние от насадки ствола до горящих электроустановок должно быть не менее 8 м).

з) Тушение пожара ручными средствами в сильно задымленных помещениях электроустановок с проникновением в них без снятия напряжения не допускается.

и) Тушение пожара в электроустановках, находящихся под напряжением, производится всеми видами пен, а с помощью ручных средств запрещается, т.к пена и раствор пенообразователя в воде обладают повышенной электропроводностью. В отдельных случаях при предварительном закреплении генераторов высокократной пены, надежном их заземлении, насосов пожарных автомобилей разрешается тушение пожара в электроустановках находящихся под напряжением до 10 кВ, воздушно – механической пеной.

к) Руководитель тушения пожара должен согласовать свои действия со старшим по смене.

л) Проникновение личного состава пожарных подразделений за ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением запрещается.

Трансформаторы и реакторы.

а) Безопасность электроустановок, содержащих маслонаполненное электрооборудование и аппараты, а также оборудование, покрытое и пропитанное маслами, лаками, битумами в отношении пожара обеспечивается требованиями приведенными правилами устройствами электроустановок.

Кроме того, указанные электроустановки при сдаче их в эксплуатацию должны быть снабжены противопожарными средствами и инвентарем в соответствии с местными инструкциями, согласованными с органами государственного пожарного надзора.

б) При взрыве или пожаре трансформатора (реактора), последний должен быть отключен со всех сторон, только после этого тушение пожара следует производить любыми средствами пожаротушения (воздушно-механической пеной, распыленной водой, огнетушителями).

в) Для ликвидации очага пожара должны быть приняты меры предотвращения растекания трансформаторного масла.

г) При пожаре трансформаторов, установленных в закрытых помещениях, камерах и ЗРУ, должны быть приняты меры по предупреждению распространения пожара через вентиляционные и другие каналы. Рабочая и аварийная вентиляция помещения должна быть отключена и может включаться по требованию пожарно-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 55 |

поэтому наибольшее внимание предупреждению пожаров, сохранению в целостности установленной аппаратуры во время тушения пожара отводится щиту управления.

10) При загорании контрольных кабелей, проводов и аппаратуры на панелях щита управления оперативный персонал по возможности должен снять напряжение с панелей, на которых возник пожар, и приступить к тушению.

11) В случае тушения пожара без снятия напряжения огнетушителями углекислотными, химическими, песком, не допускается прикосновение к кабелям, проводам, аппаратуре; применять защитные средства (диэлектрические перчатки, коврики).

Требования техники безопасности перед началом работы

Опасными и вредными производственными факторами, которые могут воздействовать на слесаря-электрика в процессе работы, являются:

- повышенное значение напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенная или пониженная (в зимний период) температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная и пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенный уровень шума (от работы дизельного двигателя тепловоза);
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны (от работы дизельного двигателя тепловоза);
- нахождение рабочего места на значительной высоте относительно земли (пола) - более 1, 8 метра;
- движущиеся машины, механизмы, подвижные части производственного оборудования;
- повышенная подвижность воздуха рабочей зоны (сквозняки);
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов, оборудования, заготовок

Перед началом работы электромонтер обязан одеть положенную по нормам исправную спецодежду, привести ее в порядок: застегнуть рукава, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов, брюки выпустить поверх обуви, надеть головной убор и подобрать под него волосы, убедиться в исправности необходимых средств индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, указатель напряжения, каска защитная). Электромонтеру запрещается работать в одежде с короткими или засученными рукавами.

Перед началом работы электромонтер на пред сменном инструктаже обязан получить:

1) наряд-задание руководителя работ и инструктаж по выполняемой работе. Работу, не входящую в круг основных обязанностей (работы, не требующие спе-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 57 |

циального обучения) выполнять только после получения целевого инструктажа под роспись в журнале учета целевого инструктажа на рабочем месте;

2) при выполнении работ в электроустановках, оформленных нарядом-допуском или распоряжением, электромонтер обязан получить целевой инструктаж от допускающего и производителя работ.

Перед началом работы электромонтер должен проверить исправность ручного электрического инструмента, слесарно-монтажного инструмента и приспособлений, ограждений, сигнализации, блокировочных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, освещения, средств защиты и наличие средств пожаротушения на рабочем месте. Электромонтер должен внимательно осмотреть рабочее место, убрать посторонние предметы, мешающие выполнению работы, для удобства производства работ организовать своё рабочее место так, чтобы весь необходимый инструмент и средства защиты были на рабочем месте.

Инструмент располагать так, чтобы исключить возможность его скатывания или падения. Рабочее место должно быть освещено в соответствии с установленными нормами. Инструмент и приспособление на рабочем месте должны храниться в специальных шкафах и уложены в должном порядке, а при переноске - в сумках или специальных ящиках. Применяемый ручной инструмент должен содержаться в полной исправности и соответствовать характеру выполняемой работы. Неисправный инструмент должен изыматься.

Порядок подготовки рабочего места при выполнении работ по наряд-допуску или распоряжению для работ в электроустановках

Перед выполнением работ в электроустановках со снятием напряжения, электромонтер обязан лично проверить полноту выполненных технических мероприятий на месте производства работ, а именно:

1) убедиться в выполнении необходимых отключений и принятых мерах, против ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

2) проверить наличие на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов, вывешенных запрещающих плакатов («Не включать работают люди», «Не включать работа на линии» и др.);

3) убедиться в отсутствии напряжения на токоведущих частях в месте производства работ;

4) убедиться в наличии наложенного заземления (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления), а также указательного плаката «Заземлено»;

5) проверить наличие ограждения (при необходимости), оставшихся под напряжением токоведущих частей, наличие предупреждающих («Стоять напряжение» и др.) и предписывающих («Работать здесь», «Влезать здесь») плакатов безопасности.

Требования перед началом работы с переносным электрическим инструментом.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 58 |

К самостоятельной работе с переносным электрическим инструментом допускается электромонтер, прошедший производственное обучение, проверку полученных знаний и навыков по безопасной эксплуатации электрического инструмента, инструктаж, имеющий допуск к самостоятельной работе по данному виду работ.

Требования перед началом работы на высоте:

1) перед выполнением работы на высоте более 1,3 метра относительно земли (пола), перекрытия, рабочего настила электромонтер, путем внешнего осмотра должен проверить исправность лесов, подмостей, лестниц, стремянок;

2) наличие инвентарного номера, даты следующего испытания и принадлежность цеху;

3) отсутствие ступеней, сбитых гвоздями, наличие исправных устройств, предотвращающих возможность сдвига и опрокидывания при работе;

4) на верхних концах тетивы приспособления для закрепления на элементах конструкции;

5) на нижних – металлические оковки с острыми наконечниками для установки на грунт, а при использовании на гладких поверхностях (бетоне, металле) – башмаки из нескользящего материала (резины).

У раздвижных стремянок проверить наличие исправных запирающих устройств, исключающих возможность самопроизвольного раздвижения секций.

Для работ в электроустановках электромонтер обязан применять приставные изолирующие лестницы и стремянки, выполненные из электроизоляционного пластика, поверхность которого покрыта атмосферостойким электроизоляционным лаком. Запрещается применять металлические лестницы.

Перед выполнением работ на высоте электромонтер обязан проверить наличие инвентарного номера и исправность предохранительного пояса, он должен быть без повреждений.

Перед началом работы с ручным переносным электрическим инструментом (электродрель, ручная электрическая шлифовальная машинка, электрический перфоратор и др.) необходимо проверить:

1) исправность несъемного электрического кабеля (шнура), его защитной трубки и штепсельной вилки;

2) наличие инвентарного номера;

3) проверку комплектности и надежности крепления деталей;

4) соответствие напряжения и частоты тока в электрической сети напряжению и частоте тока электродвигателя;

5) исправность несъемного электрического кабеля (шнура), работу электроинструмента на холостом ходу.

Требования к средствам защиты, используемых для работ в электроустановках перед применением

Исправность и пригодность средств защиты и приспособлений определяется:

1) для диэлектрических перчаток, ковров, бот:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 59 |

применяться только заводского изготовления напряжением не более 50 В, а в местах особо опасных (сырых помещениях, траншеях, колодцах, металлических резервуарах) – не более 12 В. Перед применением светильника электромонтер должен проверить:

- 1) наличие рефлектора; защитной сетки, укрепленной на рукоятке винтами;
- 2) крючка для подвески;
- 3) отсутствие механических повреждений шлангового провода, рукоятки и вилки; исправность патрона, встроенного в корпус светильника и отсутствие открытых токоведущих частей. Вилка переносного светильника должна конструктивно отличаться от вилки, используемой в сети более 50 В.

Для исключения ошибок и обеспечения безопасного выполнения работ, электромонтер должен осмотреть электроустановки, на которых предполагаются операции, проверить их соответствие выданному заданию и исправность. Обо всех замеченных недостатках, неисправностях при подготовке к работе сообщить руководителю работ и до получения его указаний к работе не приступать.

Рабочий инструмент следует хранить и переносить в инструментальном ящике или сумке.

Требования техники безопасности во время работы

Электромонтёр, назначенный производителем работ, отвечает:

- 1) за соответствие подготовленного рабочего места указаниям наряда, дополнительные меры безопасности, необходимые по условиям выполнения работ;
- 2) за чёткость и полноту инструктажа членов бригады;
- 3) за наличие, исправность и правильное применение средств защиты, инструмента, инвентаря и приспособлений;
- 4) за сохранность на рабочем месте ограждений, плакатов безопасности, переносных заземлений, запирающих устройств;
- 5) за безопасное проведение работ и соблюдение требований охраны труда им самим и членами бригады;
- б) за осуществление постоянного контроля за членами бригады.

Электромонтёр, назначенный членом бригады, отвечает за выполнение инструктивных указаний, полученные при допуске к работе от допускающего (от оперативно-ремонтного электромонтёра) и во время работы от производителя работ.

Обязанности члена бригады по наряду-допуску для работ в электроустановках.

Электромонтёр (член бригады) обязан выполнять инструктивные указания, полученные при допуске к работе и во время работы.

При выполнении работ запрещается приближаться к не ограждённым токоведущим частям на расстояние менее указанного в таблице 14.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|-----------------------------|------|
| | | | | | | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | | 61 |

Таблица 14 – Допустимые значения расстояния от токоведущих частей до электромонтера

| Напряжение, кВ (киловольт) | Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений, от временных ограждений, м | Расстояние от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м |
|---|---|---|
| 1) до 1кВ на воздушной линии (ВЛ) | 0,6 | 1,0 |
| 2) в остальных электроустановках до 1кВ | не нормируется (без прикосновения). | 1,0 |
| 3) от 1 до 35кВ | 0,6 | 1,0 |

При эксплуатации электроустановок запрещается:

1) использовать электроаппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям (инструкциям) предприятий изготовителей, или имеющие неисправности, которые могут привести к пожару, а также эксплуатировать провода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

2) пользоваться поврежденными розетками, рубильниками и другими изделиями;

3) обертывать электролампы и светильники бумагой, тканью и другими горючими материалами, а также эксплуатировать их со снятыми колпаками;

4) пользоваться электроутюгами, электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами, не имеющими устройств тепловой защиты, без подставок из негорючих теплоизоляционных материалов, исключающих опасность возникновения пожара, пользоваться электронагревательными приборами с открытыми спиралями;

5) оставлять без присмотра включенные в сеть электронагревательные приборы; персональные компьютеры, принтеры и другую оргтехнику; телевизоры, радиоприемники;

6) прокладывать транзитные электросети (кабельные линии) через складские помещения;

7) применять нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы, использовать некалиброванные плавкие вставки или другие самодельные аппараты защиты от перегрузок и короткого замыкания;

8) размещать (складировать) у электрощитов, электродвигателей и пусковой аппаратуры ЛВЖ, ГЖ, ТГВ, баллоны с газами и другими горючими веществами;

9) вешать плакаты, одежду и другие предметы на электророзетки, выключатели и другие электроприборы.

Расстояние от светильников до горючих материалов, товаров, хранящихся в помещениях, должно быть не менее 0,5 м.

Во всех помещениях (независимо от назначения), которые закрываются работниками, по окончании работы, все электроустановки, электроприборы (персональные компьютеры, электрочайники, электронагревательные приборы, телевизоры и др.) должны быть обесточены (за исключением дежурного и аварийного освещения, установок противопожарной защиты, а также установок, работающих круглосуточно по требованию технологии).

Световые указатели «Выход» должны находиться в исправном состоянии и быть постоянно включенными (в зрительных, демонстрационных, выставочных залах они могут включиться только во время проведения мероприятий).

Вывод по разделу шесть

В данном разделе по безопасности жизни деятельности рассмотрены вопросы пожарной безопасности, как вести себя во время пожара, пределы ответственности, правила эксплуатации электроустановок, обязанности работника перед началом работы, требования к средствам защиты, техника безопасности

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 63 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема моей выпускной квалификационной работы «Модернизация трансформаторной подстанции Шахтная». В данной работе произведена частичная модернизация оборудования открытого ОРУ - 35кВ и закрытого РУ – 6 кВ, так как тема работы звучит как модернизация, а не реконструкция считаю что менять все оборудование является не целесообразным.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 64 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Борисов, Ю. М. Электротехника: учебник / Ю. М. Борисов, Д. Н. Липатов, Ю. Н. Зорин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 592 с.
- 2 Гайсаров, Р. В. Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов: учебное пособие к дипломному проектированию / Р. В. Гайсаров, И. Т. Лисовская. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 61 с.
- 3 Сибикин, М. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник / М.Ю.Сибикин, Ю.Д.Сибикин, В.А.Яшков. - М.: Высш. шк., 2001. – 336 с.
- 4 Коровин, Ю. В. Расчет токов короткого замыкания в электрических системах: учебное пособие / Ю. В. Коровин, Е. И. Пахомов, К. Е. Горшков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 114 с.
- 5 Коровин, Ю. В. Расчет токов короткого замыкания в электрических системах: учебное пособие / Ю. В. Коровин, Е. И. Пахомов, К. Е. Горшков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 114 с.
- 6 В.П.Шеховцов Расчет и проектирование схем электроснабжения учебное пособие/Форум, 2010.-214с
- 7 Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, В.А. Девисиллов, А.В. Ильницкая; под ред. С.В. Белова. – 8-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2009. – 616с.
- 8 Правила устройства электроустановок 7-ое изд. Минэнерго РФ. – Новосибирск: Изд-во «Сибирское университетское издательство», 2016. – 464 с.
- 9 Проектирование электрических сетей: справочник / И.Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И.М. Шапиро; под ред. Д. Л. Файбисовича. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энас, 2009. – 320 с.
- 10 Методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Экономика отрасли». – Сатка, 2004.
- 11 ГОСТ Р 52565-2006. Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 87 с.
- 12 СТО 56947007-29.240.10.028-2009. Нормы технологического проектирования подстанций с ВН 35-750 кВ. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2009. – 96 с.
- 13 СТО 56947007-29.240.30.010-2010. Схемы принципиальные электрические РУ подстанций 35-750 кВ. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2007. – 132 с.
- 14 ГОСТ Р 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
- 15 СТО 56947007-29.130.15.114-2012. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств. - М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2012. - 63 с.
- 16 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013 – 68 с.
- 17 www.abb.ru/ProductGuide
- 18 www.elz.ru

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 65 |

19 www.elektromontaj-ural.ru

20 www.vsoyuz.com

21 www.cable.ru

22 www.ukrelektrik.com

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | 13.03.02.2020.059.00.000 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 66 |