МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»
Кафедра промышленной электроники

Факультет Электроники

Направление 13.03.02

«К ЗАЩИТЕ»

Зав. кафедрой ПЭл_____

«____» _____2019 г.

Пояснительная записка

к выпускной квалификационной работе бакалавра на тему

Реконструкция подстанции напряжением 110/35/10 кВ «Коловрат» с заменой аккумуляторных батарей.

Номер **ВКРБ 2019.5024.10**

Студент	_____	(Лобыкин Д.В.)
Руководитель	_____	(Иваников А.С.)
Консультант	_____	(Арвачев А.А.)
Руководитель ОПОП	_____	(Васильева Т.Н.)

Рязань 2019 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф.Уткина
Кафедра промышленной электроники

«УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой ПЭл _____
«___» _____2019

ЗАДАНИЕ
на выпускную аттестационную работу

Обучающемуся Лобыкину Дмитрию Вячеславовичу (гр. 5024)
1. Тема работы Реконструкция подстанции напряжением 110/35/10 кВ «Коловрат»

с заменой аккумуляторных батарей.

2. Сроки сдачи обучающимся законченной работы : 21.06.2019 г.
3. Руководитель работы: Иваников Александр Сергеевич к.т.н., доцент кафедры ПЭл
(фамилия, имя, отчество полностью, место работы, должность)

4.Исходные данные
Проектная документация ПС 110/35/10 кВ «Коловрат»

5. Содержание пояснительной записки (постановка задачи, основной раздел, специальная часть, экономическая часть и др. с расшифровкой задания по каждой части)

ВВЕДЕНИЕ

1.ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1. Обзор литературы

1.2. Общая характеристика объекта и перспективы его развития

1.3. Состояние электрификации объекта

1.3.1 Аккумуляторная батарея

1.3.2 Выпрямительное зарядно-подзарядное устройство

1.3.3 Кабельное хозяйство

1.4. Обоснование темы работы

Выводы

2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Характеристика потребителей оперативного постоянного тока

2.2. Расчет числа и емкости элементов аккумуляторной батареи

2.3. Расчет зарядно-подзарядных устройств

2.4 Расчёт заземляющего устройства

2.5 Молниезащита подстанции

Выводы

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Выбор сечения кабелей СОПТ по условиям протекания длительно допустимого тока

3.2. Проверка кабелей СОПТ по потере напряжения

3.3. Расчёт токов короткого замыкания в СОПТ

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.2 Оценка воздействия объекта реконструкции на окружающую среду

4.3Система рабочего и аварийного освещения

4.4 Мероприятия по реконструкции

Выводы

5. Охрана труда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ

6. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)
Схема соединений ПС Коловрат, Принципиальная электрическая схема ПС Коловрат, Принципиальная электрическая схема ПС Коловрат, Разрядная характеристика аккумулятора типа 2 OPzS 100 STARK, Зависимость коэффициента интенсивности разряда аккумулятора типа 2 OPzS 100 STARK от времени разряда при напряжении в конце разряда 1,88 В/эл, План расположения светильных приборов, Схема замещения СОПТ, График зависимости коэффициента k от сопротивления цепи, Схема работы вентиляционной.

7. Консультант по работе (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Консультант от предприятия: Арвачев Александр Александрович, старший мастер ПАО «МРСК Центра и Приволжья» филиал «Рязаньэнерго»

Подпись консультанта_____

Дата выдачи задания «07» мая 2019 г.

Подпись руководителя _____

Задание принял к исполнению «07» мая 2019 г.

Подпись студента _____

«Согласовано»

Руководитель ОПОП _____

РЕФЕРАТ

Реконструкция подстанции напряжением 110/35/10 кВ «Коловрат» с заменой аккумуляторных батарей.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет»

Руководитель: канд. техн. наук, доцент Иваников А.С.

2019г. Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», квалификация (степень) «бакалавр».

62 с., 6 табл., 13 ил., 33 источника, 4 приложения.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ВОЗДУШНАЯ ЛИНИЯ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ, НАДЕЖНОСТЬ.

Объектом исследования являются подстанция напряжением 110/35/10 кВ.

Целью выпускной аттестационной работы является исследование и разработка мероприятий по реконструкции подстанции 110/35/10 кВ «Коловрат».

В работе использованы общенаучный принцип системного подхода, статистический метод, метод технико-экономического расчета параметров электрической распределительной сети.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по реконструкции ПС 110/35/10 кВ «Коловрат».

Исследование проводилось на основе фактических данных ПАО «МРСК Центра и Приволжья», филиал «Рязаньэнерго».

ESSAY

Reconstruction of substation 110/35/10 kV “Kolovrat” with replacement of batteries.

FEDERAL state budget institution "Ryazan state radio engineering University»

Head: Cand.ntchn.sciences, associate Professor A.S. Ivannikov

2019. Direction 13.03.02 "power and electrical engineering", qualification (degree) "bachelor".

62 p., 6 table., 13 silt., 33 sources, 4 annexes.

ELECTRICITY SUPPLY, OVERHEAD LINE, RECONSTRUCTION, BATTERY, RELIABILITY.

The object of the study is a substation with a voltage of 110/35/10 kV.

The purpose of the final certification work is to study and develop measures for the reconstruction of the substation 110/35/10 kV.

The paper uses the General scientific principle of the system approach, statistical method, method of technical and economic calculation of the parameters of the electrical distribution network.

Practical importance of work consists in development of recommendations on reconstruction of substation 110/35/10 kV “Kolovrat”.

The study was conducted on the basic of actual data of IDGC of Centre and the Volga region, a branch of Ryazanenergo.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....7
1.ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....9
1.1. Обзор литературы.....9
1.2. Общая характеристика объекта и перспективы его развития.....14
1.3. Состояние электрификации объекта.....17
1.3.1 Аккумуляторная батарея.....18
1.3.2 Выпрямительное зарядно-подзарядное устройство.....19
1.3.3 Кабельное хозяйство.....20
1.4. Обоснование темы работы.....22
Выводы……..
2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....25
2.1. Характеристика потребителей оперативного постоянного тока.....25
2.2. Расчет числа и емкости элементов аккумуляторной батареи.....25
2.3. Расчет зарядно-подзарядных устройств.....30
2.4 Расчет заземляющего устройства.....32
2.5 Молниезащита подстанции.....38
Выводы …….
3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....41
3.1. Выбор сечения кабелей СОПТ по условиям протекания длительно допустимого тока.....41
3.2. Проверка кабелей СОПТ по потере напряжения.....43
3.3. Расчёт токов короткого замыкания в СОПТ.....43
Выводы …….
4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....47
4.1 Охрана труда при производстве работ.....48
4.2 Оценка воздействия объекта реконструкции на окружающую среду.....51
4.3 Система рабочего и аварийного освещения.....53
4.4 Мероприятия по реконструкции.....54
Выводы …….
5. Охрана труда и техника безопасности.....58
5.1 Охрана труда на ПС 110/35/10кВ.....58
Выводы …….

ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... 62
ПРИЛОЖЕНИЕ А..... 65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б……
ПРИЛОЖЕНИЕ В ……
ПРИЛОЖЕНИЕ Г……...

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика, как отрасль промышленности страны, в результате различных видов деятельности общества получила ведущее место. Недаром уровень развития современной цивилизации определяется количеством потребляемой электрической энергии на душу населения. Так, с повышением научно-технического прогресса, электрическая энергия становится одним из основных и дешевых видов энергии.

В настоящее время наблюдается значительный рост механизации и автоматизации сельского хозяйства, значительное увеличение числа бытовых приборов, как следствие, значительный рост электрических нагрузок и потребления электроэнергии. Поэтому современная электроэнергетика должна базироваться на новой технической основе, что требует совершенствования организации и оперативного управления процессом производства и передачи электроэнергии. Вместе с тем необходимо повышать экономическую эффективность данной отрасли за счет улучшенного использования имеющегося оборудования и по возможности модернизации устаревшего. Необходимо постепенно выводить из эксплуатации изношенное и устаревшее оборудование с заменой его на современное. При строительстве новых энергообъектов необходимо применять последние достижения в области электроэнергетики. Также необходимо уделять больше внимания вопросам связанным с качеством электроэнергии и надежностью снабжения ею потребителей.

В дипломном проекте рассматривается реконструкция подстанции «Коловрат», связанная с увеличением мощности подстанции, проведен анализ режимов системы, произведена замена аккумуляторных батарей на более мощные, замена устаревшего кабелей СОПТ на современное и надежное. Произведён расчёт реконструкции подстанции, рассмотрены вопросы безопасности и экологичности.

1.ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1. Обзор литературы

Подстанции (ПС) являются важным звеном системы электроснабжения. Они служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии. В зависимости от мощности и назначения подстанции подразделяют на узловые распределительные подстанции (УРП) напряжением — 500 кВ; главные понизительные подстанции (ГПП) — 220/6—10— 35 кВ; подстанции глубоких вводов (ПГВ) 110—330/6—10 кВ; распределительные подстанции (РП) 6—10 кВ; цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6—10/0,38—0,66 кВ. На ГПП трансформируется энергия, получаемая от источника питания, с напряжением — 220 кВ обычно на напряжение 6—10 кВ (иногда 35 кВ), на котором происходит распределение энергии по подстанциям предприятия и питание электроприемников высокого напряжения; УРП получают энергию от энергосистем и распределяют ее (без трансформации или с частичной трансформацией) по воздушным и кабельным линиям глубоких вводов напряжением — 220 кВ по территории предприятия. Узловая распределительная подстанция (УРП) отличается от ГПП большей мощностью, а также тем, что основная ее мощность при подводимом напряжении — 220 кВ; она выполняется по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении; получает питание от энергосистемы или УРП данного предприятия и предназначается для электроснабжения отдельного объекта или района.

Цеховые подстанции малой и средней мощности трансформируют энергию с напряжения 6—10 кВ на вторичное напряжение 380/220 В или 660/380 В.

Повысительные трансформаторные подстанции применяются на электростанциях для трансформирования электроэнергии, выработанной генераторами, на более высокое напряжение, при котором энергию можно передать на расстояние с наименьшими потерями.

Преобразовательные подстанции служат для преобразования переменного тока в постоянный (иногда и наоборот), а также для преобразования энергии

одной частоты в другую. Наиболее экономичны преобразовательные подстанции с полупроводниковыми выпрямителями. Распределительные подстанции 6— 10 кВ питаются в основном от ГПП (иногда от УРП). При системе дробления подстанций — 220 кВ функции РП выполняют распределительные устройства 6 —10 кВ на ПГВ [1].

В зависимости от размещения подстанций их распределительные устройства бывают открытые или закрытые. Питающие и отходящие линии на подстанциях 6—10 кВ преимущественно кабельные, а на подстанциях 35—220 кВ в основном воздушные.

Особое внимание обращается при сооружении и монтаже подстанций на надежность и экономичность электроснабжения данного производства. Монтаж подстанции производится индустриальными методами с применением крупноблочных устройств и монтажных узлов и заготовок, заранее изготовленных в приобъектных мастерских электромонтажных организаций и заводах электропромышленности. Подстанции, как правило, выполняют для работы без постоянного присутствия на них дежурного персонала, с применением простейших устройств автоматики и сигнализации.

При выполнении строительной части подстанции целесообразно применять облегченные индустриальные конструкции и элементы (панели, настилы и так далее) из гнутых профилей. Эти элементы заранее изготовляют вне монтажной зоны, и на месте производят только их сборку. Это значительно сокращает сроки и уменьшает стоимость строительства [2].

Основные решения по схемам подстанции принимаются при проектировании электроснабжения предприятия с учетом перспектив его развития. Подстанции имеют вводы высшего напряжения, трансформаторы и отходящие кабельные линии или токопроводы низшего (вторичного) напряжения. Подстанции монтируют из оборудования и элементов, приведенных ниже. Число возможных сочетаний оборудования и элементов велико. При разработке схем подстанций стремятся к максимальному упрощению и к применению минимума коммутационных аппаратов. Такие подстанции

надежнее и экономичнее. Упрощению схем способствует применение автоматики (АВР, АПВ), что позволяет быстро и безошибочно осуществлять резервирование отдельных элементов и электроприемников.

При проектировании трансформаторных подстанций всех напряжений принимают во внимание следующие основные положения: преимущественное применение одной системы шин и применение двух систем шин лишь при необходимости обеспечения надежного и экономичного электроснабжения; широкое применение «блочных схем» и «бесшинных подстанций»; обоснованное применение автоматики и телемеханики; если при сооружении подстанций не предусматривается автоматизация или телемеханизация, то схема соединений строится таким образом, чтобы в дальнейшем эти мероприятия возможно было осуществить без значительных затрат и переделок; применение простых и дешевых аппаратов — отделителей, короткозамыкагелей, выключателей нагрузки, предохранителей с учетом их коммутационной способности в некоторых случаях значительно уменьшает потребность в дорогих и дефицитных масляных, вакуумных, электромагнитных и воздушных выключателях.

Схемы соединения подстанций и РП выполняют таким образом, чтобы питание электроприемников каждого технологического потока производилось от отдельных трансформаторов, сборок линий для возможности отключения их одновременно с механизмами без нарушения работы соседних технологических потоков. При разработке схем соединения подстанции очень важно правильно выбрать и установить коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, токоограничивающие аппараты-реакторы, разрядники, предохранители высокого напряжения). При этом исходят из назначения подстанции, ее мощности и ответственности [3].

Подстанции (ПС) являются важным звеном системы электроснабжения. Они служат для приема, преобразования и распределения электроэнергии. В зависимости от мощности и назначения подстанции подразделяют на узловые распределительные подстанции (УРП) напряжением — 500 кВ; главные

понизительные подстанции (ГПП) — 220/6—10— 35 кВ; подстанции глубоких вводов (ПГВ) 110—330/6—10 кВ; распределительные подстанции (РП) 6—10 кВ; цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6—10/0,38—0,66 кВ. На ГПП трансформируется энергия, получаемая от источника питания, с напряжением — 220 кВ обычно на напряжение 6—10 кВ (иногда 35 кВ), на котором происходит распределение энергии по подстанциям предприятия и питание электроприемников высокого напряжения; УРП получают энергию от энергосистем и распределяют ее (без трансформации или с частичной трансформацией) по воздушным и кабельным линиям глубоких вводов напряжением — 220 кВ по территории предприятия. Узловая распределительная подстанция (УРП) отличается от ГПП большей мощностью, а также тем, что основная ее мощность при подводимом напряжении — 220 кВ; она выполняется по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении; получает питание от энергосистемы или УРП данного предприятия и предназначается для электроснабжения отдельного объекта или района.

Цеховые подстанции малой и средней мощности трансформируют энергию с напряжения 6—10 кВ на вторичное напряжение 380/220 В или 660/380 В.

Повышающие трансформаторные подстанции применяются на электростанциях для трансформирования электроэнергии, выработанной генераторами, на более высокое напряжение, при котором энергию можно передать на расстояние с наименьшими потерями.

Преобразовательные подстанции служат для преобразования переменного тока в постоянный (иногда и наоборот), а также для преобразования энергии одной частоты в другую. Наиболее экономичны преобразовательные подстанции с полупроводниковыми выпрямителями. Распределительные подстанции 6— 10 кВ питаются в основном от ГПП (иногда от УРП). При системе дробления подстанций — 220 кВ функции РП выполняют распределительные устройства 6—10 кВ на ПГВ [1].

В зависимости от размещения подстанций их распределительные устройства бывают открытые или закрытые. Питающие и отходящие линии

на подстанциях 6—10 кВ преимущественно кабельные, а на подстанциях 35—220 кВ в основном воздушные.

Особое внимание обращается при сооружении и монтаже подстанций на надежность и экономичность электроснабжения данного производства. Монтаж подстанции производится индустриальными методами с применением крупноблочных устройств и монтажных узлов и заготовок, заранее изготовленных в приобъектных мастерских электромонтажных организаций и заводах электропромышленности. Подстанции, как правило, выполняют для работы без постоянного присутствия на них дежурного персонала, с применением простейших устройств автоматики и сигнализации.

При выполнении строительной части подстанции целесообразно применять облегченные индустриальные конструкции и элементы (панели, настилы и так далее) из гнутых профилей. Эти элементы заранее изготовляют вне монтажной зоны, и на месте производят только их сборку. Это значительно сокращает сроки и уменьшает стоимость строительства [2].

Основные решения по схемам подстанции принимаются при проектировании электроснабжения предприятия с учетом перспектив его развития. Подстанции имеют вводы высшего напряжения, трансформаторы и отходящие кабельные линии или токопроводы низшего (вторичного) напряжения. Подстанции монтируют из оборудования и элементов, приведенных ниже. Число возможных сочетаний оборудования и элементов велико. При разработке схем подстанций стремятся к максимальному упрощению и к применению минимума коммутационных аппаратов. Такие подстанции надежнее и экономичнее. Упрощению схем способствует применение автоматики (АВР, АПВ), что позволяет быстро и безошибочно осуществлять резервирование отдельных элементов и электроприемников.

При проектировании трансформаторных подстанций всех напряжений принимают во внимание следующие основные положения: преимущественное применение одной системы шин и применение двух систем шин лишь при необходимости обеспечения надежного и экономичного электроснабжения;

широкое применение «блочных схем» и «бесшинных подстанций»; обоснованное применение автоматики и телемеханики; если при сооружении подстанций не предусматривается автоматизация или телемеханизация, то схема соединений строится таким образом, чтобы в дальнейшем эти мероприятия возможно было осуществить без значительных затрат и переделок; применение простых и дешевых аппаратов — отделителей, короткозамыкателей, выключателей нагрузки, предохранителей с учетом их коммутационной способности в некоторых случаях значительно уменьшает потребность в дорогих и дефицитных масляных, вакуумных, электромагнитных и воздушных выключателях.

Схемы соединения подстанций и РП выполняют таким образом, чтобы питание электроприемников каждого технологического потока производилось от отдельных трансформаторов, сборок линий для возможности отключения их одновременно с механизмами без нарушения работы соседних технологических потоков. При разработке схем соединения подстанции очень важно правильно выбрать и установить коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, токоограничивающие аппараты-реакторы, разрядники, предохранители высокого напряжения). При этом исходят из назначения подстанции, ее мощности и ответственности [3].

1.2. Общая характеристика объекта и перспективы его развития

Для выполнения проектных работ использовались следующие исходные данные:

- материалы обследования ПС 110/35/10 кВ Коловрат, произведённого ООО "СЭП" в 2016 г.;
- схема сети постоянного тока ПС 110/35/10 кВ Коловрат на 2016 г.;
- данные по нагрузкам, собранные ООО "СЭП" в ходе предпроектного обследования;
- данные о сечениях, длинах и марках кабелей, собранные ООО "СЭП" в ходе предпроектного обследования.

«Рязаньэнерго» является филиалом ПАО «МРСК Центра и Приволжья» - компания, являющейся основным поставщиком услуг по передаче электроэнергии и технологическому присоединению к электросетям во Владимирской, Ивановской, Калужской, Кировской, Нижегородской, Рязанской, Тульской областях, а также в Республике Марий Эл и Удмуртской Республике.

Филиал «Рязаньэнерго» осуществляет деятельность по передаче (транспортировке) и распределению электрической энергии от 0,4 кВ до 220 кВ и технологическому присоединению к сетям потребителей Рязанской области, в том числе и на ПС 110/35/10 кВ Коловрат.



Рисунок 1. – Общий вид ПС Коловрат

ПС 110/35/10 кВ Коловрат (рисунок 2) располагается по адресу: Рязанская область, г. Спасск, ул. Советская, 137 и является собственностью ПО "Приокские электрические сети" филиала ПАО "МРСК Центра" - "Рязаньэнерго". Подстанция предназначена для передачи и преобразования электрической энергии на напряжениях 110 кВ, 35 кВ, 10 кВ.

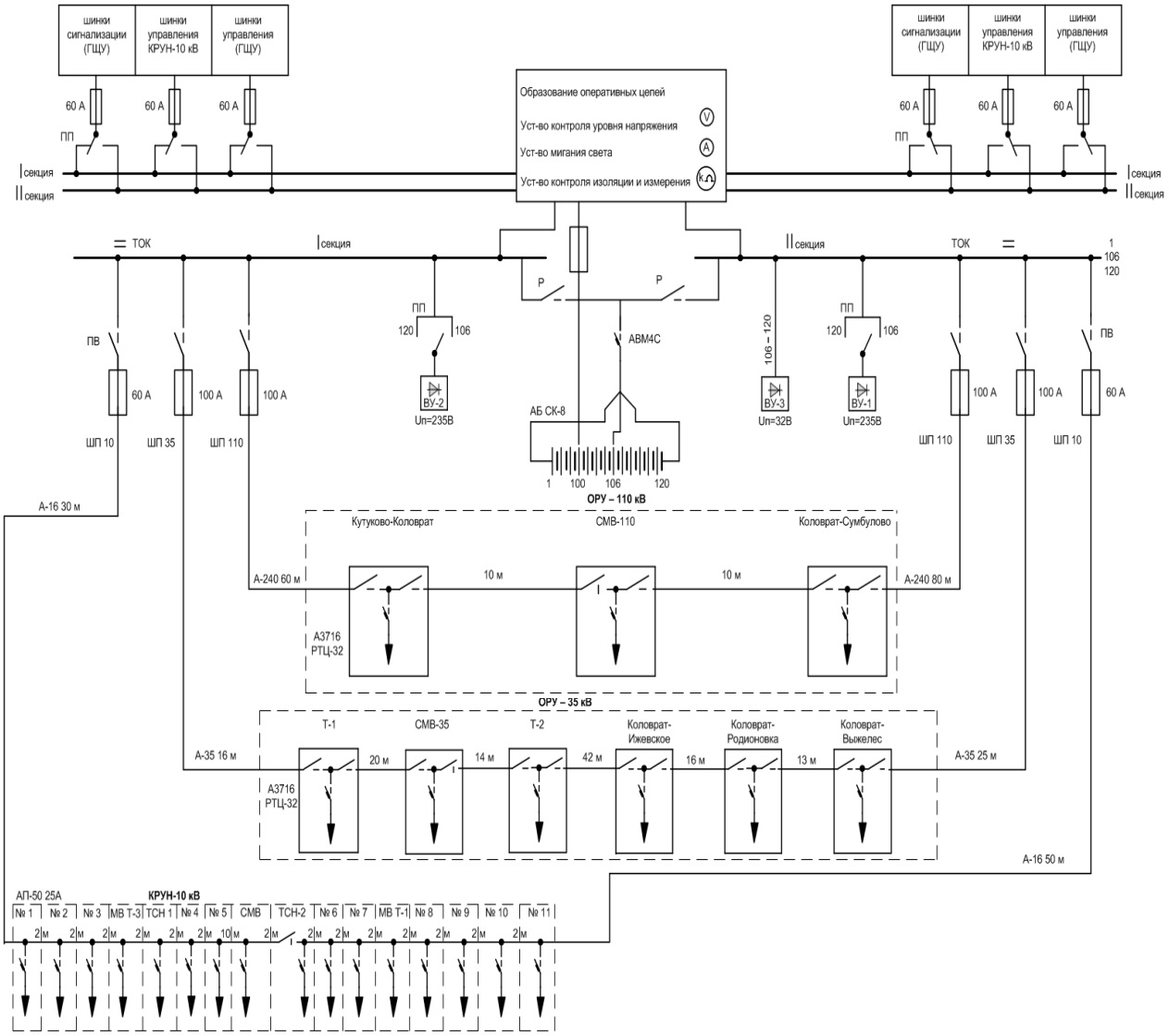

Рисунок 2. – Схема соединений ПС Коловрат

Основными потребителями подстанции являются промышленные предприятия и предприятия коммунально-бытового сектора Рязанской области. ПС 110/35/10 кВ Коловрат не нуждается в топливе и газе. Снабжение подстанции водой осуществляется от существующих сетей водоснабжения. Потребление электроэнергии на собственные нужды осуществляется от двух трансформаторов собственных нужд 10/0,4 кВ.

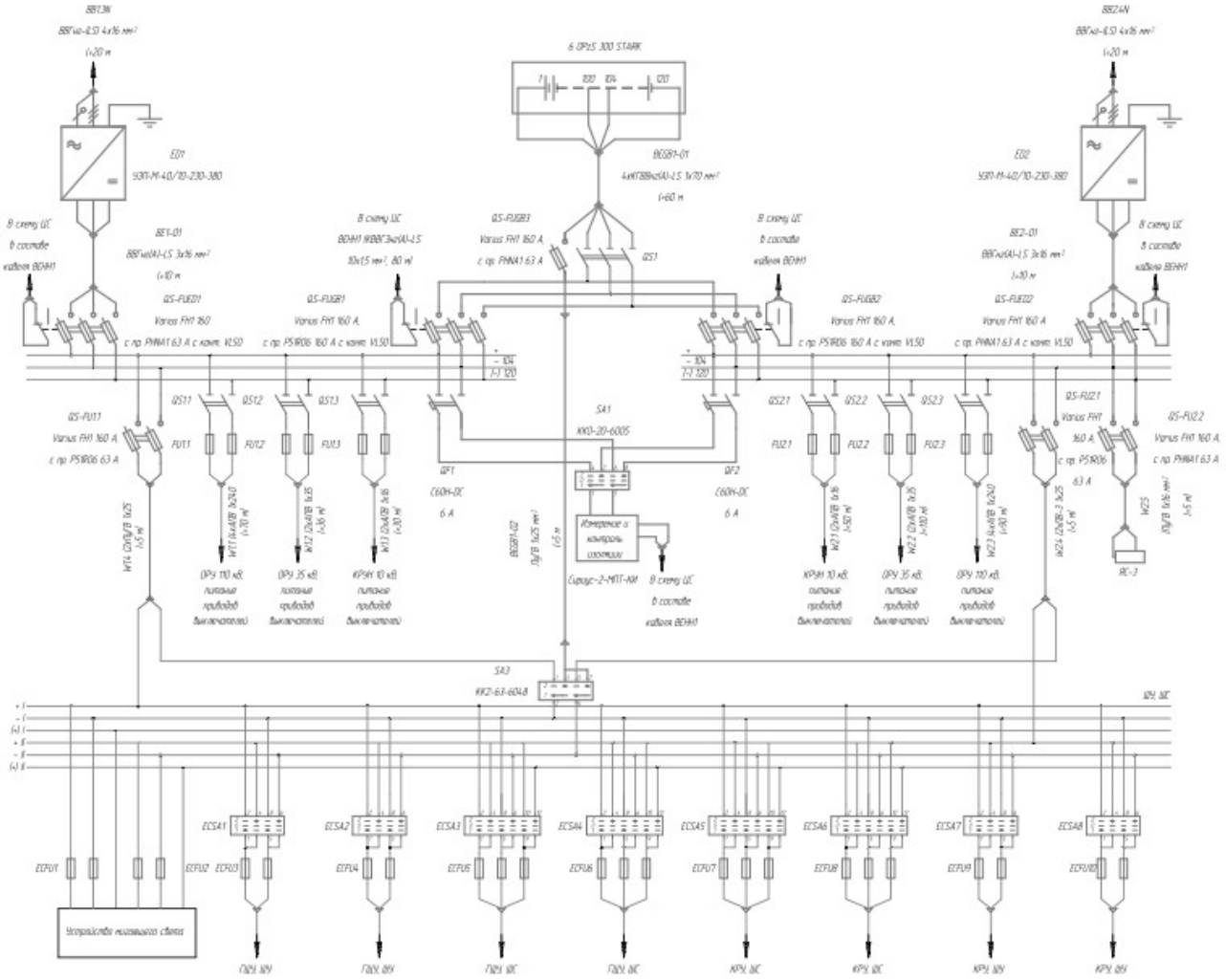

Рисунок 3. - Принципиальная электрическая схема ПС Коловрат

1.3. Состояние электрификации объекта

Система оперативного постоянного тока на ПС 110/35/10 кВ Коловрат служит для гарантированного обеспечения электроснабжения оперативных цепей устройств РЗА и автоматики, а так же электромагнитов включения/отключения выключателей постоянным током.

В нормальном режиме работы питание потребителей СОПТ на ПС 110/35/10 кВ Коловрат обеспечивается выпрямительными зарядно-подзарядными устройствами, которые одновременно контролируют и поддерживают требуемый уровень заряда аккумуляторной батареи. В случае нехватки мощности выпрямительного зарядно-подзарядного устройства для обеспечения больших токов кратковременной нагрузки в работу вступает аккумуляторная батарея. В аварийном режиме работы (в случае пропадания

напряжения питающей сети) аккумуляторная батарея полностью обеспечивает работу всех потребителей СОПТ.

Система оперативного постоянного тока обеспечивает:

- прием электрической энергии от выпрямительных устройств и АБ;
- распределение электрической энергии по цепям СН СОПТ;
- измерение тока заряда и подзаряда АБ;
- контроль и измерение сопротивления изоляции сети.

Система оперативного постоянного тока ПС 110/35/10 кВ Коловрат состоит из следующих компонентов:

- проектируемой малообслуживаемой аккумуляторной батареи емкостью 250 Ач;
- двух проектируемых выпрямительных зарядно-подзарядных устройств;
- существующего щита постоянного тока.

1.3.1 Аккумуляторная батарея

В системе постоянного оперативного тока на ПС 110/35/10 кВ Коловрат устанавливается одна аккумуляторная батарея, состоящая из 120 элементов с отпайкой от 104 элемента. Для проведения режима уравнительного заряда предусматривается отпайка от 100 элемента. Элементы аккумуляторной батареи представляют собой малообслуживаемые свинцово-кислотные аккумуляторы с жидким электролитом типа 6 OPzS 300 STARK номинальной емкостью 300 Ач и напряжением 2,2 В/эл.

В качестве межэлементных связей применяются гибкие медные кабельные перемычки сечением 70 мм 2, поставляемые комплектно заводом-изготовителем. После монтажа перемычки закрываются изолирующими накладками. Соединения элементов между стеллажами выполняется медными кабельными перемычками заводского изготовления сечением 70 мм 2. Стеллажи, межэлементные связи, концевые и промежуточные токоотводы, фильтр-пробки,

устройство для переноски аккумуляторов поставляются комплектно с аккумуляторной батареей.

Для обеспечения бесперебойного питания потребителей СОПТ в период реконструкции на ПС 110/35/10 кВ Коловрат предусматривается установка временной аккумуляторной батареи. Временная аккумуляторная батарея состоит из двух рядов по 19 последовательно соединенных элементов типа "Исток" 6СТ-150 А3 напряжением 12 В и емкостью батареи 150 Ач. Оба ряда соединяются параллельно. Общая емкость временной аккумуляторной батареи составляет 300 Ач.

По согласованию со службой эксплуатации предприятия-владельца электроустановки возможно использование в качестве временной АБ аккумуляторы, имеющиеся в наличии у подрядной организации, либо арендованную у завода-изготовителя (поставщика) АБ.

Элементы временной аккумуляторной батареи устанавливаются в помещении ЩСН.

1.3.2 Выпрямительное зарядно-подзарядное устройство

Для организации режима постоянного подзаряда аккумуляторной батареи в здании щита собственных нужд устанавливаются два выпрямительных зарядно-подзарядных устройства УЗП-М-40/10-230-380-1 номинальным зарядным током 40 А и встроенным блоком заряда дополнительных элементов аккумуляторной батареи типа БП60-10 номинальным током 10 А. Устройство УЗП-М представляет собой собой модульный высокочастотный инверторный преобразователь с естественным охлаждением.

Устройство УЗП-М обеспечивает следующие функции:

1. Подзаряд основных и хвостовых элементов аккумуляторной батареи. Подзаряд хвостовых элементов осуществляется с помощью блока подзаряда БП60-10;
2. Заряд аккумуляторной батареи методами IU, U, IUI;

3. Контроль наличия сетевого напряжения;

4. Изменение всех уставок при работе в любом режиме;

5. Защита от перегрузок, в том числе от коротких замыканий в нагрузке;

6. Индикация выходного напряжения, тока, температуры в помещении аккумуляторной батареи, напряжения дополнительных элементов, установок в режиме заряда и подзаряда, расшифровка причины неисправности.

1.3.3 Кабельное хозяйство.

Для подключения проектируемой аккумуляторной батареи к щиту постоянного тока используются кислотостойкие одножильные медные гибкие (многопроволочные) кабели в изоляции из ПВХ не распространяющие горение марки КГВВнг(А)-LS 1х70 мм 2. Наконечники для опрессовки кабелей поставляются заводом-изготовителем комплектно с аккумуляторной батареей. После монтажа кабели закрываются изолирующими накладками. Внутри помещения аккумуляторной батареи силовые кабели прокладываются в кислотостойких хлорированных поливинилхлоридных трубах типа ХПВХ. Кислотостойкие трубы прокладываются по стене на высоте 0,6 м от пола. Крепление трубы к стене осуществляется пластиковыми скобами.

Вывод силовых кабелей из помещения аккумуляторной батареи осуществляется через гибкую систему кабельных уплотнителей Roxtec. Уплотнительная система имеет взрывозащищенное исполнение (уровень защиты 1Ex) и предназначена для использования в помещениях с повышенной взрыво-пожароопасной средой. Кабельная проходка встраивается в существующий внутристенный проем 500х300 мм. На участке выхода из аккумуляторной и далее внутри помещений ОПУ и ЩСН прокладка силовых кабелей предусматривается по существующим кабельным каналам. Прокладка кабелей от здания ОПУ до помещения ЩСН осуществляется в существующих железобетонных кабельных лотках.

Для подключения проектируемых устройств ВАЗП к щиту собственных нужд и щиту постоянного тока 220 В используются кабели марки ВВГнг(А)-LS 3х16 мм 2 и ВВГнг(А)-LS 4х16 мм 2, прокладываемые по кабельным каналам внутри помещения ЩСН.

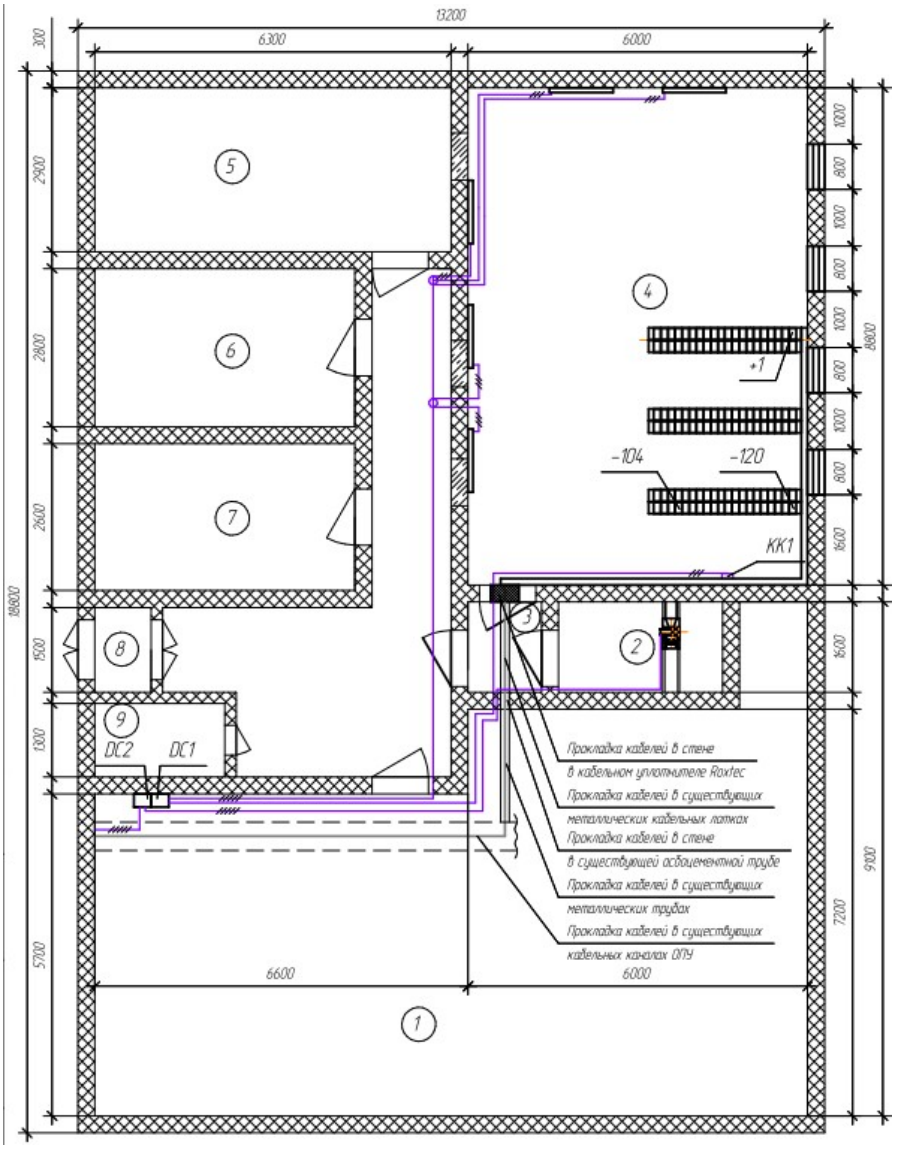

Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема ПС Коловрат

Перечень помещений ОПУ:

1. Щит управления;
2. Кислотная;
3. Тамбур;
4. Аккумуляторная;
5. Помещение СДТУ;
6. Дежурный персонал;

7. Комната отдыха;
8. Бытовое помещение.

Сечение силовых кабелей выбрано с учетом установленной мощности электроприемников и проверено по допустимой потере напряжения, термической стойкости к воздействию токов КЗ. Все кабели имеют оболочку, не распространяющую горение, с пониженным дымо- и газовыделением (с индексом нг-LS). Характеристика ПС приведена в таблице № 1.

Таблица № 1 – Характеристика ПС.

Показатель	**Значение**
Номинальные напряжения	110/35/10кВ
Конструктивное исполнение ПС и РУ (открытое, закрытое, КТП, КРУЭ и т.д.)	ОРУ-110кВ, ОРУ-35кВ КРУ-10кВ
Тип схемы каждого РУ	Существующий
Количество линий, подключаемых к подстанции по каждому РУ	Существующее
Количество резервных ячеек по каждому РУ	Нет
Количество и мощность силовых трансформаторов и авто- трансформаторов	3х 10МВА
Тип, количество и мощность средств компенсации реактивной мощности (СКРМ)	нет
Вид обслуживания	Дежурный ОВБ
Возможность расширения	Есть
Вид ввода в РУ	Кабельный
Количество и тип измерительных трансформаторов	
Вид оперативного тока	Постоянный 220В
Прочие особенности ПС, включая: требования к эксплуатации, техническому обслуживанию и ре- монту требования к контролю доступа и охране объекта; требования к размещению ремонтно-эксплуатационного пункта на территории ПС	

1.4. Обоснование темы работы

Источниками первичной информации является проектная документация ПС 110/35/10 кВ Коловрат. В процессе выполнения работы необходимо решить задачи:

1. Рассчитать число и емкость элементов аккумуляторной батареи;
2. Выполнить расчёт зарядно-подзарядных устройств;
3. Выбрать сечения кабелей СОПТ по условиям протекания длительно допустимого тока;
4. Расчитать токи короткого замыкания в СОПТ;
5. Дать рекомендации по реконструкции объектов электроснабжения и экономически обосновать их.

Настоящей проектной документацией согласно заданию на проектирование предусматривается:

- ремонт помещения аккумуляторной батареи;
- замена существующей аккумуляторной батареи;
- замена выпрямительных зарядно-подзарядных агрегатов;
- замена электрических отопительных приборов в помещении аккумуляторной;
- замена кабельных связей между аккумуляторной батареей и щитом постоянного тока;
- замена вводных защитных коммутационных аппаратов устройств ВАЗП и АБ;
- замена устройств контроля изоляции и измерений в щите постоянного тока.
- реконструкция сети рабочего и аварийного освещения в помещении аккумуляторной, кислотной и тамбура;
- замена существующей системы вентиляции в помещении аккумуляторной батареи.

Выводы

1. Подстанции являются важным звеном системы электроснабжения, служащие для приема, преобразования и распределения электроэнергии. В зависимости от мощности и назначения подстанции подразделяют на узловые распределительные подстанции (УРП) напряжением — 500 кВ; главные понизительные подстанции (ГПП) — 220/6—10— 35 кВ; подстанции глубоких вводов (ПГВ) 110—330/6—10 кВ; распределительные подстанции (РП) 6—10 кВ; цеховые трансформаторные подстанции (ТП) 6—10/0,38—0,66 кВ.

2. Подстанции имеют вводы высшего напряжения, трансформаторы и отходящие кабельные линии или токопроводы низшего (вторичного) напряжения.

3. При проектировании трансформаторных подстанций всех напряжений принимают во внимание следующие основные положения: преимущественное применение одной системы шин и применение двух систем шин лишь при необходимости обеспечения надежного и экономичного электроснабжения; широкое применение «блочных схем» и «бесшинных подстанций»; обоснованное применение автоматики и телемеханики; если при сооружении подстанций не предусматривается автоматизация или телемеханизация, то схема соединений строится таким образом, чтобы в дальнейшем эти мероприятия возможно было осуществить без значительных затрат и переделок; применение простых и дешевых аппаратов — отделителей, короткозамыкагелей, выключателей нагрузки, предохранителей с учетом их коммутационной способности в некоторых случаях значительно уменьшает потребность в дорогих и дефицитных масляных, вакуумных, электромагнитных и воздушных выключателях.

4. Схемы соединения подстанций и РП выполняют таким образом, чтобы питание электроприемников каждого технологического потока производилось от отдельных трансформаторов, сборок линий для возможности отключения их одновременно с механизмами без нарушения работы соседних технологических потоков.

2. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Характеристика потребителей оперативного постоянного тока

Наиболее ответственными потребителями на подстанции являются цепи оперативного тока защиты, автоматики и электромагнитов силовых выключателей в распределительных устройствах.

Нагрузка системы постоянного тока может быть разделена на следующие категории:

1. Постоянная нагрузка. Сюда относятся аппараты устройств управления, блокировки, сигнализации и релейной защиты, постоянно пребывающие в работе;

2. Временная нагрузка, появляющаяся при исчезновении переменного тока во время аварийного режима. Это токи нагрузки аварийного освещения. Длительность этой нагрузки определяется длительностью аварии;

3. Кратковременная (толчковая) - длительностью не более 5 с. Такая нагрузка создаётся токами включения и отключения приводов выключателей.

Ток нагрузки принимается равным сумме токов всех электроприемников, входящих в группу постоянной и временной нагрузок. Продолжительность работы - равной наибольшей продолжительности работы среди этих электроприемников.

2.2. Расчет числа и емкости элементов аккумуляторной батареи

Расчет системы оперативного постоянного тока выполняется согласно СТО 56947007-29.120.40.216-2016 "Методические указания по выбору оборудования СОПТ".

Емкость АБ выбирается по максимальному толчковому току при включении/отключении группы выключателей с наибольшим номинальным

током электромагнитов включения/отключения после двухчасового разряда АБ током аварийного режима (постоянной нагрузки).

Согласно СТО 56947007-29.120.40.093-2011 аккумуляторная батарея должна выдерживать максимальные расчетные толчковые токи в конце гарантированного двухчасового (не менее) разряда током нагрузки при работе в автономном режиме (при потере собственных нужд ПС) при обеспечении минимально допустимого напряжения на устройствах РЗА, ПА, ТМ и связи и на электромагнитах включения/отключения выключателей. Номинальное напряжение СОПТ составляет 220 В. Нормально допустимое отклонение напряжения на клеммах электроприемников СОПТ составляет ±5%. Предельно допустимое отклонение напряжения на клеммах электроприемников СОПТ, в том числе при аварийных разрядах АБ и при выполнении ускоренных зарядов АБ составляет от минус 15 до плюс 10 %.

Расчет нагрузок для выбора емкости АБ системы оперативного постоянного тока приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Перечень нагрузок СОПТ

Тип оборудования	Кол-во	Мощность Вт	Суммарная мощность, Вт	Ток, А
Кратковременная нагрузка				
ЭМВ выключателя ОРУ 110 кВ	1	53680	53680	224
Итого				**224**
Постоянная нагрузка				
Панели защиты линий 110-35 кВ	9	160	1440	6.54
Центральная сигнализация	1	180	1800	8,18
Панели автоматики	10	200	2000	9,09
Итого				**23,9**
Временная нагрузка				
Аварийное освещение	10	100	1000	4,54
Итого				**4,54**

Количество элементов аккумуляторной батареи округляется до целого значения, полученного по выражению:

$$N = \frac{Uнб.норм.доп.}{Uак.пз} = \frac{231}{2,23} = 104 \text{ элемента}$$

, где N – количество элементов АБ;

Uнб.норм .доп. - наибольшее нормально допустимое напряжение на клеммах электроприемников(принимается равным 1,05 номинального напряжения), В;

Uак.пз - напряжение поддерживающего заряда аккумуляторов, в требованиями производителя принимается равным 2,23 В/эл.

Расчет емкости аккумуляторов производится по соответствующему напряжению. Рассчитывается по выражению:

$$\textbf{Uнм.раб.ак} = \frac{Uнб.доп. + Uаб-эл}{N} = \frac{187+8,8}{104} = 1,88 \text{ В/эл.}$$

,где Uнм .раб.ак.- напряжение на элементе АБ в конце разряда;

Uнм.доп. - наименьшее допустимое рабочее напряжение на клеммах электроприемников (принимается равным 0,85 номинального напряжения), В;

UA Б -ЭЛ . - максимальная потеря напряжения в цепи от аккумуляторной батареи до клемм наиболее удаленного или наиболее мощного электроприемника. В соответствии с ГОСТ 50571.16 максимальную потерю напряжения в цепях питания постоянной и временной нагрузки, при отсутствии достоверных данных, допускается принимать равной 0,04 номинального напряжения.

Расчет емкости производится с использованием разрядной характеристики аккумуляторов, соответствующей напряжению в конце разряда 1,88 В/эл., номинальной емкостью наиболее близкой значению, рассчитываемой по выражению:

$$C = k'ср . \cdot t \cdot Iср. = 1,5 \cdot 2 \cdot 28,44 = 85,32 \text{ А} \cdot \text{ч},$$

где kср. - усредненное значение коэффициента интенсивности разряда аккумуляторной батареи (принимается равным 1,5);

t - расчетная продолжительность разряда аккумуляторной батареи;

Iср. - усредненное за время разряда суммарное значение тока постоянной и временной нагрузок.

Предварительно выбираются аккумуляторы типа 2 OPzS 100 STARK, номинальной емкости 100 А•ч. Разрядная характеристика выбранного типа аккумуляторной батареи представлена на рисунке 5. Зависимость коэффициента интенсивности разряда от продолжительности разряда при напряжении на аккумуляторе в конце разряда 1,88 В/эл. представлена на рисунке 6.

Коэффициент интенсивности разряда представляет собой отношение номинальной емкости аккумулятора при напряжении на аккумуляторе в конце разряда 1,88 В/эл. к силе тока, которую может обеспечить этот аккумулятор при разряде продолжительностью t.

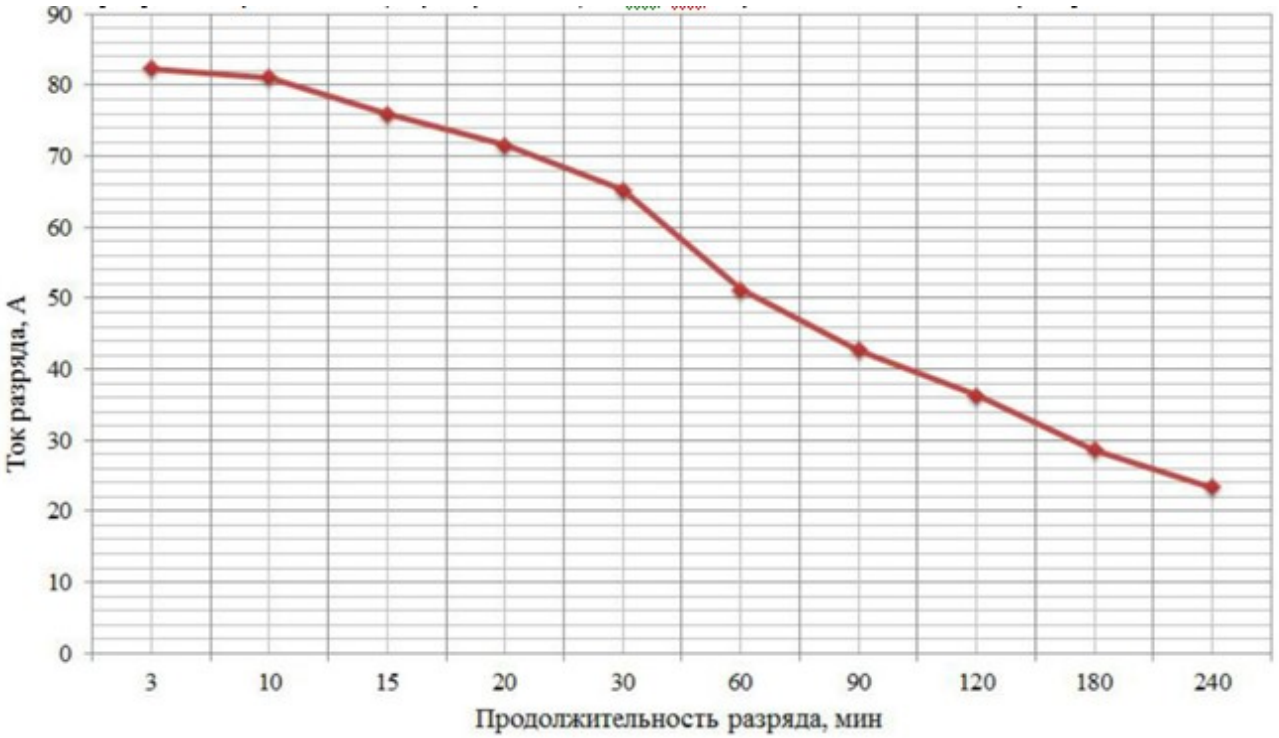

Рисунок 5 - Разрядная характеристика аккумулятора типа 2 OPzS 100 STARK

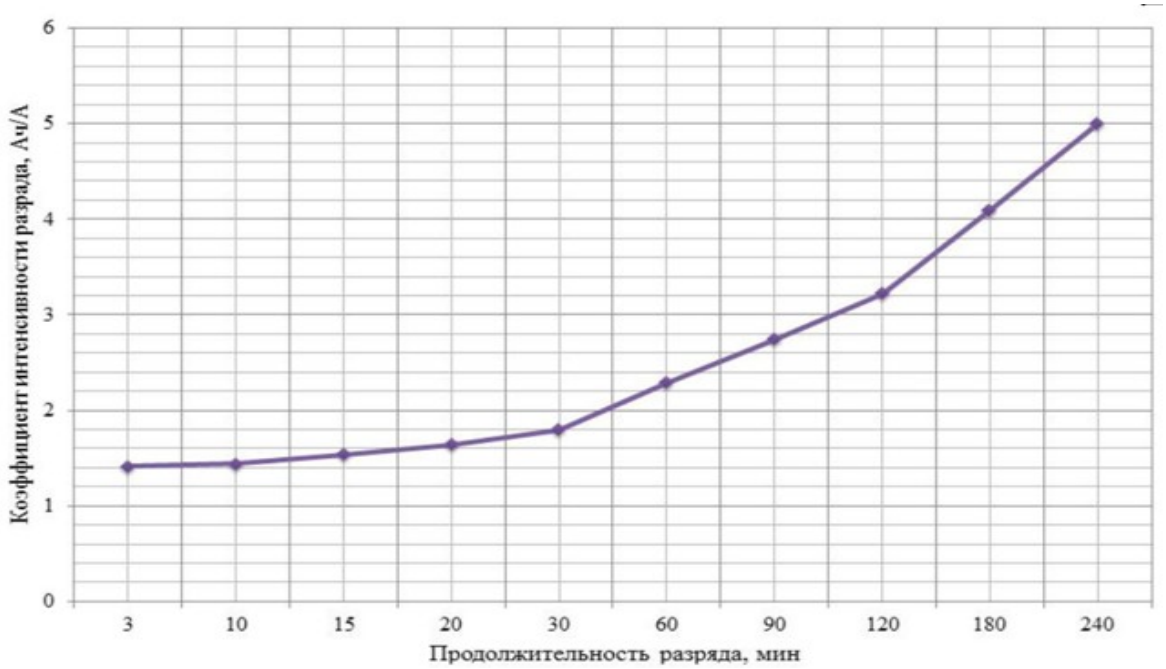

Рисунок 6 - Зависимость коэффициента интенсивности разряда аккумулятора типа 2 OPzS 100 STARK от времени разряда при напряжении в конце разряда 1,88 В/эл.

На ПС 110/35/10 кВ Коловрат предусматривается аккумуляторная батарея с применением дополнительной группы аккумуляторов. В предварительном расчете емкости кратковременная нагрузка не участвует. Предварительный расчет емкости производится по выражению:

$$Спр = k1 \cdot (Iпт.нг. + Iвр.нг.) = 3,22 \cdot (23,9 + 4,54) = 91,52 \text{ А•ч},$$

,где k1 - коэффициент интенсивности разряда при продолжительности разряда, равной расчетной продолжительности разряда аккумуляторной батареи, А•ч/А.

Для компенсации снижения емкости под влиянием рабочей температуры и старения аккумуляторов в процессе всего срока эксплуатации, расчетную емкость аккумуляторной батареи необходимо увеличить согласно выражению:

$$С = Спр \cdot kэ = 91,52 \cdot 1,5 = 137,28 \text{ А•ч},$$

,где kэ - коэффициент, учитывающий работу АБ при температуре 10 °С и снижение располагаемой емкости до 80 % номинальной емкости к концу срока службы (принимается равным 1,5).

Принимаем аккумуляторы типа 3 OPzS 150 STARK номинальной емкостью 150 А•ч для элементов основной группы и выполняем проверку выбранной емкости для аккумуляторов дополнительной группы.

Количество аккумуляторов в батарее с учетом дополнительной группы рассчитывается по выражению:

$$N_д = \frac{U_{нм.доп.}}{U_{ак.кр}}$$

где U АБ.пр - потеря напряжения в кабельных линиях между АБ и приводом;

Uак.кр.- кратковременное напряжение на аккумуляторах при работе привода на включение выключателя.

Напряжение на аккумуляторах Uак.кр . рассчитывается по выражению:

$$U_{ак.кр.} = U_{нм.раб.ак.} - I_{пр}' \cdot 1{,}5 \cdot R_{ак.},$$

где Rак . - внутреннее сопротивление заряженного аккумулятора;

Iпр'. - ток включения привода с учетом возможного, минимально допустимого рабочего напряжения, определяемый по выражению:

$$I_{пр} = I_{пр.ном.} \cdot \frac{U_{нм.доп.}}{U_{ак.кр}}$$

$$I_{пр} = 244 \cdot \frac{187}{220} = 207{,}4 \text{ А}$$

Uак.кр. =1,88-207,4•1,5•0,00105=1,55 В/эл.;

Nд = 187+8,81,55 127 эл.

Количество элементов дополнительной группы аккумуляторов следует уменьшить, а емкость увеличить. Выбираем аккумуляторы 6 OPzS 300 STARK номинальной емкостью 300 А•ч. производства ООО Рязанский аккумуляторный завод "Тангстоун". Выполняем перерасчет количества дополнительных элементов аккумуляторной батареи:

Uак.кр. =1,88-207,4•1,5•0,00063=1,68 В/эл.;

Nд = 187+8,81,68 120 эл.

Необходимо произвести проверку выбранной емкости по провалам напряжения продолжительностью не более 1 с на клеммах электроприемников, подключенных к основной группе аккумуляторов.

Условие выполняется. Окончательно принимаем количество элементов аккумуляторной батареи 120 с отпайкой от 104 элемента. Для проведения режима уравнительного заряда предусматривается отпайка от 100 элемента. Разрядная характеристика выбранного типа аккумулятора представлена на рисунке 7.

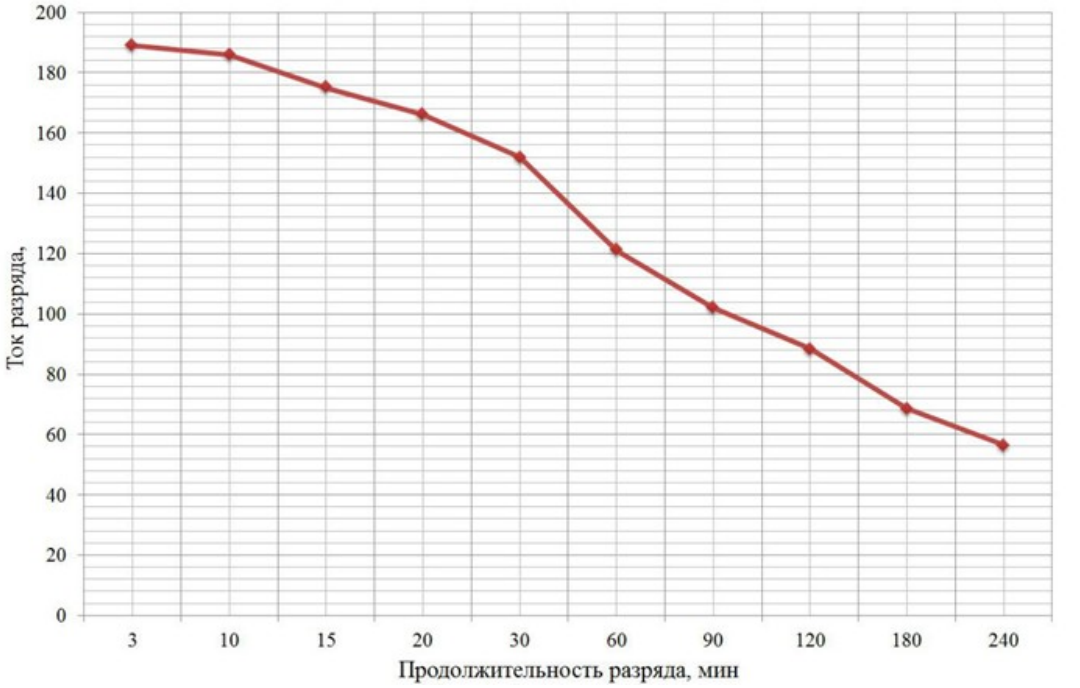

Рисунок 7 - Разрядная характеристика аккумулятора типа 6 OPzS 300 LA

2.3. Расчет зарядно-подзарядных устройств

В качестве ЗУ в СОПТ применяются устройства зарядно-подзарядные модульные типа УЗП-М, представляющее собой модульный высокочастотный инверторный преобразователь с естественным охлаждением. Мощность двух ЗУ, одновременно и параллельно работающих на одну АБ, должна обеспечивать питание всех подключенных электроприемников, относящихся к постоянной и временной нагрузке СОПТ подстанции с учетом проведения одновременно ускоренного заряда АБ до 90 % номинальной емкости в течение не более

8 часов. Мощность каждого из ЗУ, работающих на одну АБ, должна обеспечивать питание всех подключенных электроприемников, относящихся к постоянной и временной нагрузке СОПТ, в режиме поддерживающего заряда АБ.

Расчетный ток ЗУ:

$$\boldsymbol{I}\text{зу} = \frac{I\text{пт.наг} + k \cdot \text{С10}}{\mathbf{2}}$$

$$\boldsymbol{I}\text{зу} = \frac{28{,}44 + 0{,}12 \cdot 250}{\mathbf{2}} = 29{,}22\ \text{А},$$

где k-коэффициент запаса, учитывающий потери энергии при заряде аккумуляторов (0,12)/

С10 - номинальная десятичасовая ёмкость аккумуляторной батареи, А•ч.

Таким образом, выбираем зарядно-подзарядное устройство УЗП-М-40/10-230-380-1 производства завода "Конвертор" номинальным током 40 А. Устройство УЗП-М комплектуется встроенным блоком заряда дополнительных элементов аккумуляторной батареи типа БП60-10 номинальным током 10 А.

2.4 Расчет заземляющего устройства

Требования к эксплуатации заземляющих устройств:

1. Заземляющие устройства должны удовлетворять требованиям обеспечения электробезопасности людей и защиты электроустановок, а также эксплуатационных режимов работы. Все металлические части электрооборудования и электроустановок, которые могут оказаться под напряжением в следствие нарушения изоляции, должны быть заземлены или занулены.

2. При сдаче в эксплуатацию заземляющих устройств электроустановок монтажной организацией кроме документации, должны быть представлены протоколы приёмо-сдаточных испытаний этих устройств.

3. Каждый элемент установки, подлежащий заземлению, должен быть присоединён к заземлителю или к заземляющей магистрали посредством заземляющего проводника. Последовательное соединение с заземляющим проводником нескольких частей установки запрещается.

4. Присоединение заземляющих проводников к заземлителям, заземляющему контуру и к заземляемым конструкциям должно быть выполнено сваркой, а к корпусам аппаратов, машин и опорам воздушных линий электропередачи – сваркой или болтовым соединением.

5. Заземляющие проводники должны быть предохранены от коррозии. Открыто проложенные заземляющие проводники должны иметь чёрную окраску.

5. Для контроля заземляющего устройства должны проводиться:

а) измерение сопротивления заземляющего устройства и не реже одного раза в 12 лет выборочная проверка со вскрытием грунта для – осмотра элементов заземлителя, находящихся в земле;

б) проверка наличия и состояния цепей между заземлителями и заземляемыми элементами;

в) в установках до 1000 В проверка пробивных предохранителей и полного сопротивления петли фаза – нуль;

г) измерение напряжения прикосновения у заземляющих устройств, выполненных по нормам на напряжение прикосновения.

6. Измерение сопротивления заземляющих устройств должно проводиться:

а) после монтажа, переустройства и капитального ремонта этих устройств на электростанциях, подстанциях и линиях электропередачи;

б) при обнаружении на тросовых опорах ВЛ напряжением 35 кВ и выше следов перекрытий или разрушений изоляторов электрической дугой;

в) на подстанциях воздушных распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже - не реже одного раза в 12 лет.

7. Измерения напряжений прикосновения должны проводиться после монтажа, переустройства и капитального ремонта заземляющего устройства, но не реже 1 раза в 6 лет. Измерения должны выполняться при присоединённых естественных заземлителях и тросах ВЛ.

Для обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала от поражения напряжением прикосновения и шаговым напряжением необходимо все части электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под таковым при повреждении изоляции, надежно заземлять.

Согласно ПУЭ [6] заземляющие устройства в электроустановках должны проектироваться так, чтобы в любое время года на всей территории электростанции или подстанции напряжение прикосновения, под которое может попасть человек, не превышало допустимого напряжения $U_{пр.доп}$. Безопасная величина $U_{пр.доп}$ зависит от времени его воздействия на человека. Рекомендуемые величины $U_{пр.доп}$. Время воздействия напряжения прикосновения на человека $\tau_в$ равно времени существования однофазного короткого замыкания:

$$\tau_в = t_{р.з.} + t_{о.в.},$$

где $t_{р.з.}$ – время действия релейной защиты,

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

$$\tau_в = 0,5 + 0,09 = 0,59 \text{ с}$$

Кроме того, напряжение на заземляющем устройстве $U_З$ должно быть не более 10 кВ, в противном случае возникает опасность пробоя изоляции кабелей низкого напряжения.

Заземляющее устройство для установок 110 кВ и выше выполняется в виде сетки из горизонтальных полос, уложенных на глубине 0,6 - 0,8 метра. Площадь, охватываемая сеткой, несколько превышает площадь

электроустановки. Сетка состоит из полос, уложенных вдоль рядов оборудования, и выравнивающих полос, уложенных в поперечном направлении. Расстояние между полосами должно быть не более 30 м. При необходимости по периметру сетки предусматривается установка вертикальных заземлителей.

При проведении расчета многослойный грунт заменяется двухслойным: верхний толщиной h_1 с удельным сопротивлением ρ_1 (слой сезонных изменений), нижний – с удельным сопротивлением ρ_2.

Расчет производится в следующем порядке [32].

1. Намечается схема заземляющего устройства, приведенная на рисунке 9 причем контур заземления должен перекрывать территорию электроустановки.

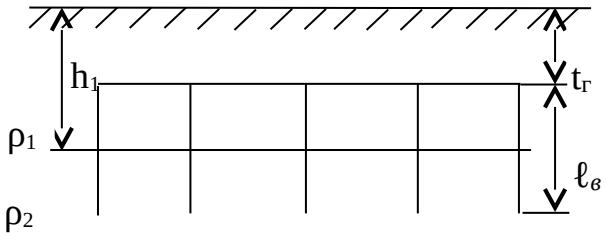

Рисунок 9. Схема заземляющего устройства

(h_1 – толщина верхнего слоя грунта, ρ_1 – удельное сопротивление верхнего слоя грунта, ρ_2 – удельное сопротивление нижнего слоя грунта, $t_г$ – глубина прокладки горизонтального заземлителя, $l_в$ – длина вертикального заземлителя)

Принимаем: h_1=2 м, $t_г$=0,5 м, $l_в$=5 м.

2. Определяется время $\tau_в$, и находится допустимое напряжение прикосновения.

$\tau_в$ =0,59 с, принимаем значение времени прикосновения 0,5 с и напряжения прикосновения $U_{прик.}$ = 200В.

3. Определяется коэффициент напряжения прикосновения по формуле

$$K_{\text{П}} = \frac{M_1 \beta}{\left(\frac{\ell_в \cdot L_г}{a \cdot \sqrt{S}} \right)^{0,45}},$$

где M_1 - параметр, зависящий от ρ1/ρ2,

$L_г$ – суммарная длина горизонтальных заземлений,

S – площадь заземляющего устройства,

β – коэффициент, учитывающий сопротивление стекания тока со ступней на землю.

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 1{,}5\rho_1}.$$

Расстояние а в первом приближении может быть принято равным $l_в$.

Принимаем площадь горизонтального заземлителя равной площади подстанции - 30х90м. Длина вертикальных заземлителей принята 5 м. Заземлители только искусственные.

Длина горизонтального заземлителя:

$$L_Г = (\sqrt{S}\frac{\sqrt{S}}{a} + 1) \cdot 2,$$

$$L_Г = (\sqrt{30 \cdot 90}\frac{\sqrt{30 \cdot 90}}{5} + 1) \cdot 2 = 1082.$$

Учитывая структуру почвы, за верхний слой принимается чернозём с удельным сопротивлением ρ_1=30 Ом·м, а за нижний – глина с удельным сопротивлением ρ_2=50 Ом·м. Тогда соотношение ρ_1/ρ_2=0,6, а параметр примем M_1=0,36.

$$\beta = \frac{1000}{1000 + 1{,}5 \cdot 30} = 0{,}96,$$

$$K_п = \frac{0{,}36 \cdot 0{,}96}{\left(\frac{5 \cdot 1082}{5 \cdot \sqrt{2700}}\right)^{0{,}45}} = 0{,}088$$

4. Определяется напряжение на заземлителе:

$$U_з = \frac{U_{пр.доп}}{K_п}.$$

Если это напряжение более 10 кВ, необходимо принимать меры по защите изоляции кабелей или снижать потенциал заземлителя.

$$U_з = \frac{200}{0{,}088} = 2272{,}7.$$

5. Находится допустимое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\text{з.доп}} = \frac{U_з}{I_з},$$

где $I_з$ - ток, протекающий через заземляющее устройство при расчетном однофазном к.з. (с некоторым запасом может быть принят равным току трехфазного к.з.).

$$R_{\text{з.доп}} = \frac{2272,7}{7200} = 0,32 \text{ Ом.}$$

6. Находится число и общая длина вертикальных заземлителей:

$$n_в = \frac{4\sqrt{S}}{\frac{a}{l_в} \cdot l_в},$$

$$L_в = n_в * l_в,$$

$$n_в = \frac{4\sqrt{2700}}{\frac{5}{5} \cdot 5} = 42 \text{ шт.}$$

$$L_в = 42*5 = 210 \text{ м.}$$

7. Находится относительная глубина заложения заземляющего устройства

$$\frac{\ell_в + t_г}{\sqrt{S}} = \frac{5 + 0,5}{\sqrt{2700}} = 0,106;$$

Параметр A_1:

$$A_1 = \left(0,444 - 0,84\frac{\ell_в + t_г}{\sqrt{S}}\right) \text{ при } 0 \le \frac{\ell_в + t_г}{\sqrt{S}} \le 0,1;$$

$$A_1 = \left(0,385 - 0,25\frac{\ell_в + t_г}{\sqrt{S}}\right) \text{ при } 0,1 \le \frac{\ell_в + t_г}{\sqrt{S}} \le 0,5;$$

$$A_1 = 0,385 - 0,25*0,106 = 0,358$$

Относительное эквивалентное удельное сопротивление для сеток

с вертикальными заземлителями $\rho_{эк}^{*}$=1,02

Эквивалентное сопротивление грунта:

$$\rho_{эк}=\rho_{эк}^{*} *\rho_2=1,02*50=51 \text{ Ом*м}$$

Общее сопротивление сложного заземлителя

$$R_{з.иск} = A_1 \cdot \frac{\rho_э}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_э}{L_г + n_в \ell_в};$$

$$R_{з.иск} = 0{,}358 \cdot \frac{51}{\sqrt{2700}} + \frac{51}{1082 + 210} = 0{,}29$$

$$R_{з.иск} < R_{з.доп}$$

$$0.29<0.32$$

Напряжение прикосновения:

$$U_{нр}=K_н*I_з*R_з=0{,}088*7200*0{,}29=183{,}7<200$$

План получившегося устройства заземления изображен на рисунке 10

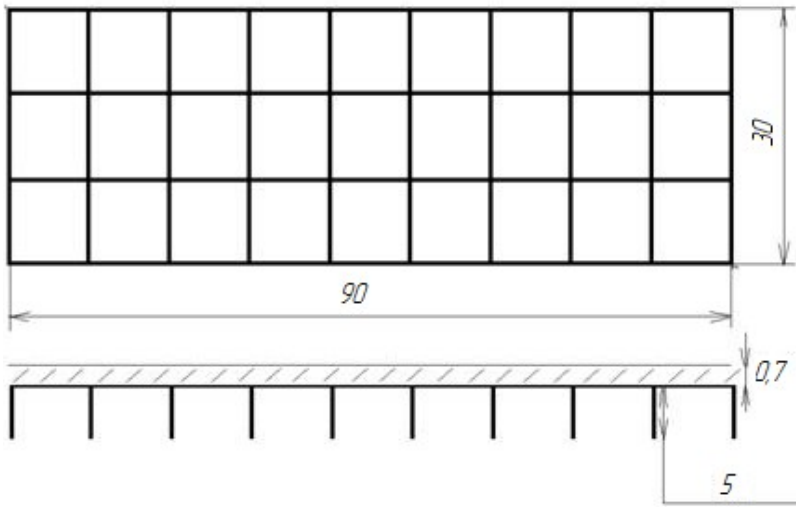

Рисунок 10 План заземления подстанции 110/35/10 «Коловрат»

Следовательно, заземляющее устройство эффективно и удовлетворяет всем требованиям ПУЭ

2.6 Молниезащита подстанции

Молниезащита - комплекс защитных устройств и мероприятий, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний и разрушений, возникающих при разрядах молнии.

Прямой удар молнии - непосредственный контакт канала молнии с объектом, сопровождающийся протеканием через него тока молнии.

Вторичные проявления молнии - наведение потенциалов на металлических элементах конструкций, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Занос высокого потенциала - перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным и наземным трубопроводам, эстакадам, кабелям) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Молниеотвод - устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

Молниеотвод состоит из опоры, молниеприемника, токоотвода и заземлителя. Наиболее распространенными типами молниеотводов являются: стержневой, тросовый и сетчатый.

ОРУ станций и подстанций защищаются от ударов молнии стержневыми молниеотводами и только для протяженных шинных мостов и гибких связей применяются тросовые молниеотводы.

Расчет молниезащиты подстанции 110/35/10 «Благовещенка» производится по [33].

Тип защиты рассматриваемой подстанции – Б. Подстанция защищена двумя стержневыми молниеотводами М1 и М2 одинаковой высоты. Высота молниеотвода М1,М2 – 20 метров. Расстояние между молниеотводами L – 50 м. Высота защищаемого оборудования (h_x) равна 10 и 4 метров соответственно.

Габаритные размеры торцевых зон защиты определяются по формулам:

$$h_0=0.92*h,$$

$$h_0=0.92*20=18.4 \text{ м},$$

$$r_0=1.5h,$$

$$r_0=1.5*20=30 \text{ м},$$

$$r_x=1.5(h-1.11h_x),$$

$$r_{x1}=1.5(20-1.1*10)=13.5\text{м},$$

$$r_{x2}=1.5(20-1.1*4)=23.4 \text{ м},$$

При условии, что $h < L \leq 6h$ габаритные размеры внутренней области зоны защиты определяются по формулам:

$$r_c=r_{0,}$$

$$h_c=h_0-0.14(L-h),$$

$$h_c=18{,}4-0.14(50-20)=14{,}2\text{м},$$

$$r_{cx}=r_0(h_c-h_x)/h_{c,}$$

$$r_{cx}=30(14{,}2-10)/14{,}2=8{,}9 \text{ м},$$

$$r_{cx1}=30(14{,}2-4)/14{,}2=21{,}5 \text{ м},$$

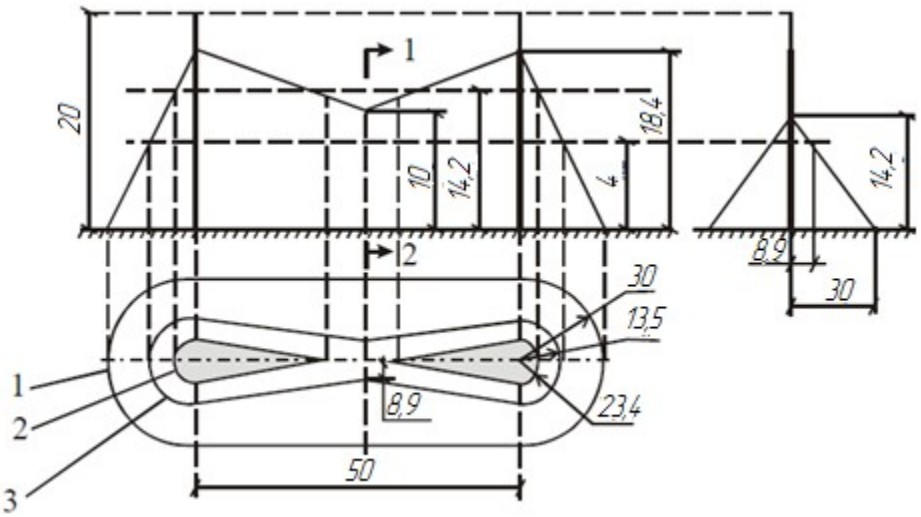

Рисунок 11. Зона защиты двух стержневых молниеотводов высотой до 150 метров одинаковой высоты:

(1 – граница защиты на уровне земли; 2 - тоже на уровне h_{x1} ; 3- тоже на уровне h_{x2})

После проделанной работы можно сделать вывод о безопасности реконструируемой подстанции 110/35/10 «Коловрат». Меры по электробезопасности выполнены по действующим в настоящее время

методикам и в соответствии с требованиями ПУЭ, что позволяет говорить о том, что данная подстанция является электробезопасной по отношению к работающим.

Выводы

1. Расчет системы оперативного постоянного тока ПС «Коловрат» выполнялся согласно СТО 56947007-29.120.40.216-2016 "Методические указания по выбору оборудования СОПТ". Емкость АБ выбиралась по максимальному толчковому току при включении/отключении группы выключателей с наибольшим номинальным током электромагнитов включения/отключения после двухчасового разряда АБ током аварийного режима (постоянной нагрузки).

2. Кратковременная нагрузка на ЭМВ выключателя ОРУ 110 кВ составила 224 А.

3. Постоянная нагрузка на Панели защиты линий 110-35 кВ, центральная сигнализацию, панели автоматики составила 23,9 А.

4. Временная нагрузка на аварийное освещение составила 4,54.

5. Напряжение на элементе АБ в конце разряда 1,88 В/эл.

6. Количество аккумуляторных элементов составило 120 штук.

7. Расчетный ток зарядно-подзарядного модульного типа УЗП-М составил 29,22 А.

8. Полное время отключание выключателя составило 0,59 с.

9. Относительная глубина заложения заземляющего устройства 0,106 м.

10. Габаритные размеры торцевых зон защиты rx1=13.5м, rx2=23.4 м

11. Габаритные размеры внутренней области зоны защиты rcx=8,9 м, rcx1=21,5 м

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Выбор сечения кабелей СОПТ по условиям протекания длительно допустимого тока

Расчет сечения кабельной линии в цепи ввода АБ, цепи ввода ВАЗП проводится на основании СТО 56947007-29.120.40.216-2016 "Методические указания по выбору оборудования СОПТ", гл. 1.3. ПУЭ и таблицами 19-22 ГОСТ 31996-2012. Согласно пункту 7.5.4. СТО 56947007-29.120.40.216-2016 сечение кабелей в цепи ввода АБ принимается по большему сечению проводников, питающих кратковременную нагрузку.

В соответствии с п. 7.5.3 СТО 56947007-29.120.40.216-2016 в цепи зарядного устройства сечение проводника выбирается по длительно допустимому току, удовлетворяющему условию:

$$I_{д.д.} = \frac{K_{пер} \cdot I_{ном}}{Kt}$$

Кпер . - коэффициент, учитывающий возможность перегрузки ЗУ (1,15).

Kt - поправочный коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды (1,04);

Выбор сечений кабелей сведен в таблицу 3.

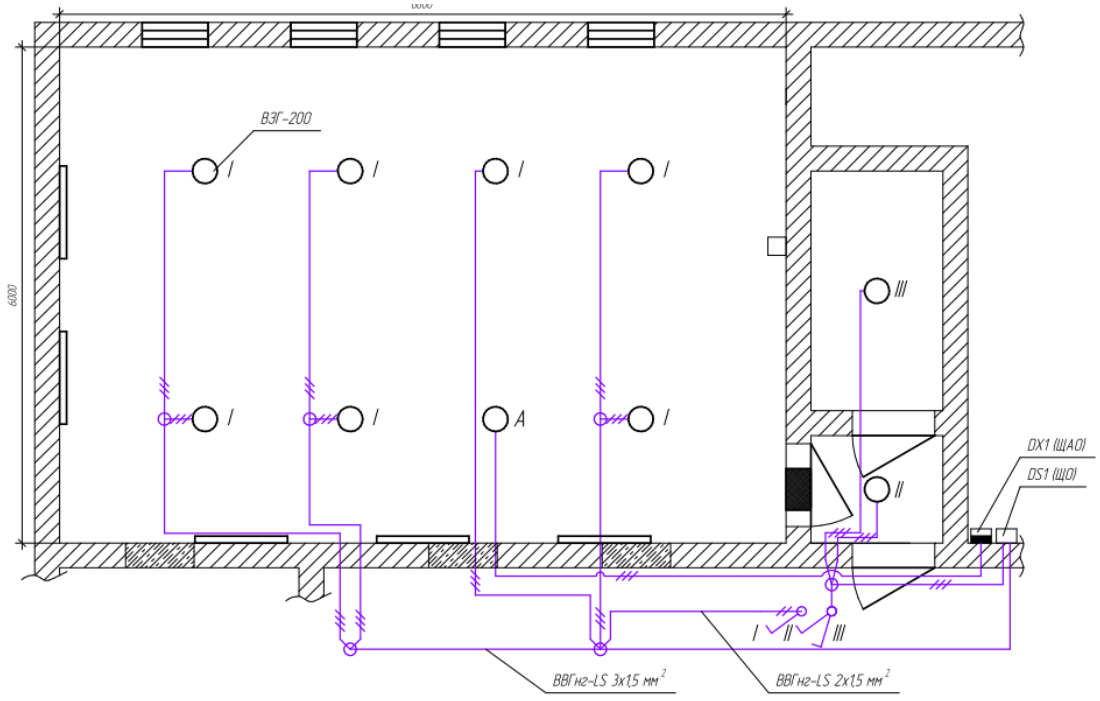

Рисунок 12. - План расположения светильных приборов

3.2. Проверка кабелей СОПТ по потере напряжения

Потеря напряжения определяется по формуле:

$$\boldsymbol{U} = \frac{2 \cdot 100}{\boldsymbol{U}_{\text{н}}} \cdot I \cdot \text{l} \cdot \text{r}$$

I - рабочий ток, А;

l - длина проводника, м;

r0- удельное активное сопротивление проводника, Ом/м. Проверка кабельных линий по потере напряжения сведена в таблицу 3.

Таблица 3 -Проверка кабельных линий по длительно допустимому току и по потере напряжения.

№ линии	Обозначение линий на схемах СОПТ	Марка кабеля сечение, мм ^{2}	l, км	$I_{раб}$, А	$I_{ДД}$, А	U_i, %
W1	BE1-01	ВВГнг(А)-LS 3х16	0,01	55,3	113	0,63
W2	BE2-01	ВВГнг(А)-LS 3х16	0,01	55,3	113	0,63
W3	BEGB1-01	4х(КГВВнг(А)-LS 1х70)	0,06	128,44	286	1,96
W4	BEGB1-02	ПуГВ 1х25	0,005	28,44	140	0,09

3.3. Расчёт токов короткого замыкания в СОПТ

Расчёт произведён в соответствии с ГОСТ 29176-91 "Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчёта в электроустановках постоянного тока".

Сопротивление АБ определяется по формуле:

RA Б =rак •n, где

rак - сопротивление одного элемента АБ, Ом;

n - количество последовательно соединенных элементов.

Сопротивление кабельной линии от АБ до ШОТ:

$Rw = p\frac{l}{s}$, где

p - удельное сопротивление проводника;

l - длина кабеля, м;

S - сечение проводника.

Сопротивления контактов коммутационных аппаратов определяются по справочникам заводов-изготовителей.

Данные для рачета сопротивлений и расчет сопротивлений элементов СОПТ приведены в таблице 2.

Схема замещения СОПТ для рассчета токов короткого замыкания представлена на рисунке 4.

Таблица 4 - Расчет сопротивлений элементов СОПТ

Обозначение элемента схемы	Параметр элемента схемы			Расчетное значение
Аккумуляторная батарея				
АБ	Емкость АБ, А*ч	Сопротивление 1 элемента, Ом	Количество элементов	Сопротивление R, Ом
6 OPzS 300 LA	300	0,00063	100	0,063
			104	0,0655
			120	0,0756
Кабельные линии				
Номер линии	p, Ом·мм ^{2}/м	s, мм ^{2}	l, м	Сопротивление R, Ом
W1	0,0175	16	10	0,022
W2	0,0175	16	10	0,022
W2.1	0,028	16	50	0,175
W2.2	0,028	35	110	0,176
W2.4	0,0175	25	5	0,007
W3	0,0175	70	60	0,03
W4	0,0175	25	5	0,007

Коммутационные аппараты			
Номер аппарата	Ном.ток А	Хар-ка срабатывания	Сопротивление R, Ом
QS1	400	-	0,0002
QS-FUED1	63	-	0,0012
QS-FUED2	63	-	0,0012
QS-FUGB1	160	-	0,0005
QS-FUGB2	160	-	0,0005
QS-FUGB3	63	-	0,0012
QS2.1	200	-	0,0005
QS2.2	200	-	0,0005
FU2.1	63	-	0,003
FU2.2	100	-	0,001
QS-FU2.1	63	-	0,0012
ECSA4	63	-	0,015
ECFU6	25	-	0,008

Переходное сопротивление $R_П$ =0,01 Ом

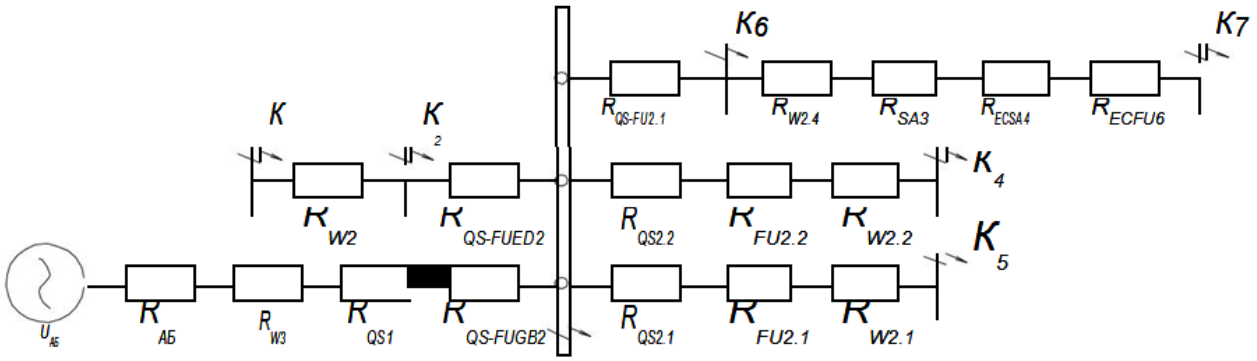

Рисунок 13 - Схема замещения СОПТ

Схема замещения СОПТ при питании ШУ, ШС от 100 элемента представлена на рисунке 14.

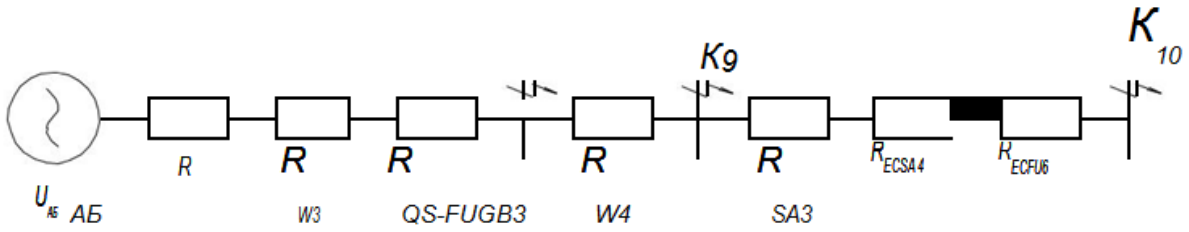

Рисунок 14 - Схема замещения СОПТ при питании ШУ, ШС от 100 элемента

Ток металлического КЗ в СОПТ определяется по формуле:

uэл.А Б - напряжение одного элемента АБ, Ом;

n - количество последовательно соединенных элементов;

R - суммарное сопротивление элементов СОПТ от АБ до места КЗ.

Ток дугового КЗ определяется по формуле:

I'K =k•IK , где

k - коэффициент, учитывающий сопротивление дуги.

Коэффициент k определяется по зависимости от суммарного сопротивления электрической цепи до места КЗ (см. рисунок 15, график 1).

Расчёт токов короткого замыкания в СОПТ сведен в таблицу 4.

Таблица 4- Расчет токов короткого замыкания в СОПТ

Место КЗ	Расчет токов металлического КЗ			Расчет тока дугового КЗ	
	$U_{АБ}$, В	R, Ом	$I_К$, А	0,51	1173,5
К1	UАБ1=120•2,23=267,6 В	R3=R1+Rqs +Rw2= 0,1163+0,0005+0,003+0,175=0,2948	2300,5	0,51	1161,5
К2		R4=R1+RQS2.2+RFU2.2+RW2.2=0,1163+0,0005+0,003+0,175=0,2948	2277,5	0,52	997,5
К3		R6=RАБ2+RW3+RQS1+RQS-FUGB2+Rп+RQS-FU2.1=0,1163+0,0012+0,022=0,1395	1918,3	0,54	491,9
К4		R4=R1+RQS2.2+RFU2.2+RW2.2=0,01163+0,0005+0,003+0,175=0,2948	910,8	0,54	490,2
К5		R5=R1+RQS2.1+RFU2.1+RW2.1=0,1163+0,0005+0,003+0,175=0,2948	907,8	0,51	1105,3
К6	UАБ2=104•2,23=231,9 В	R6=RАБ2+RW3+RQS1+RQS-FUGB2+Rп+RQS-FU2.1==0,0655+0,03+0,0002+0,0005+0,01+0,0012=0,107	2167,3	0,53	808,6
К7		R7=R6+RW2.4+RSA3+RECSA4+RECFU6=0,107+0,007+0,015+0,015+0,008=0,152	1525,6	0,51	1091,5
К8	UАБ1=120•2,23=223 В	R8=RАБ+RW3+RQS-FUGB3+Rп=0,063+0,03+0,0012+0,01=0,1042	2140,1	0,52	1042,8
К9		R9=R8+RW4=0,1042+0,007=0,1112	1494,6	0,53	792,2
К10		R10=R8+RW4+RSA3+RECSA4+RECFU6==0,1042+0,007+0,015+0,015+0,008=0,1492		0,51	1173,5

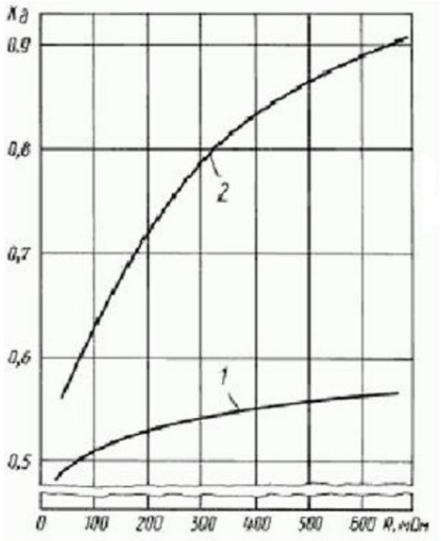

Рисунок 15 - График зависимости коэффициента k от сопротивления цепи
2 - для машин постоянного тока;

1 - для аккумуляторных батарей;

Выводы

1. Кабельные линии по длительно допустимому току и по потере напряжения составило для W1 Iд=113 А U%=0.63, для W2 Iд= 113 А U%= 0,63, W3 Iд=286 А U%=1,96, для W4 Iд= 140 А U%=0,09.

2. Сопротивлений элементов СОПТ составило W1=0,022 Ом, W2=0,022 Ом, W3=0,03 Ом, W4=0,007 Ом.

3. Для коммутационных аппаратов QS1 = 0,0002 Ом, QS-FUED1 0,0012 Ом, QS-FUED2 0,0012 Ом, QS2.1 0,0005 Ом, QS2.2 0,0005 Ом,FU2.1 0,003 Ом, FU2.2 0,001 Ом, QS-FU2.1 0,0012 Ом, ECSA4 0,015 Ом, ECFU6 0,008.

4. Токи короткого замыкания в СОПТ составили К1 Ik=2300,5 А, ток дугового КЗ 161,5 А, К2 ток дугового КЗ 997,5 КЗ Ik=1918,3 А, ток дугового КЗ 491,9 К4 Ik=910,8 А, ток дугового КЗ 490,2 К5 Ik=907,8 А, ток дугового КЗ 1105,3 А, К6 Ik=2167,3 А, ток дугового КЗ 808,6 К7 Ik=1525,6 А, ток дугового КЗ 1091,5 К8 Ik=2140,1 А, ток дугового КЗ 1042,8 К9 Ik=1494,6 А, ток дугового КЗ 792,2 К10 ток дугового КЗ 1173,5.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1. Охрана труда при производстве работ

Работы в действующих электроустановках должны осуществляться в соответствии с требованиями "Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".

В электроустановках не допускается приближение людей, механизмов и грузоподъемных машин к находящимся под напряжением неогражденным токоведущим частям на расстояния менее допустимых.

Электроинструмент должен храниться в инструментальной. Перед выдачей рабочему инструмент в присутствии рабочего должен быть проверен на исправность. Проверяется исправность заземляющего провода, отсутствие замыкания на корпус исправность редуктора, целостность изоляции, исправность выключателя.

Рабочие и ИТР, занятые на реконструкции ПС, должны быть обучены и аттестованы по правилам техники безопасности и правилам пожарной безопасности. Участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной или индивидуальной защиты работающих первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда, в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Механизмы и приспособления, применяемые при выполнении строительно-монтажных работ, должны удовлетворять требованиям государственных стандартов и техническим условиям.

При выполнении проектных решений и соблюдении технологической последовательности, методов и правил производства основных видов строительно-монтажных работ, а так же правил хранения строительных

материалов в период строительства, не происходит загрязнения окружающей среды.

Монтаж аккумуляторных батарей необходимо производить в соответствии с РД 153-34.3-03.285-2002, «Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ», СНиП 3.05.06-85 «Электротехнические устройства» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», которые включают выполнение следующих требований:

1. На дверях аккумуляторного помещения должны быть сделаны надписи «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «Запрещается курить» или вывешены соответствующие знаки безопасности о запрещении использования отрытого огня и курения.

2. Перед началом работ следует установить порядок учета, хранения и выдачи электромонтажному персоналу ключей от помещения аккумуляторной батареи, двери помещения должны быть постоянно заперты.

3. Все рабочие, ведущие монтаж аккумуляторных батарей, должны иметь группу по электробезопасности не ниже III.

4. Электромонтажники по монтажу аккумуляторных батарей на время работы должны обеспечиваться кислостойкими костюмами, резиновыми сапогами, фартуками и перчатками, нейтрализующими растворами для промывки глаз и лица, брезентовыми рукавицами.

5. До начала монтажа аккумуляторной батареи в помещении аккумуляторной должна быть опробована в работе существующая система проточно-вытяжной вентиляции.

6. В аккумуляторном помещении запрещается курить, пользоваться открытым огнем, электронагревательными приборами, а также инструментами и аппаратурой, которая может вызвать искрообразование.

7. Искусственная вентиляция в аккумуляторном помещении должна включаться за тридцать минут до начала зарядки батарей и выключаться не ранее, чем через 1,5 ч. После окончания зарядки.

8. Кислота должна храниться в отдельных помещениях, где разрешается хранить кроме нее только дистиллированную воду, кислота должна храниться в плотно закупоренных стеклянных бутылях, установленных в плетеных корзинах, снабженных ручками; бутыли с кислотой и дистиллированной водой должны иметь надписи о содержимом бутыли.

9. При работе с электролитом необходимо надевать защитные очки, резиновый фартук, сапоги и перчатки.

10. Места, залитые электролитом, после удаления жидкости необходимо обмыть из шланга водой или нейтрализующими растворами.

При прокладке кабельных линий внутри помещений необходимо руководствоваться РД 153-34.3-03.285-2002 «Правила безопасности при строительстве линий электропередачи и производстве электромонтажных работ», содержащим следующие требования:

- сверление отверстий в кирпиче и бетоне разрешается производить в защитных очках или защитном щитке из небьющегося прозрачного материала;

- поднятые наверх для монтажа материалы и изделия должны немедленно закрепляться или складываться таким образом, чтобы была исключена возможность их падения;

- сверление сквозных отверстий в стенах следует производить с лесов, подмостей и передвижных вышек.

Запрещается ходить по проложенным коробам, лоткам, трубным блокам; производить монтаж тросовых проводок с приставных лестниц; затягивать провода через протяжные коробки, ящики, трубки, блоки, в которых находятся провода под напряжением, с помощью стальной проволоки; проверка сопротивления изоляции с помощью мегомметра должна производиться персоналом, который имеет группу по электробезопасности не ниже III.

4.2. Оценка воздействия объекта реконструкции на окружающую среду

Основным источником загрязнения в рамках реконструкции помещения АБ ПС 110/35/10 кВ Коловрат является аккумуляторная батарея.

Для питания потребителей СОПТ на ПС Коловрат предусматривается установка стационарных малообслуживаемых свинцово-кислотных аккумуляторов типа OPzS STARK с жидким электролитом. Аккумуляторы OPzS оснащаются выводами, обеспечивающими полную герметизацию всех элементов аккумуляторной батареи на всем протяжении эксплуатации. Каждый элемент оборудован огнеупорными керамическими фильтр-пробками с встроенными клапанами, позволяющими производить доливку дистиллированной воды и измерять плотность электролита без их снятия. Клапан имеет каталитическую вставку, обеспечивающую частичную рекомбинацию образующихся во время работы аккумулятора водорода и кислорода в воду и возврата ее в аккумулятор.

При эксплуатации устанавливаемого оборудования (выпрямительные зарядно-подзарядные устройства, аккумуляторные батареи) уровень вредных веществ имеет допустимое значение.

Уровень электромагнитного излучения и уровень шума устанавливаемого оборудования находится в допустимых пределах и не представляет угрозы для жизни и здоровья людей.

Радиационное воздействие при установке нового оборудования отсутствует, поскольку отсутствуют источники поступления радионуклидов в окружающую среду.

При проведении строительно-монтажных работ наиболее опасными факторами, представляющими угрозу жизни и здоровью людей является уровень шума от использования электроинструмента, выделяющиеся

токсичные вещества при проведение покрасочных работ и пылевое загрязнение.

При производстве прокладки новых кабелей системы постоянного оперативного тока вредные выбросы, представляющие угрозу для окружающей среды, жизни и здоровью людей отсутствуют. Загрязняющее воздействие на окружающую среду будут оказывать строительные отходы и выводимое из эксплуатации существующее оборудование.

Загрязняющее воздействие на окружающую среду будут оказывать строительные отходы и выводимое из эксплуатации оборудование. Демонтируемое оборудование необходимо вывести в резерв, а аккумуляторные батареи утилизировать. Комплексный вывоз и утилизация аккумуляторов СК-8 производится на этапе реконструкции подрядной организацией по заявке. После демонтажа аккумуляторной батареи электролит сливается в специальные емкости для хранения серной кислоты, емкости плотно закупориваются притертыми пробками или винтовыми полиэтиленовыми крышками. В процессе утилизации аккумуляторных батарей из них извлекается свинец и другие цветные металлы, попадание которых в окружающую среду приводит к загрязнению водной среды. Почв и гибели животных.

Электротехническое оборудование в случае утилизации также должно утилизироваться специальными организациями, имеющими на это разрешение.

4.3 . Система рабочего и аварийного освещения

В помещении аккумуляторной батареи, кислотной и тамбура предусматривается реконструкция сети рабочего и аварийного освещения. Напряжение сети рабочего и аварийного освещения = 220 В.

Рабочее освещение аккумуляторной выполнено взрывозащищенными светильниками с лампами накаливания мощностью 200 Вт. В качестве

аварийного освещения используется один светильник рабочего освещения с подключением к щиту аварийного освещения напряжением 220 В постоянного тока. В объеме реконструкции в помещении аккумуляторной батареи, кислотной и тамбура предусматривается установка новых взрывозащищенных светильников типа ВЗГ-200 со светодиодными лампами типа PCLA150 20,3W мощностью 20 Вт. Подключение реконструируемых сетей рабочего и аварийного освещения к ЩО и ЩАО осуществляется через вновь устанавливаемые автоматические выключатели. Сеть освещения выполняется кислотостойкими кабелями с медными жилами с изоляцией и оболочкой из ПВХ, не распространяющего горения, с пониженным дымо- и газовыделением (с индексом нг(А)-LS).

4.4. Мероприятия по реконструкции

Полы в помещении аккумуляторной покрыты кислотоупорной плиткой. Стены и потолок окрашены кислотостойкой краской. Кислотоупорный плинтус по периметру помещения отсутствует. На высоте 0,7 м от пола расположены три окна площадью 1,92 м 2 каждое, на высоте 1,8 м от пола - одно окно площадью 1,2 м 2.

Перед реконструкцией пола в помещении АБ, кислотной и тамбура выполняется разборка существующего покрытия из керамической плитки. После демонтажа существующего напольного покрытия выполняется выравнивание полов смесью типа "Наливной пол" с предварительной грунтованием основания. На подготовленное основание укладывается кислотоупорная плитка КС ПС-6-20 с последующей укладкой кислотоупорного плинтуса из плитки ПК-4.

Стены внутри помещения аккумуляторной батареи имеют трещины, отслоение бетона и штукатурки. Внутри помещения осуществляется заделка трещин, выбоин и стыков цементно-песчаной штукатуркой с последующим шпаклеванием. Перед покраской поверхности стен и потолка очищаются от пыли и грязи, обезжириваются и покрываются грунтовкой типа АК-079. Окрашивание поверхностей стен и потолка выполняется кислотостойкой эмалью "ХП-799".

Существующие оконные рамы в помещении аккумуляторной демонтируются и устанавливаются новые пластиковые окна единым блоком размером 2400х800 мм и 1200х1000 мм. Устанавливаемые пластиковые окна имеют матовое покрытие.

В помещении аккумуляторной батареи, кислотной устанавливаются новые глухие пластиковые двери, в тамбур - металлическая. Дверь тамбура снабжена самозапирающимся замком, допускающим открывание её без ключа с внутренней стороны. Дверные коробки поставляются комплектно с дверями. Зазоры и швы при установке оконных рам и дверей заполняются кислотостойким герметиком.

В помещении аккумуляторной батареи предусматривается замена существующих отопительных элементов. Проектируемые обогреватели устанавливаются с помощью кронштейнов на стене у пола вдоль стен помещения.

Образовавшиеся в результате демонтажа существующей отопительной системы отверстия в стенах закладываются полнотелым кирпичом 250х120х65 мм и выравниваются цементно-песчаным раствором М 100.

Ведомость отделки помещений представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Ведомость отделки помещений.

Наименования помещения	Потолки		Стены и перегородки		Полы	
	Вид Отделки	S, м^2	Вид Отделки	S, м^2	Вид Отделки	S, м^2
Аккумуляторная	Грунтовка АК-079. Окраска кислотостойкой эмалью. ХП-799 (либо аналог),цвет белый.	52,8	Штукатурка универсальная цементно-песчаная, цвет серый. Шпатлевка финишная, цвет белый.Грунтовка АК-079. Окраска кислотостойкой эмалью. ХП-799 (либо аналог), цвет серый	133,20	Выравнивание пола смесью "Наливной пол", цвет серый. Плитка кислотоупорная 230х113х20 мм по ГОСТ 961-89 Плинтус кислотоупорный ПК-4 200х200х20 мм по ГОСТ 961-8	52,8
Кислотная	Грунтовка АК-079	4,64	Грунтовка АК-079	40,5	Выравнивание	4,64

	Окраска кислотостойкой эмалью ХП-799 (либо аналог), цвет белый		Окраска кислотостойкой эмалью ХП-799 (либо аналог), цвет серый		пола смесью "Наливной пол", цвет серый Плитка кислотоупорная 230х113х20 мм по ГОСТ 961-89	
Тамбур Аккумалят орной	Грунтовка АК-079 Окраска кислотостойкой эмалью ХП-799 (либо аналог), цвет белый	2,08	Грунтовка АК-079 Окраска кислотостойкой эмалью ХП-799 (либо аналог), цвет серый	12,18	Плинтус кислотоупорный ПК-4 200х200х20 мм по ГОСТ 961-89 Выравнивание пола.	2,08

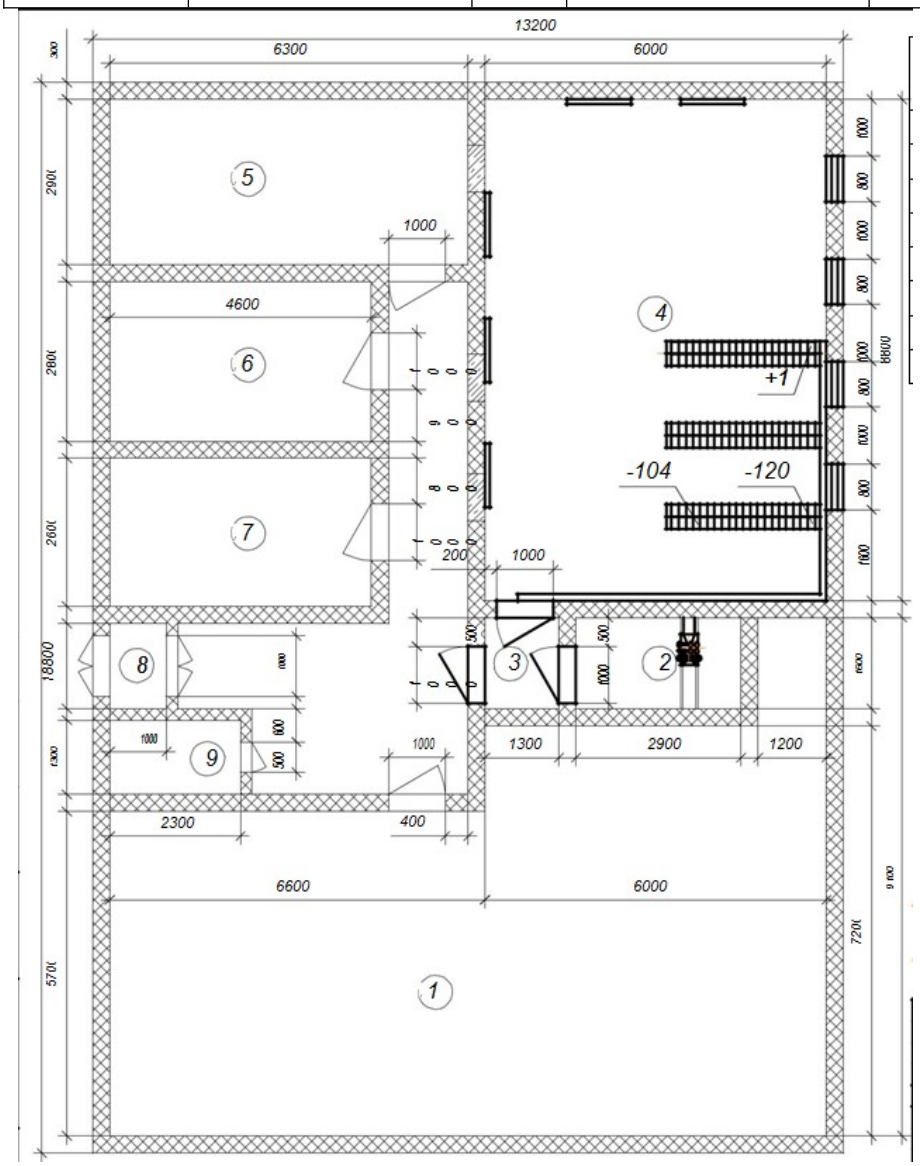

Рисунок 17. – План прокладки кабелей в ОПУ.

Перечень помещений ОПУ:

1. Щит управления.
2. Кислотная.
3. Тамбур.
4. Аккумуляторная.
5. Помещение СДТУ.
6. Дежурный персонал.
7. Комната отдыха.
8. Бытовое помещение.

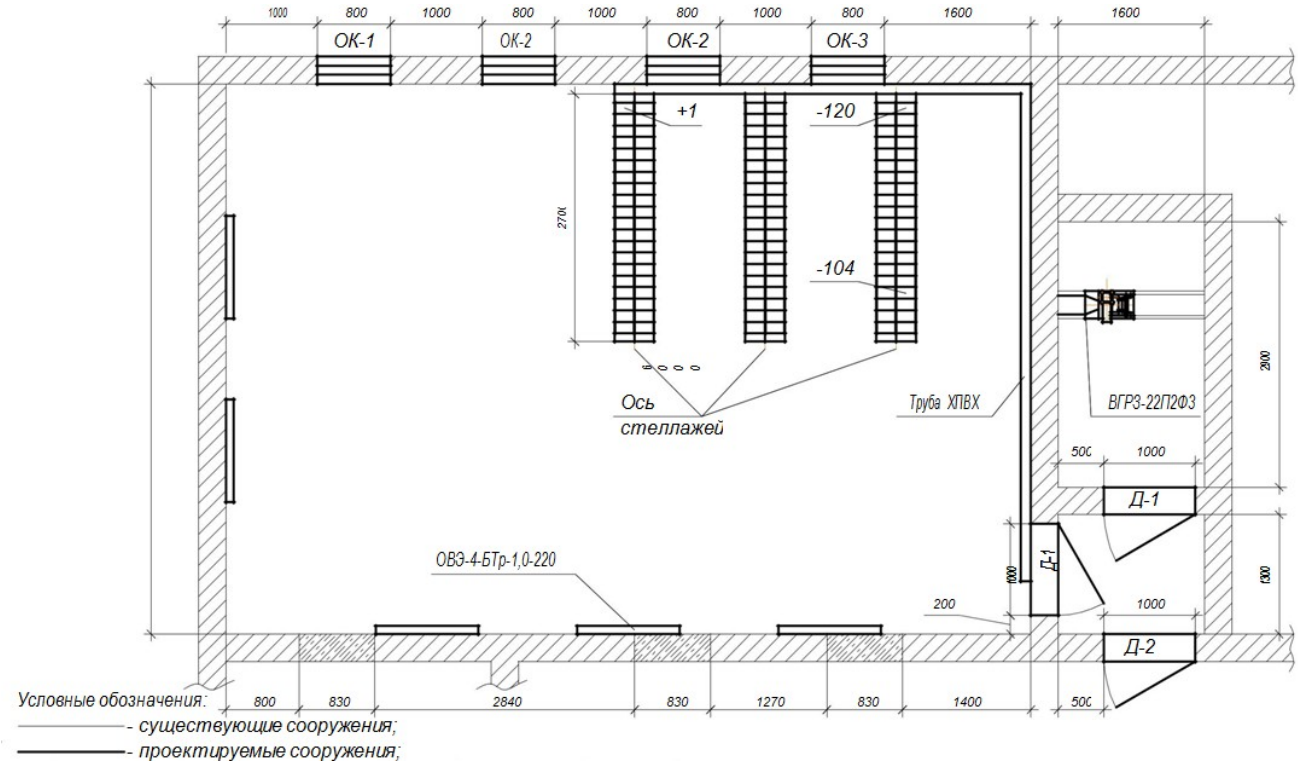

Рисунок 18. – План аккумуляторной.

Выводы

1. Результаты настоящей работы выявили допустимое негативное воздействие от проектируемой деятельности на компоненты окружающей среды в пределах рассматриваемого участка реконструкции ПС «Коловрат»

и на прилегающей территории, как в период реконструкции, так и при эксплуатации. Материалы конструкции аккумуляторов не оказывают опасное и вредное воздействие на организм человека и окружающую среду во всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации.

2. Материалы реконструкции помещения аккумуляторной на ПС 110/35/10 кВ, предусмотренные проектом реконструкции ПС «Коловрат», отвечают существующим экологическим требованиям к эксплуатации такого рода объектов и не противоречит современному функциональному назначению и использованию территории.

5. Охрана труда и техника безопасности.

5.1 Охрана труда на ПС 110/35/10кВ

Оборудование подстанций осуществляется в соответствии с ПУЭ, которые предусматривают соответствующие меры безопасности для обслуживающего персонала.

Основными факторами, влияющими на безопасность оперативного и обслуживающего персонала подстанции, являются:

- опасность прямого поражения электрическим током при обслуживании различного рода электрооборудования, установленного на данной подстанции;

- опасность поражения электротоком от нетоковедущих частей электрооборудования находящихся под напряжением вследствие повреждения изоляции, при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением в случае неудовлетворительного состояния заземления;

- пожароопасность электрооборудования, вызванная наличием в изоляции горючих материалов и веществ, изоляционных трансформаторных масел, компаундов и так далее;

- опасность поражения электрическим разрядом грозовых перенапряжений (молнией), проникновение (занос) электрических потенциалов в здания подстанции при грозах;

- выброс и растекание по территории подстанции трансформаторного масла при авариях и неисправностях в трансформаторе;

Во избежание поражения электрическим током при повреждении изоляции все электрооборудование подстанции, как существующее, так и устанавливаемое вновь, присоединяется к существующему контуру заземления, который имеет сопротивление менее 0.5 Ома в любое время года [5].

Во всех цепях РУ 110, 35, 10 кВ предусматривается установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, обеспечивающих возможность отсоединения аппаратов каждой цепи от сборных шин и других источников напряжения. Обозначение фаз и ошиновки РУ выполнено в соответствии с ПУЭ. Также для ОРУ обеспечена установка сетчатых и смешанных ограждений токоведущих частей и открыто установленных трансформаторов, выполненная на высоте 2 м от защищаемых аппаратов.

РУ подстанции, подъездные пути оборудованы электрическим освещением, для чего используются светильники с лампами типа ДРЛ, с номинальной мощностью 400 кВт.

Комплектные РУ для наружной установки (КРУН) состоят из шкафов, в отдельных отсеках которых установлено электрооборудование. При выкатывании тележки с выключателем специальные шторки автоматически ограждают токоведущие части, находящиеся под напряжением и закрывают доступ к ним людей [3].

Силовые трансформаторы периодически осматривают, обращая внимание на состояние кожухов, показания термометров уровень масла в расширителях, состояние изоляции вводов, предохранителей, заземления, а так же общее состояние помещений. При обнаружении сильного шума, потрескивания внутри трансформатора, ненормально высокой температуры масла, наличия выброса

масла из расширителя или разрыва диафрагмы на выхлопной трубе, недопустимого снижения уровня масла трансформатор немедленно выводится из работы, путем всестороннего отключения при помощи соответствующих выключателей и разъединителей.

Для предотвращения растекания масла по площадке подстанции при аварии в трансформаторах запроектирована закрытая сеть аварийных маслоотводов от маслоприемных устройств в общий маслосборник, предусматриваемый для вмещения полного объема масла, находящегося в трансформаторе.

На подстанции соблюдены все требуемые по ПУЭ расстояния между расположением токоведущих частей и зданиями или сооружениями, расстояния между токоведущими частями разных цепей, а также противопожарные расстояния и расстояния необходимые для обслуживания и замены оборудования.

На подстанции для тушения пожара предусматривается водопровод с питанием от существующей внешней сети.

Фундаменты под силовые трансформаторы и некоторые маслонаполненные аппараты выполнены из несгораемых материалов. Обеспечен проезд автотранспорта по спроектированным автодорогам к порталам, зданиям щитов управления, КРУНам.

Регулярно проводятся мероприятия по обучению персонала подстанции противопожарному минимуму, пожарный инструктаж и противопожарные проверки оборудования подстанции.

ОРУ и вся территория подстанции защищается от прямых попаданий молнии при помощи спроектированных стержневых молниеотводов.

Защита изоляции 110, 35 кВ оборудования от волн атмосферных перенапряжений выполняется ограничителями перенапряжения. Для защиты изоляции 10 кВ используются ограничителя перенапряжения, устанавливаемые на выводах трансформаторов 10 кВ [5].

Выводы

1. Важнейшим вопросом охраны труда и техники безопасности является электробезопасность, которая представляет собой систему организационных и технических мероприятий, средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока.

2. Организационные мероприятия по предупреждению поражения электрическим током, электрическим разрядом грозовых перенапряжений (молнией), пожароопасности, предотвращения растекания масла состоят в регламентации действий ремонтного персонала при выполнении им своих обязанностей, отношении порядка работ и применения защитных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей данного дипломного проекта является освоение теоретических знаний по проектированию электрической части подстанций напряжением класса 110/35/10 кВ и выше. В ходе выполнения дипломного проекта был произведён выбор числа и мощности трансформаторов в связи с нагрузками потребителей , расчёт токов короткого замыкания на сторонах 110 кВ, 35 кВ и 10 кВ. Также произведены выбор и проверка, по всем необходимым параметрам, силового коммутационного и токопроводящего оборудования, произведена установка на стороне 110 кВ вакуумного выключателя, вместо масляного выключателя, и вакуумных выключателей вместо масляных на сторонах 35 и 10 кВ. Выбранная конфигурация электрооборудования полностью соответствует всем требованиям по электробезопасности и ПУЭ. При проектировании распределительных устройств использованы типовые решения.

Произведен экономический расчет реконструкции, где были определены общие затраты на оборудование, заработную плату рабочих.

Рассмотрены вопросы охраны труда, техники безопасности рабочих.

Устройства релейной защиты и автоматики приняты, а заземляющие устройства рассчитаны в соответствии с ПУЭ. Двухтрансформаторная подстанция обеспечивает бесперебойное питание потребителей, что отвечает требованиям, предъявляемым к системе электроснабжения.

Произвели выбор необходимого оборудования электрической части подстанций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1 Электрическая часть станций и подстанций: Учебное пособие. Коломиец Н.В., Пономарчук Н.Р., Шестакова В.В Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007.

2 Гук Ю.Б. и др. Проектирование электрической части станций и подстанций. - Л.: Энергоатомиздат, 2006.

3 Нормы технологического проектирования понижающих подстанций с высшим напряжением 35-750 кВ. 5-е изд. - М.:Энергия, 2009.

4 Неклепаев Б.Н., Крючков и.п. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: - 4-е изд.- М.: Энергоатомиздат, 2009.

5 Абрамова Е.Я., Алешкина С.К., Чиндяскин В.И. Расчет понизительной подстанции в системах электроснабжения. - Оренбург.- М.: Энергоатомиздат, 2004.

6 ПУЭ . 2012 г.

7 Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов /Под ред. В.Н. Блок. - М.: Высш.шк. 2010.

8 Электротехнический справочник в 3-х том./Под ред. В.Г. Герасимова и др. -М.:Энергия, 2010.

9 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П., Жуков В.В. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. - Российское акционерное общество энергетики и электрификации «ЕЭС России», 2008.

10 Гайсаров Р. В., Лисовская И. Т. Выбор электрической аппаратуры, токоведущих частей, изоляторов. Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Ч.: Издательство ЮУрГУ, 2002.

11 Чунихин А. А., М., «Электрические аппараты». -М.:Энергия 2007

12 Румянцев Д.Е. Современное вакуумное коммутационное электричекое оборудование электрических сетей и подстанций. Учебно-методическое пособие. 2-е изд. - М.: ИП госслужбы. 2002.

13 Вакуумные выключатели типа ВРС-110. Техническая информация. НКАИ.670049.042 ТИ 10 редакция. - Концерн «Высоковольтный союз». 2014.

14 Выключатели вакуумные серии ВРС35НС. Техническая информация. НКАИ.670049.021 ТИ. Редакция 11. - Концерн «Высоковольтный союз». 2014.

15 Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф., Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций. - М.: Энергоатомиздат, 2010.

16 Лабок О. П., Семенов Г. Г. Управление разъединителями, сигнализация и блокировка. Москва, издательство Энергия, 2008

17 Андреев В.А. «Релейная защита и автоматика систем электроснабжения». - М. «Высшая школа». 2007.

18. Ограничители перенапряжений в полимерных покрышках для электрических сетей. – ООО «Разряд». 2014.

19 Афанасьев В. В и др. Трансформаторы тока. — М.: Энергоатомиздат, 2009.

20 Вавин В. Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. - М.:Энергия, 2008.

21 Трансформаторы напряжения ЗНОЛ 35. Руководство по эксплуатации. – ЗАО «Завод низковольтного и высоковольтного оборудования», Чебоксары. 2014.

22 Устройства комплектные распределительные серии КУ 10ц. Техническая информация. НКАИ.670049.007 ТИ. Редакция 17. - Концерн «Высоковольтный союз». 2014.

23 Выключатели вакуумные серии ВР. Техническая информация. НКАИ.670049.011 ТИ. Редакция 12. - Концерн «Высоковольтный союз». 2014.

24 Трансформаторы тока ТОЛ-10. Руководство по эксплуатации. – ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока», Екатеринбург. 2014.

25 http://www.aenergetika.ru/transformator_namit - сайт компании «Альфа-Энергетика».

26 Удрис А. П. Панель релейной защиты типа ЭПЗ-1636 для ВЛ 110-220 кВ. Приложение к журналу Энергетик. - М.:НТФ «Энергопрогресс». 2010

27 Комплекты защит типов КЗ 9У4, КЗ 9/2У4, КЗ 12У4÷КЗ 15У4, КЗ 17У4, КЗ 35У4÷КЗ 38У4, КЗ 9Т4, КЗ 9/2Т4, КЗ 12Т4÷КЗ 15Т4, КЗ 17Т4, КЗ 35Т4÷КЗ 38Т4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Издание 15. – Группа компаний «Чебоксарский электроаппаратный завод». 2008.

28 Цифровое устройство релейной защиты «Орион 2». Руководство по эксплуатации. БПВА.656128.001 РЭ. М.: ЗАО «РАДИУС Автоматика». 2014.

29 Устройство защиты и автоматики по току и напряжению РС-83А2М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ЕАБР.656112.016ТО. – РЗА Системз. 2010.

30 www.vsoyuz.com – сайт концерна «Высоковольтный союз».

33 Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения.. - М.: Форум - Инфра, 2005

ПРИЛОЖЕНИЕ А