Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)
тема

Руководитель _____ доцент, к.э.н Н.В. Дулесова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.В. Соловьев
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ И.А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2023

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Соловьеву Александру Владимировичу
фамилия, имя, отчество

Группа З-18 (ЗХЭн 18-01) Направление (специальность) 13.03.02
номер код

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Реконструкция подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)

Утверждена приказом по институту № 287 от 17.05. 2023 г.

Руководитель ВКР Н.В. Дулесова, доцент кафедры «ЭМиАТ»
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: документация по подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 КВ).

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:
Введение.
1 Общие сведения о подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ).
2 Обоснование реконструкции подстанции «Чалпан».
3 Организационно-технологическая схема последовательности возведения зданий и сооружений, инженерных коммуникаций реконструируемой подстанции «Чалпан»
4 Расчет и выбор оборудования подстанции «Чалпан».
5 Мероприятия по экономии электроэнергии.
6 Технико-экономические расчеты.
Заключение.
Список использованных источников.
Перечень обязательных листов графической части:
1. Проектируемая схема электроснабжения после реконструкции ПС «Чалпан».
2. Нормальная схема электрических соединений.
3. ПС «Чалпан» 110/6 кВ. ОРУ 110 кВ. Ячейка №3 ВЛ 110 кВ.

Руководитель ВКР _____ Н.В.Дулесова
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ А.В.Соловьев
подпись инициалы и фамилия

«03» марта 2023 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)» содержит пояснительную записку, состоящую из 69 страниц текстового документа, и графический материал на листах формата А1 в количестве 3 листов. Пояснительная записка содержит 10 таблиц, 3 рисунка и 25 использованных источников.

ПОДСТАНЦИЯ, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОР, РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА, НАПРЯЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, РЕЗИСТОР.

Объект исследования – ПС-110/6 кВ «Чалпан» .

Предмет исследования – методы и методики выбора электрооборудования для реконструкции подстанции, расчет электрических нагрузок.

Целью ВКР является реконструкция ПС-110/6 кВ «Чалпан», с полной заменой оборудования.

Задачи ВКР, которые необходимы для достижения цели:

- дать общую характеристику подстанции «Чалпан»;

- обосновать реконструкцию подстанции «Чалпан»;

- рассчитать и выбрать новое оборудование для подстанции;

- рассмотреть возможные варианты экономии электроэнергии на подстанции;

- составить локальную смету по реконструкции подстанции.

ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Reconstruction of the substation "Chalpan" (PS-110/6 kV)" contains an explanatory note consisting of 69 sheets of a text document and graphic material on A1 sheets in the amount of 3 sheets. The explanatory note contains 10 tables, 3 figures and 25 sources used.

SUBSTATION, RECONSTRUCTION, TRANSFORMER, DISCONNECTOR, ELECTRICAL LOAD, VOLTAGE, POWER SUPPLY, SWITCHGEAR, RESISTOR.

The object of research is PS-110/6 kV "Chalpan".

The subject of the research is methods and techniques for selecting electrical equipment for substation reconstruction, calculation of electrical loads.

The purpose of the WRC is the reconstruction of the PS-110/6 kV "Chalpan", with a complete replacement of equipment.

WRC tasks that are necessary to achieve the goal:

- give a general description of the substation "Chalpan";
- to justify the reconstruction of the Chalpan substation;
- calculate and select new equipment for the substation;
- consider possible options for saving electricity at the substation;
- to make a local estimate for the reconstruction of the substation.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 7
1 Общие сведения о подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)…… 9
2 Обоснование реконструкции подстанции «Чалпан»..... 12
3 Организационно-технологическая схема последовательности возведения зданий и сооружений, инженерных коммуникаций реконструируемой подстанции «Чалпан»…… 16
4 Расчет и выбор оборудования реконструируемой подстанции «Чалпан»… 20
4.1 Расчет нагрузок и компенсация реактивной мощности……. 20
4.2 Схема электрических соединений подстанции и выбор высоковольтного оборудования……... 20
4.3 Расчет емкостных токов в сети 6 кВ и выбор заземляющего резистора.. 31
4.5 Расчет защит от ОЗЗ…….. 34
4.6 Релейная защита и автоматика……. 35
4.7 Управление, блокировка, измерение и сигнализация…… 42
4.8 Конструктивная часть…… 44
5 Мероприятия по экономии электроэнергии……. 46
6 Технико-экономические расчеты…….. 47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….. 64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ……. 65
ПРИЛОЖЕНИЕ 1……... 68
ПРИЛОЖЕНИЕ 2……... 69

ВВЕДЕНИЕ

Исходя из «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» приоритетами государственной энергетической политики Российской Федерации являются:

- гарантированное обеспечение энергетической безопасности страны в целом и на уровне субъектов Российской Федерации, в особенности расположенных на геостратегических территориях;

- первоочередное удовлетворение внутреннего спроса на продукцию и услуги в сфере энергетики;

- переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике;

- развитие конкуренции в конкурентных видах деятельности топливно-энергетического комплекса на внутреннем рынке;

- рациональное природопользование и энергетическая эффективность;

- максимально возможное использование оборудования, имеющего подтверждение производства на территории Российской Федерации;

- повышение результативности всех уровней управления в отраслях топливно-энергетического комплекса;

- максимальное использование преимуществ централизованных систем энергоснабжения.

В связи с этим, для достижения поставленных целей в условиях прогнозируемых изменений мировой экономики и экономики Российской Федерации потребуется ускоренный переход (модернизационный рывок) к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно ответить на вызовы и угрозы в своей сфере и преодолеть имеющиеся проблемы.

Добыча угля в Российской Федерации по сравнению с 2008 годом увеличилась на 35 процентов, в основном за счет открытого способа отработки месторождений, доля которого в общем объеме добычи в базовом году превысила 75 процентов. Объем переработки угля на обогатительных фабриках увеличился с 2008 года почти в 2 раза. Внедрение новейших механизмов,

увеличение объемов добываемых ресурсов способствует увеличению потребляемой электроэнергии. Поэтому вопрос о реконструкции подстанций, либо строительстве новых подстанций на угледобывающих предприятиях стоит особо остро. В связи со строительством новой обогатительной фабрики необходима реконструкция подстанции «Чалпан» с увеличением мощности силовых трансформаторов до 10 МВА.

Объект исследования – ПС-110/6 кВ «Чалпан».

Предмет исследования – методы и методики выбора электрооборудования для реконструкции подстанции, расчет электрических нагрузок.

Целью ВКР является реконструкция ПС-110/6 кВ «Чалпан», с полной заменой оборудования.

Задачи ВКР, которые необходимы для достижения цели:

- дать общую характеристику подстанции «Чалпан»;
- обосновать реконструкцию подстанции «Чалпан»;
- рассчитать и выбрать новое оборудование для подстанции;
- рассмотреть возможные варианты экономии электроэнергии на подстанции;
- составить локальную смету по реконструкции подстанции.

1 Общие сведения о подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)

Понизительная подстанция «Чалпан» напряжением 110/6 кВ расположена в центральной части Койбальской степи на равнинной территории.

Койбальская степь располагается в междуречье Абакан и Енисей в Республике Хакасия в пределах всей территории Алтайского и южной части Бейского районов. По рельефу это холмисто-увалистая равнина с чередованием пологих возвышенностей с абсолютными отметками 290-500 м, на которой поднимаются возвышенности высотой 450-600 м.

Функциональное назначение ПС «Чалпан» (ПС-110/6 кВ, ИНВ. №1276) – прием, преобразование и передача электроэнергии.

Структурная схема электроснабжения ПС-110/6 кВ «Чалпан» в 2021 году представлена в Приложении 1.

В данный момент подстанция имеет 2 трансформатора ТМН-6300 110/6. Питание подстанции проходит по линии 110 кВ. Основные потребители и электрическая мощность оборудования разреза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные потребители и электрическая мощность оборудования разреза в 2021 году.

Потребители	Фактическая средняя потребляемая мощность, кВт	Установленная мощность, кВт	Присоединение
1	2	3	4
РС-4000 №7	1000	1350	Фидер №21, 22, 26 ПС «Чалпан»
РС-3000 №2	675	900	
ЭШ-10/70 №301	820	1500	
ЭШ-10/70 №338 (консервация)	820	1500	
ЭШ-10/70 №47	820	1500	
Освещение карьера	40	40	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Трансформатор 2Т-6300 кВА (5400 кВт)	4175	6790	Фидер №16 ПС «Чалпан»
Оператор	10	20	
ПСК (участок погрузки)	640	640	
ПСК (учасок дробления)	280	280	
ПСК (участок дробления-ММД №1,2)	332	332	
ЭКГ-8И №2039	410	790	
Очистные сооружения	300	800	
Автовесовая	10	10	
Компрессорные установки на площадках пересменка	90	100	Фидер №15 ПС «Чалпан»
Водоотлив (ЦНС-400-240)	315	400	
СН ПС «Чалпан»	15	15	Фидер №12 ПС «Чалпан»
РММ	246	320	
Контора горного участка	36	40	
РМУ	23	23	
ТЗП	92	120	
Склад МТС	6	10	
Склад ВМ	22	30	
Охрана	5	10	
Станция «Сортировочная»	513	560	
Трансформатор 1Т-6300 кВА (5400 кВт)	3345	4500	
Итого по разрезу:	7520	11290	
Установленная мощность ПС «Чалпан»	10800	10800	
Резервная мощность ПС «Чалпан»	3280	-490	

Расположение объектов электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» в 2021 году включая ПС «Чалпан» до реконструкции показано на рисунке 1.

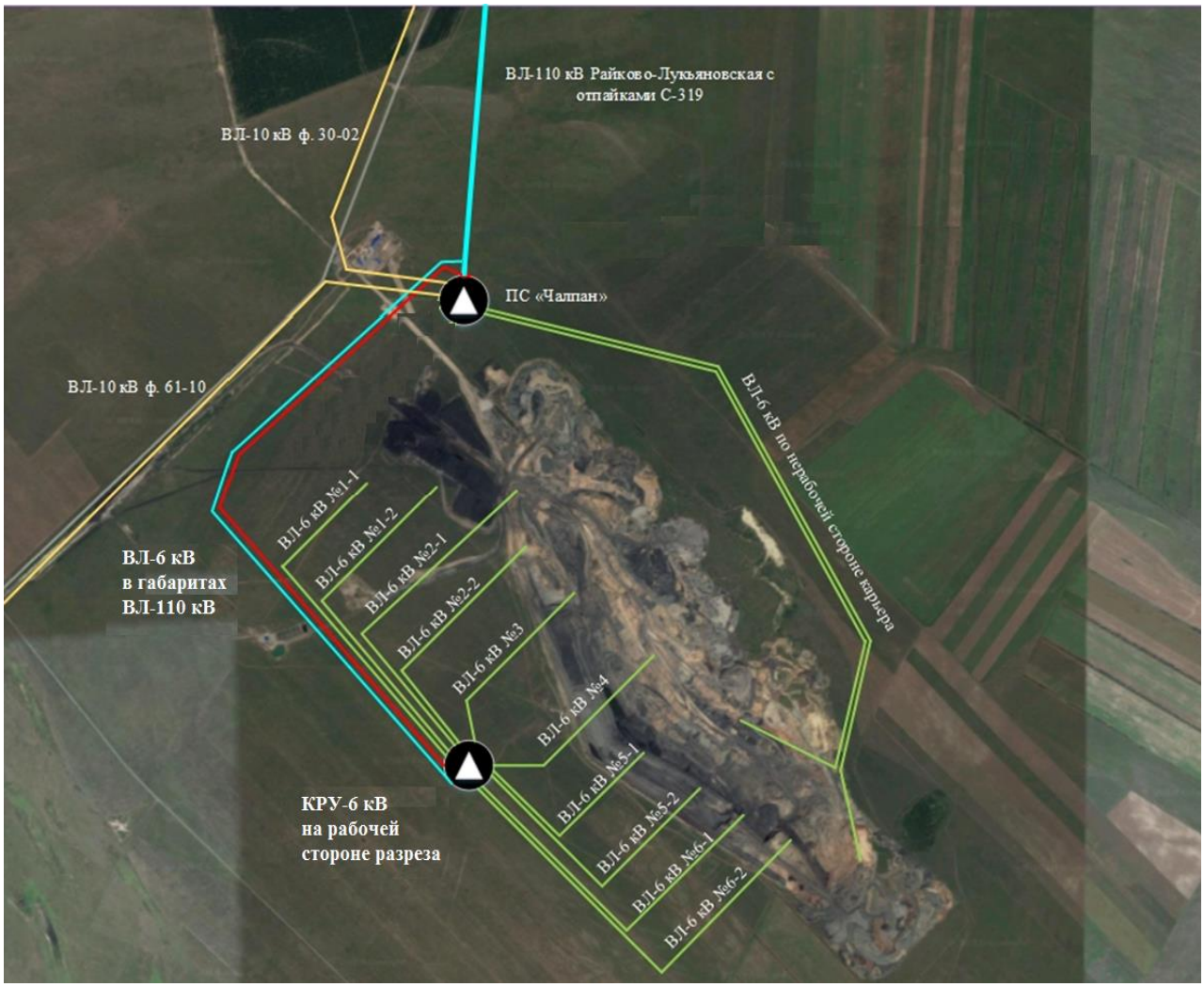

Рисунок 1 – Расположение объектов электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» в 2021 году включая ПС «Чалпан» до реконструкции

2 Обоснование реконструкции подстанции «Чалпан»

Реконструкция ПС-110/6 кВ «Чалпан» с полной заменой оборудования и увеличением мощности силовых трансформаторов до 10 МВА обусловлена строительством вновь проектируемой обогатительной фабрики, необходимостью замены устаревшего оборудования и электроснабжением существующих потребителей ООО «Восточно-Бейский разрез».

Состояние электрооборудования ПС-110/6 кВ «Чалпан» в настоящее время оценивается как удовлетворительное, с рисками по безопасности и надежности:

- Силовые трансформаторы 1989 года выпуска дважды подвергались капитальному ремонту. Нормативный срок эксплуатации трансформаторов истек.
- Комплектное распределительное устройство 6 кВ 1992 года выпуска. Резервных ячеек нет. Защита от электрической дуги неисправна.
- Электроснабжение погрузочно-складского комплекса и промплощадки осуществляется от первой секции шин 6 кВ. для стабильной работы частотных преобразователей электроприводов конвейерных линий напряжение в сети не должно превышать 6 кВ.
- Электроснабжение горных работ осуществляется от второй секции шин 6 кВ, для стабильности работы экскаваторного оборудования напряжение установлено повышенное, 7 кВ, в связи с большой протяженностью линий до экскаваторов, более 7 км, потери в линии составляют более 18 %.

При выводе в ремонт одного из трансформаторов на ПС «Чалпан» для обеспечения отгрузки угольной продукции необходимо будет остановить большую часть электрических экскаваторов.

Из-за повышенного уровня напряжения на горной технике выходит из строя электрооборудования. Затраты на восстановительный ремонт составляют ежегодно более 5 млн. руб.

В случае вывода в ремонт основной линии 110 кВ резервные источники электроснабжения: две воздушные линии 10 кВ, от которых можно подключить только хозяйственно-бытовую инфраструктуру и погрузочно-складской комплекс.

Из-за повышенного уровня напряжения на горном электрооборудовании только в 2019-2020 году:

1. Простои экскаваторов ЭШ-10/70 по причине выхода из строя электродвигателей обдува электрических машин составили 178 часов.
2. Произошел выход из строя частотного преобразователя 315 кВт водоотлива.
3. Выведено из строя 8 блоков гальванической развязки НКУ ЭШ-10/70, простой экскаваторов составил 32 часа.
4. Выведен из строя 1 силовой трансформатор ТМ-400 кВА КТП площадки пересменка (межвитковое замыкание).
5. Выведено из строя осветительное оборудование на экскаваторах, водоотливе, осветительных мачтах по причине выхода из строя драйверов и светодиодных матриц.
6. По причине просадок напряжения произошли выходы из строя тяговых замков на экскаваторах ЭШ-10/70, простои экскаваторного оборудования составили 38 часов.
7. По причине выходов из строя магнитных пускателей, элементов системы управления электроприводом, простои экскаваторного оборудования с электроприводом составили 148 часов.

Подключение к сетям ПАО «Россети Сибирь» осуществляется по III категории надежности электроснабжения. На перспективу развития сети 110 кВ предусматриваем дополнительную ячейку 110 кВ для подключения ко второму источнику питания.

Питание потребителей 6 кВ будет осуществляться от нового РУ-6 кВ. Перевод будет осуществляться пофидерно.

На напряжении 6 кВ предусматриваем два резервных присоединения (по одному на секцию шин).

Резервным источником питания является фидер № 61-10 от ПС 35 кВ «Кирба».

Проектируемое расположение объектов электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» после реконструкции ПС «Чалпан» представлено на рисунке 2.

Рисунок 2 –Проектируемое расположение объектов электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» после реконструкции ПС «Чалпан»

На стороне 110 кВ предусматриваем открытое распределительное устройство (ОРУ-110 кВ), выполняемое по схеме № 110-9 «Одна, секционированная выключателем, система шин».

На стороне 6 кВ предусматриваем закрытое распределительное устройство (РУ-6 кВ), выполняемое по схеме № 6-1 «Одна, секционированная выключателем, система шин».

Схемы распределительных устройств приняты в соответствии со стандартом организации ПАО «ФСК-Россети» СТО 56947007-29.240.30.010-2008 «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения» [23].

Реконструируемую подстанцию предусматриваем комплектно-блочного исполнения, с установкой оборудования 110 кВ на блоках высокой заводской готовности, РУ-6 кВ и ОПУ – в блочно-модульных зданиях.

Все высоковольтное оборудование подстанции выбрано по номинальным параметрам.

Проектируемая схема электроснабжения ООО «Восточно-Бейский разрез» после реконструкции ПС «Чалпан» представлена в Приложении 2.

3 Организационно-технологическая схема последовательности возведения зданий и сооружений, инженерных коммуникаций реконструируемой подстанции «Чалпан»

Строительство объектов ведем в два периода: подготовительный и основной.

Строительство учитывает, что часть необходимых работ будет выполнена в заводских условия. В подготовительный период можно изготовить основные металлоконструкции для зданий.

Подготовительный период включает:

- организационно-подготовительные мероприятия;

- внутриплощадочные подготовительные работы.

Организационно-подготовительные мероприятия включают в себя:

- решение вопросов об использовании существующих транспортных и инженерных коммуникаций;

- организация поставок конструкций, материалов, оборудования;

- размещение на заводе-изготовителе заказа по изготовлению и последующей окраске металлоконструкций с выполнением чертежей марки КМД;

- устройство сплошного защитно-охранного ограждения по периметру строительной площадки высотой 2 метра без загрубления с воротами шириной 4,5 м;

- разработка проекта производства работ (ППР) и его согласование;

- оформление разрешений и допусков на производство работ.

Внутриплощадочные подготовительные работы включают:

- подготовку территории (грубая планировка, защита от притока поверхностных вод);

- создание геодезической разбивочной основы строительства;

- отсыпку временной автодороги щебнем по схеме постоянных автодорог и площадок складирования;

- установку стационарной туалетной кабины;

- установку мест стоянок автотранспорта под разгрузкой;

- установку мест хранения грузозахватных приспособлений;

- установку временных зданий и сооружений;

- установку мест хранения горючих материалов с нормативными противопожарными разрывами;

- установку дорожных знаков и знаков техники безопасности;

- установку схемы движения автотранспорта;

- установку противопожарных передвижных щитов;

- обеспечение площадки строительства энергоснабжением, освещением, противопожарным инвентарем, средствами связи и сигнализации.

Также до начала производства основных работ должен быть выполнен следующий комплекс организационных мероприятий:

- оформление акта закрепления площадки;

- оформление акта передачи объекта подрядчику;

- проведение инструктажа с работниками, участвующими в производстве работ, о безопасных методах выполнения работ и пожарной безопасности;

- подготовка первичных средств пожаротушения;

- извещение службы технического надзора о готовности к реализации целей проекта с предоставлением графика производства работ;

- получение от организации, осуществляющей технадзор, подтверждение готовности подрядчика к выполнению работ по реализации проекта;

- отвод территории для зоны производства работ;

- организация временного строительного хозяйства, решение вопросов быта рабочих;

- доставка технических средств, оборудования и строительных материалов;

- организация системы связи.

На стройплощадке, принятой от заказчика по акту, генподрядчик обеспечивает следующие подготовительные работы:

- устройство временных бытовых инвентарных зданий.

Устанавливаем на строительной площадке бытовые и административные здания. В составе санитарно-бытовых помещений должны быть выделены и укомплектованы места для размещения аптечек с медикаментами, носилок, фиксирующих шин и других средств для оказания первой помощи пострадавшим.

Обеспечиваем временные бытовые помещения водой и электроэнергией. Режим питьевой воды – привозной, в соответствии с требованиями санитарных норм и правил.

Выполняем временное энергоснабжение строительной площадки.

Электроснабжение строительных площадок осуществляем от существующих сетей электроснабжения.

По площадке разводим временные электросети на высоте:

- 3,5 м – над проходами;

- 6,0 м – над проездами.

Разводку временных электросетей выполняем изолированными кабелями.

Все электрооборудование, установленное на строительной площадке на период строительства здания должно соответствовать ГОСТ Р 50571.23-2000 «Электроустановки строительных площадок» [6].

Ограждения выполняются из железобетона.

При въезде на строительную площадку и выезде с нее устанавливаем информационные щиты с указанием наименования и местонахождения объекта, название собственника и (или) заказчика, подрядной организации, производящей работы, фамилии, должности и телефон ответственного производителя работ по объекту. При въезде на строительную площадку устанавливаем схему с указанием строящихся и временных зданий и сооружений, въездов, подъездов, местонахождения водоисточников, средств пожаротушения и связи, с графическим обозначением в соответствии с ГОСТ 12.1.114-82 [4].

В основной период строительства выполняем комплекс работ по возведению основных объектов, зданий и сооружений, начиная от земляных работ и заканчивая благоустройством.

Возведение зданий и сооружений вести при помощи крана КС 5363А, ДЭК 631А.

Основные токоприемники оборудуем ящиками с ручным управлением («рубильниками»). Применяем кабельное и воздушное временное электроснабжение, расстояние между опорами 25…40 м, в зоне действия грузоподъемного крана используем только кабельное электроснабжение. Прожекторные установки устанавливаем в соответствии со стройгенпланом.

Временное теплоснабжение на период строительства не планируем. Обогрев временных зданий и прогрев бетона осуществляем с помощью электричества.

Временное водоснабжение стройплощадки – от существующих сетей водоснабжения.

На строительной площадке устанавливаем биотуалет.

4 Расчет и выбор оборудования реконструируемой подстанции «Чалпан»

4.1 Расчет нагрузок и компенсация реактивной мощности

Соотношение потребления активной и реактивной мощности выходят за допустимые значения. К установке рекомендуются устройства компенсации реактивной мощности (УКРМ) с номинальной суммарной мощностью 2500 кВАр. Приминаем УКРМ типа MVI/1.25/0.15+2x0.3+0.45-6-50-7025 мощностью (150+2x300+450) кВАр на каждой секции шин 6 кВ, производства Nokian Capacitors, Финляндия. В случае недокомпенсации реактивной мощности дополнительные установки будем устанавливать непосредственно у потребителей. На подстанции к установке принимаем два масляных трансформатора ТДН-10000 110/6, с регулированием напряжения под нагрузкой.

4.2 Схема электрических соединений подстанции и выбор высоковольтного оборудования

На стороне 110 кВ предусматриваем открытое распределительное устройство (ОРУ-110 кВ), выполняемое по схеме № 110-9 «Одна, секционированная выключателем, система шин».

На стороне 6 кВ предусматриваем закрытое распределительное устройство (РУ-6 кВ), выполняемое по схеме № 6-1 «Одна, секционированная выключателем, система шин».

Схемы распределительных устройств приняты в соответствии со стандартом организации ПАО «ФСК-Россети» СТО 56947007-29.240.30.010-2008 «Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения» [23].

Реконструируемую подстанцию предусматриваем комплектно-блочного исполнения, с установкой оборудования 110 кВ на блоках высокой заводской готовности, РУ-6 кВ и ОПУ – в блочно-модульных зданиях.

Все высоковольтное оборудование подстанции выбрано по номинальным параметрам.

ОРУ-110 кВ реконструируемой подстанции укомплектовываем следующим оборудованием:

- элегазовыми колонковыми выключателями с номинальным током 2000 А, током отключения 40,0 кА, моторно-пружинными приводами и датчиками контроля утечки элегаза;

- трехполюсными разъединителями горизонтально-поворотного типа, с номинальным током 2000 А, электродвигательными приводами главных и заземляющих ножей;

- антирезонансными элегазовыми трансформаторами напряжения 110 кВ с тремя вторичными обмотками класса точности 0,2/0,5/3Р;

- элегазовыми выносными колонковыми трансформаторами тока с шестью вторичными обмотками, с номинальным током 150-300-600/5А, класса точности 0,2S/0,5S/10P/10P/10P и датчиками контроля утечки элегаза (при снижении давления элегаза ниже аварийного сигнала автоматическое отключение не требуется, однако трансформатор должен быть отключен от сети как можно скорее).

Для защиты силовых трансформаторов 110/6 кВ от грозовых перенапряжений предусматриваем открытую установку нелинейных ограничителей перенапряжения (ОПН) 110 и 6 кВ.

Для защиты трансформаторов напряжения от грозовых и коммутационных перенапряжений предусматриваем открытую установку нелинейных ограничителей перенапряжения (ОПН) 110 кВ.

В соответствии с п.4.2.28 ПУЭ [17] на каждой секции шин 110 кВ предусматриваем по два заземляющих ножа.

РУ-6 кВ ПС-110 кВ «Чалпан» укомплектовываем 26-ю шкафами КРУ одностороннего обслуживания, с вакуумными выключателями на выкатном элементе, с номинальным током сборных шин 1600 А и номинальным током термической стойкости 20 кА.

Режим заземления на стороне 6 кВ принимаем резистивный, высокоомный. Для подключения заземляющего резистора (693 Ом, 5 А) предусматриваем установку фильтра масляного, мощностью 40 кВА.

4.3 Собственные нужды и система оперативного постоянного тока

Максимальная расчетная активная мощность приемников собственных нужд переменного тока 0,4 кВ:

- сумма мощности приемников на присоединении

$P_y = \sum P_{np}$, кВт (4.1)

– расчетная присоединенная мощность с учетом КПД

$P_p = P_y * KC/\eta$, кВт (4.2)

Максимальная расчетная реактивная мощность приемников:

$Q_p = P_p * tg$, кВар (4.3)

Полная мощность приемников:

$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВА (4.4)

По данным формулам определяем суммарные активные и реактивные мощности летнего и зимнего максимума: $\sum P_л$, $\sum Q_л$, $\sum P_з$, $\sum Q_з$.

Определяем полную расчетную мощность собственных нужд (СН) для летнего и зимнего максимума:

$$\sum S_л = \sqrt{\sum P_л^2 + \sum Q_л^2}\text{, кВА,} \quad (4.5)$$

$$\sum S_з = \sqrt{\sum P_з^2 + \sum Q_з^2}\text{, кВА.} \quad (4.6)$$

Рассчитываем максимальный ток линии:

- при питании потребителей напряжением 380 В (линейная нагрузка)

$I_{max} = \frac{S_{max} * 1000}{\sqrt{3} * 380}$, А (4.7)

- при питании потребителей напряжением 220 В (фазная нагрузка)

$$I_{max} = \frac{S_{max}*1000}{220}, \text{А}. \quad (4.8)$$

За расчетную мощность для выбора трансформаторов СН ($S_р=S_{max}$) принимаем любую наибольшую $\sum S_л$ или $\sum S_з$, учитывающую аварийный режим работы ТСН. Максимальная нагрузка на один ТСН будет в зимний период:

- без учета кратковременных нагрузок и сварки:

$\sum S_з$=155,0 кВА,

ток на вводе 0,4 кВ составит:

$\sum I$=235,8 А;

- с учетом сварки:

$\sum S_з$=174,0 кВА,

ток на вводе 0,4 кВ составит:

$\sum I$=264,7 А.

Результаты расчетов сводим в таблицу 2.

При выборе сухого трансформатора СН для подстанции с обслуживанием:

$S_т \geq S_{max}$.

Тогда расчетная мощность трансформатора составит:

$S_т \geq 174$ кВА.

Устанавливаем сухой трансформатор собственных нужд типа ТСЛ-250-6,66/0,4УЗ со следующими параметрами:

- $S_н$=250 кВА;

- $U_{вн}$=6,6 кВ; $U_{нн}$=0,4 кВ;

- схема и группа соединений обмоток $\Delta/Y_н$-11;

- $P_к$=2,8 кВт, $P_{хх}$=2,46 кВт, $u_к$=6,0 %.

Таблица 2 – Расчет нагрузок собственных нужд

Наименование	Кол-во	$P_{уст}$, кВт	$P_{уст\ сумм}$, кВт	КПД	cosφ	tgφ	Расчетная нагрузка на трансформаторы СН									
							Лето				Зима					
							$K_с$	$P_л$, кВт	$Q_л$, кВар	S, кВА	$K_с$	$P_з$, кВт	$Q_з$, кВар	S, кВА	$S_{расч}$, кВА	$I_{max\ линии}$, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. ОРУ-110 кВ																
Охлаждение Т1, Т2	8	1	8	0,85	0,85	0,62	0,85	8,0	5,0	9,4	0,85	8	5,0	9,4118	11,1	16,8
Питание РПН Т1, Т2	2	1,1	2,2	0,85	0,85	0,62	Пер.				Пер				1,52	2,3
Кольцо обогрева (распределение нагрузок по фазам)																
Фаза А																
Шкаф обдува трансформатора	2	0,9	1,8	1	1	0,00	0,	,0	0,0	0,0	1	1,8	0,0	1,8		
Шкаф привода РПН	2	0,6	1,2	1	1	0,00	0,	,0	0,0	0,0	1	1,2	0,0	1,2		
Шкаф привода колонкового выключателя 220 кВ	4	1,7	6,8	1	1	0,00	0,	,0	0,0	0,0	1	6,8	0,0	6,8		
Фаза В																
Шкаф питания приводов	7	0,156	1,02	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	1,092	0,0	1,092		
Шкаф зажимов трансформатора напряжения	2	0,156	0,312	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	0,312	0,0	0,312		
Шкаф зажимов выключателя	7	0,156	1,092	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	1,092	0,0	1,092		
Шкаф привода колонкового выключателя 220 кВ	3	1,7	5,1	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	5,1	0,0	5,1		
Шкаф обогрева	7	0,156	1,092	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	1,092	0,0	1,092		
Фаза С																
Шкаф привода разъединителя	14	0,225	3,15	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	3,15	0,0	3,15		
Шкаф привода заземлителя	22	0,225	4,95	1	1	0,00	0	0,0	0,0	0,0	1	4,95	0,0	4,95		
Питание приводов выключателей	1	1,1	1,1	0,5	0,8	0,75	Пер.				Пер				2,75	4,18
Питание приводов разъединителей	1	0,25	0,25	0,5	0,8	0,75	Пер.				Пер				0,63	0,95
Наружное и охранное освещение	1	2	2	1	0,97	0,25	0,5	1,0	0,3	1,0	0,6	1,2	0,3	1,2371	2,1	3,1
Сварка	1	10,55	10,55	0,65	0,65	1,17	1	16,2	19,0	25,0	1	16,2	19,0	24,97	25,0	38,0
2. УКРМ-6 кВ																
Собственные нужды	1	0,6	0,6	0,85	0, 85	0,62	1	0,7	0,4	0,8	1	0,7	0,4	0,8304	0,7	1,1

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3. КРУМ-6 кВ																
Освещение, вентиляция, отопление, розеточная сеть	1	12,503	12,503	1	1	0,00	0,7	8,8	0,0	8,8	1	12,5	0,0	12,503	12,5	56,8
	1	11,463	11,463	1	1	0,00	0,7	8,0	0,0	8,0	1	11,5	0,0	11,463	11,5	52,1
	1	8,546	8,546	1	1	0,00	0,7	6,0	0,0	6,0	1	8,5	0,0	8,546	8,5	38,8
Питание розеток в релейных отсеках	1	0,3	0,3	1	0,96	0,29	Пер.				Пер				0,3	1,4
4. ОПУ																
Аппаратура связи	1	0,6	0,6	1	0,91	0,46	1	0,6	0,3	0,7	1	0,6	0,3	0,6593	0,7	3,0
Зарядно-выпрямительные устройства 1ВУ, 2ВУ	1	19,7	19,7	1	0,98	0,20	1	20,7	4,2	21,2	1	20,7	4,2	21,16	21,2	32,2
АИИСКУЭ и гарантированное питание счетчиков	1	0,4	0,4	1	0,91	0,46	1	0,4	0,2	0,4	1	0,4	0,2	0,4396	0,4	2,0
Телемеханика	1	4,45	4,45	1	0,91	0,46	1	4,5	2,0	4,9	1	4,5	2,0	4,8901	4,9	22,1
Питание розеток шкафов РЗА	1	0,3	0,3	1	0,96	0,29	Пер.				Пер				0,3	1,4
Освещение, вентиляция, отопление, розеточная сеть	1	18,84	18,84	1	1	0,00	0,7	13,2	0,0	13,2	1	18,8	0,0	18,84	18,8	28,7
	1	19	19	1	1	0,00	0,7	13,3	0,0	13,3	1	19,0	0,0	19	19,0	28,9
	1	16,571	16,571	1	1	0,00	0,7	11,6	0,0	11,6	1	16,6	0,0	16,571	16,6	25,2
Питание датчика уровня масла	1	0,1	0,1	1	1	0,00	1	0,1	0,0	0,1	1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5
Питание указателя положения РПН	2	0,1	0,1	1	1	0,00	1	0,2	0,0	0,2	1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,9
Видеонаблюдение	1	0,3	0,3	1	0,91	0,46	1	0,3	0,1	0,3	1	0,3	0,1	0,3297	0,3	1,5
Питание БКТ сухих трансформаторов	4	0,1	0,1	1	1	0,00	1	0,4	0,0	0,4	1	0,4	0,0	0,4	0,4	1,8
Питание сети ремонтного освещения (220/36В)	1	0,25	0,25	0,85	0,97	0,25	Пер.				Пер		0,0		0,3	1,3
Пожарно-охранная сигнализация	1	0,3	0,3	1	1	0,00	1	0,3	0,0	0,3	1	0,3	0,0	0,3	0,3	1,4
РАС	1	0,5	0,5	1	0,91	0,46	1	0,5	0,2	0,5	1	0,5	0,2	0,5495	0,5	2,5
5. Суммарная нагрузка на вводе ЩСН-0,4 кВ																
Итого суммарная нагрузка на ввод 0,4 кВ								100,4	16,8	101,83		154,1	16,8	154,99	155,0	235,8
6. Максимальная нагрузка ТСН: примем для зимнего периода																
С учетом сварки												170,3	35,8	174,02	174,0	264,7

Распределение электроэнергии на напряжении 0,4/0,23 кВ по потребителям – от шкафа распределения собственных нужд с устройством АВР, устанавливаемого в ОПУ с номинальным током сборных шин 400 А. Оперативный ток на подстанции принят постоянным напряжением 220 В. В качестве источника оперативного тока принимаем шкаф оперативного тока (ШОТ), который включает в себя:

- аккумуляторную батарею (АБ), рассчитанную на полную нагрузку потребителей постоянного тока подстанций (90 А/ч). АБ комплектуется герметизированными свинцово-кислотными аккумуляторами, не требующими обслуживания;

- два зарядно-выпрямительные устройства (ЗУ), каждое из которых рассчитано на полную нагрузку потребителей постоянного тока и подзаряд АБ;

- систему ввода и распределения оперативного тока, выполненную на автоматических выключателях и предохранителях-разъединителях;

- системы мониторинга, управления ШОТ, поиска фидера с поврежденной изоляцией и т.д.

На верхних и средних уровнях защиты в качестве защитных аппаратов применяем коммутационно-защитные разъединители с плавкими предохранителями. На нижнем уровне применяем автоматические выключатели постоянного тока.

Расчетная нагрузка потребителей постоянного тока в нормальном и аварийном режимах представлена в таблице 3.

Расчетная нагрузка на аккумуляторную батарею в нормальном и аварийном режимах работы:

Нормальный режим

Суммарная установившаяся нагрузка: $\sum P_н$=2558,4 Вт.

Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой:

$\sum I_н$=2558,4/220=11,6 А.

Максимальный толчковый ток при отключении системы шин от ДЗО:

$\sum I_{нвкл}$=(2558,4+3388,0)/220=5946,4/220=27,0 А.

Таблица 3 – Расчет нагрузок потребителей постоянного тока

Тип оборудования		Кол-во	Мощность, Вт		Суммарная мощность		Imax, A	Примечание
			Норм.Реж.	Авар.Реж.	Норм.Реж.	Авар.Реж.		
1		2	3	4	5	6	7	8
1. РУ-6 кВ								
1.1 Шкафы КРУ6 кВ								
	БЭ2502А0303-27Е2 (Ввод)	2	10	19	20	38	0.173	
	БЭ2502А0201-2701 (СВ)	1	9	18	9	18	0.082	
	БЭ2502А0103-27Е2 (Линия)	14	8	16	112	224	1.018	
	БЭ2502А1201-27Е2 (Линия к БК)	2	9	17	18	34	0.155	
	БЭ2502А0402-00Е2 (ТН)	2	8	17	16	34	0.155	
	МИР КПР-01МА	19	20	20	380	380	1.727	
	Промежуточные реле	20	1.8	3.6	36	72	0.327	
	Дуговая защита РУ-6 кВ «ОВОД-Л» (БДСТ)	20	0.75	0.75	15	15	0.068	
	Дуговая защита РУ-6 кВ «ОВОД-Л» (БУП)	2	2	2	4	4	0.018	
	Блок управления BB/TEL TER_CM_16_1	19	5	37	95	703	3.195	
1.2 УКРМ 6 кВ								
	Промежуточные реле	5	1,8	1,8	9	9	0,041	
	Блок управления	2	7	7	14	14	0,064	
Итого по РУ-6 кВ:					728,00	1545,00	7,02	
Итого по РУ-6 кВ с учетом одновременности работы: Р=Рн/0,5(Ра-Рн):						1136,50		
2. ОПУ								
2.1 Шкаф защит и АУВ линий								
	Шкаф ШЭ 2607-016 Компл.А1	6	15	20	90	120	0,545	
	Промежуточные реле	15	0	1,8	0	27	0,123	
2.2 Шкаф защит и АУВ ШСВ								
	Шкаф ШЭ 2607-016 Компл.А1	1	15	20	15	20	0,091	
	Промежуточные реле	2	0	1,8	0	3,6	0,016	
2.3 Шкаф РЗА и АУВ трансформатора Т1, Т2								
	Шкаф ШЭ 2607-150 Компл.А1	2	20	40	40	80	0,364	
	Шкаф ШЭ 2607-150 Компл.А2	2	15	20	30	40	0,182	

Окончание таблицы 3

1		2	3	4	5	6	7	8
	Шкаф ШЭ 2607-150 Компл.А3	2	7	15	14	30	0,136	
	Промежуточные реле	5	0	1,8	0	9	0,041	
2.4 Шкаф центральной сигнализации								
	Сирены	3	0	30	0	90	0,409	
	Указательные реле	4	0	2,75	0	11	0,050	
	Лампы «Блинкер не поднят»	4	0	1,1	0	4,4	0,020	
	Шкаф ШЭ 2607-130 Компл.А1	1	20	60	20	60	0,273	
	Световая сигнализация УКРМ	16	2	2	32	32	0,145	
	Световая сигнализация РУ-6 кВ	200	2	2	400	400	1,818	
	Световая сигнализация РУ-35 кВ	45	2	2	90	90	0,409	
	Световая сигнализация шкафов защит	4	1,1	1,1	4,4	4,4	0,020	
2.5 Шкаф ТН-110 кВ, питания ОБР и учета 110 кВ								
	Блок питания ОБР 220VDC/220VDC (замки ОБР)	15	25	25	375	375	1,705	
Итого по щитовому помещению:					1110,40	1396,40	6,35	
Итого по щитовому помещению с учетом одновременности работы: Р=Рн/0,5(Ра-Рн):						1253,40		
3. Прочие нагрузки								
	Шкаф преобразователей ТМ	1	200	200	200	200	0,909	
	Шкаф терминалов РАС	1	100	100	100	100	0,455	
	Шкаф серверов РАС	1	200	200	200	200	0,909	
	ЩПТ, ЩСН (реле, контроллер, преобразователи)	1	220	220	220	220	1	
Итого прочих нагрузок:					720,0	720,0	3,27	
4. Приводы выключателей 110 и 6 кВ								
	ВВ/TEL 10 кВ	19	5	37	95	703	3,195	
	ВГТ-110 110 кВ (ЭО)	7	0	484	0	3388	15,400	Толчковая нагрузка
	ВГТ-110 110 кВ (ЭВ)	1	550	0	550	0	2,500	Толчковая нагрузка
Итого по приводам с учетом возможных режимов:						3388,0		

Аварийный режим

Суммарная установившаяся нагрузка составляет $\sum P_a$=3109,9 Вт.

Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой:

$\sum I_a$=3109,9/220=14,1 А.

Максимальный толчковый ток при отключении системы шин от ДЗО:

$\sum I_{ноткл}$=(3109,9+3388,0)/220=6497,9/220=29,5 А.

Исходные данные для выбора аккумуляторной батареи сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Исходные данные для выбора АБ

Параметр	Значение
Номинальное напряжение на шинах ЩПТ	220 В
Нормируемое максимально допустимое напряжение на цепях управления (на зажимах потребителей)	242 В
Нормируемое минимально допустимое напряжение на цепях управления (на зажимах потребителей)	176 В
Нормируемое максимально допустимое напряжение на шинах в месте подключения силовых цепей (на зажимах потребителей)	242 В
Нормируемое минимально допустимое напряжение на шинах в месте подключения силовых цепей (на зажимах потребителей)	187 В
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой в рабочем режиме	11,6 А
Максимальный ток кратковременной толчковой нагрузки в рабочем режиме	27,0 А
Максимальный ток, потребляемый постоянной нагрузкой от аккумуляторной батареи в аварийном режиме	14, А
Максимальный ток кратковременной толчковой нагрузки в аварийном режиме	29,5 А
Момент появления толчковой нагрузки	В конце
Продолжительность аварийного режима	120 мин
Количество элементов АБ (12В)	17
Тип АБ	Необслуживаемая
Средняя температура в летний период	+ 20 ^{O}C
Минимальная температура в зимний период	+ 5 ^{O}C

Емкость аккумуляторной батареи определяется исходя из тока и характера нагрузки и времени резервирования. Расчет выполняем исходя из величины толчковой нагрузки по разрядным таблицам для конечного

напряжения разряда 1,85 В/элемент, времени аварийного режима t_1 и приведенного установившегося тока аварийного режима $I_{уст1}$, по формуле:

$$I_{уст1} = I_{уст}/0,8/T_к \quad (4.9)$$

где 0,8 – коэффициент емкости батареи в конце срока службы (80 % от номинальной);

$I_{уст}$ – установившийся ток в аварийном режиме;

$T_к$=0,88 – принятый температурный коэффициент емкости, зависящий от минимально возможной температуры в помещении (согласно ПУЭ, п. 4.4.25, 4.4.44 [17]).

$I_{уст1}$=14,1/0,8/0,88=20,1 А.

Учитывая, что в аварийном режиме основной является кратковременная толчковая нагрузка в конце аварийного периода, то расчет емкости выполняем по разрядным таблицам для толчкового тока в конце аварийного режима $I_{кон}$, конечного напряжения 1,85 В/элемент и эквивалентного времени аварийного режима t_1:

$$t_1 = I_{уст1} * t_{авар} / I_{кон} \quad (4.10)$$

где $t_{авар}$=120 мин – нормируемая продолжительность аварийного периода;

$I_{кон}$ – толчковая нагрузка в конце аварийного периода.

t_1=20,1*120/29,5=81,7 мин.

Вышеуказанным требованиям и расчетным значениям соответствует аккумуляторная батарея Delta HRL 12-90 емкостью 90 А*ч.

Время-токовая характеристика батареи показана на рисунке 3.

Номинальный ток зарядно-выпрямительного устройства (ЗВУ) рассчитывается как сумма тока 10-и часового разряда батареи ($0,1C_{10}$) и тока нагрузки в нормальном режиме ($I_н$).

Для батареи емкостью 90 А*ч ток ЗВУ будет равен:

$$I_{зу} = I_н + 0,1C_{10} = 11,6 + 0,1*90 = 20,6 \text{ А} \quad (4.11)$$

Принятый максимальный ток ЗВУ для батареи емкостью 90 А*ч составляет 25 А.

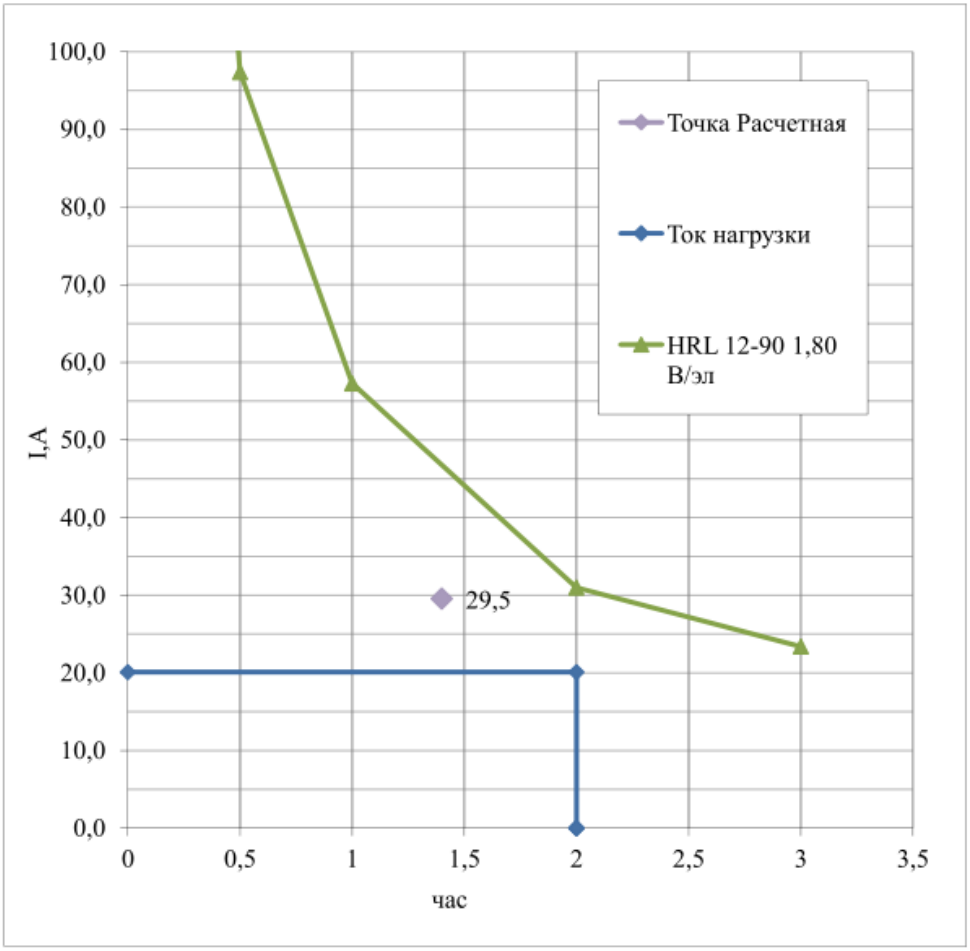

Рисунок 3 – Время-токовая характеристика батареи Delta HRL 12-90

4.4 Расчет емкостных токов в сети 6 кВ и выбор заземляющего резистора

Расчет осуществляется для каждой из секционированных систем шин отдельно, без учета магнитной связи сетей посредством силового трансформатора. Собственный емкостный ток присоединений рассчитывается:

$$I_{ск}=I_{0ск}L_к n_к, \quad (4.12)$$

где $L_к$ – длина линии, км;

$n_к$ – число кабелей/цепей на одном присоединении;

$I_{0ск}$ – величина собственного емкостного тока единицы длины линии, А/км.

Среднее значение емкостного тока металлического однофазного замыкания на землю при частоте 50 Гц на 1 км кабельных и воздушных линий представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Среднее значение емкостного тока металлического однофазного замыкания на землю при частоте 50 Гц на 1 км кабельных и воздушных линий

Емкостный ток $I_{0ск}$ (А/км)			
КЛ		ВЛ	
мм^2	А/км	ВЛ 6 кВ без троса, А/км	СИП-3 6 кВ
35	0,52	0,035	0,026
50	0,59		
70	0,71		
95	0,82		
120	0,89		
150	1,1		
185	1,2		
240	1,3		

Результаты расчетов по присоединениям 6 кВ сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет емкостных токов присоединений 6 кВ

№ яч.	Наименование присоединения	Марка кабеля (провода)	Кол-во кабелей, число и сечение жил	Длина, км	$I_{0ск}$, А/км	I_c, А
1	2	3	4	5	6	7
1 секция						
104	Ф61-10	АС	3(1х95)	0,05	0,035	0,002
105	Резистор R1	ВВГнг(А)-LS-6	1(3х50)	0,02	0,59	0,012
106	ВЛ-6 кВ АБК	СИП-3	3(1х95)	1,41	0,026	0,037
	ВЛ-6 кВ АБК	ПвВ	1(3х50)	0,065	0,82	0,053
108	Фидер №16 (ПСК)	АС	3(1х70)	1,36	0,035	0,048
	Фидер №16 (ПСК)	А	3(1х35)	1,29	0,035	0,045
	Фидер №16 (ПСК)	КГПЭ	1(3х35)	0,34	0,52	0,177
109	УКРМ1	ВВГнг(А)-LS-6	1(3х50)	0,03	0,59	0,018
110	Двухцепная на ОФ	СИП-3	3(1х120)	1	0,026	0,026

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
111	Двухцепная на ОФ	СИП-3	3(1х120)	1	0,026	0,026
	Итого: $\sum I_{с\ I\ секц}$, А					0,444
	Итого К*$\sum I_{с\ I\ секц}$, А	К=1,25				0,555
2 секция						
02	Фидер №25	АС	3(1х120)	2,95	0,035	0,103
203	Двухцепная на ОФ	СИП-3	3(1х120)	1	0,026	0,026
204	Двухцепная на ОФ	СИП-3	3(1х120)	1	0,026	0,026
205	Фидер №26	АС	3(1х70)	3	0,035	0,105
	Фидер №26	А	3(1х50)	0,15	0,035	0,005
	Фидер №26	А	3(1х35)	0,7	0,035	0,025
206	Двухцепная по нерабочему борту	СИП-3	3(1х120)	5,3	0,026	0,138
207	УКРМ2	ВВГнг(А)-LS-6	1(3х50)	0,03	0,59	0,018
208	Двухцепная по нерабочему борту	СИП-3	3(1х120)	5,2	0,026	0,135
209	Резистор R2	ВВГнг(А)-LS-6	1(3х50)	0,02	0,59	0,012
	Итого: $\sum I_{с\ II\ секц}$, А					0,6
	Итого К*$\sum I_{с\ II\ секц}$, А	К=1,25				0,75
Примечание – Влияние неучтенных ВЛ-6 кВ, а также собственных емкостных токов высоковольтных двигателей и кабелей питаемых подстанций и распределительных устройств учитывается увеличением суммарного емкостного тока линий на 25 %.						

Согласно п.1.2.16 ПУЭ, длительная работа сетей 6 кВ с изолированной нейтралью допускается при емкостных токах замыкания на землю не превышающих 30 А, следовательно, установка дугогасящих реакторов не требуется.

Режим заземления нейтрали принимаем высоомный резистивный. Главной целью высокоомного резистивного заземления нейтрали сети является ограничение дуговых перенапряжений и феррорезонансных явлений при одновременном обеспечении длительной работы сети с ОЗЗ.

Резистор включаем между нулевой точкой обмотки высокого напряжения ФМЗО и контуром заземления. Мощность устройств определяем исходя из необходимости длительной работы в режиме однофазного замыкания.

Сопротивление резистора выбираем исходя из условия, чтобы активная составляющая тока замыкания на землю I_R была равна или больше емкостной составляющей I_C:

$I_R \geq I_C$

Согласно таблице 6:

I_C=0,75А

К установке принимаем резистор сопротивлением 693 Ом и фильтр масляный заземляющий мощностью 40 кВА, тогда значение тока, протекающего через резистор в режиме ОЗЗ I_R, вычисляем по формуле:

$$I_R \leq \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} * R_N}; \quad (4.13)$$

$$I_R = \frac{6000}{\sqrt{3} * 693} = 5{,}0 \text{ А}$$

5,0 А≥0,75 А, что соответствует условию.

Расчетную мощность трансформатора заземления нейтрали и резистора R_N, вычисляем по формуле

$$S \geq U^2_{\text{ВН}} / (3 * R_N); \quad (4.14)$$

$S \geq 6000^2/(3*693)$=17,316 кВА;

4.5 Расчет защит от ОЗЗ

Обеспечение селективной работы защиты от однофазных замыканий на землю в режиме заземленной через резистор нейтрали может быть выполнено, когда суммарный ток в месте замыкания существенно превышает собственный емкостный ток фидера $I_{с.ф.}$

С учетом того, что по результатам расчета емкостных токов в сети 6 кВ, их величина незначительна, считаем, что в месте однофазного замыкания на землю будет протекать ток примерно равный току заземляющего резистора I_R=5 А.

Уставка по току нулевой последовательности выбирается из условия обеспечения минимально допустимого коэффициента чувствительности

($К_{ч.мин.доп.}$=2). Расчет выполнен в первичных величинах, значения вторичных токов реле уточняются при наладке в соответствии с коэффициентом трансформации трансформаторов тока.

$$I_{сз} \leq \frac{I_R}{К_{ч.мин.доп}} = 5/2 = 2{,}5 \text{ А} \quad (4.15)$$

Принимаем ток срабатывания защиты от однофазных замыканий на землю для присоединений I, II секции шин 6 кВ подстанции «Чалпан»: $I_{сз}$=2,5 А.

4.6 Релейная защита и автоматика

Решения по релейной защите и автоматике (РЗА) принимаем в соответствии с требованиями ПУЭ [17] и действующими руководящими документами.

РЗА всех элементов проектируемой подстанции предусматриваем на базе микропроцессорных устройств производства ООО НПП «ЭКРА», размещаемых в релейных отсеках соответствующих шкафов КРУ-6 кВ и в помещении ОПУ в шкафах защиты и автоматики.

Секция шин 110 кВ

Для защиты секции шин предусматриваем следующие виды защит и автоматики:

- дифференциальная защита ошиновки (ДЗО);

- резервные защиты ошиновки (максимальная токовая защита, токовая направленная защита нулевой последовательности);

- автоматическое повторное включение.

Для реализации ДЗО 110 кВ устанавливаем два шкафа типа ШЭ2607 051 (по одному на каждую секцию шин 110 кВ) с одним комплектом защит в каждом (6Р, 7Р).

В составе комплекта ДЗО предполагается использовать следующие основные функции, элементы, автоматику:

- реле дифференциальной защиты ошиновки;

- реле минимального и максимального напряжений, реагирующих на напряжения обратной последовательности;

- реле контроля исправности токовых цепей;

- логику «очувствления» ДЗО;

- логику опробования;

- логику запрета АПВ;

- цепи отключения УРОВ;

- цепи запрета АПВ.

Для реализации резервных защит ошиновки 110 кВ устанавливаем два шкафа типа ШЭ2607 019021 (по одному на каждое питающее присоединение 110 кВ) с одним комплектом защит и одним комплектом автоматики управления выключателем 110 кВ в каждом (15Р, 16Р).

В составе комплекта резервных защит ошиновки 110 кВ предполагается использовать следующие основные функции:

- токовую направленную защиту нулевой последовательности;

- максимальную токовую защиту;

- цепи пуска УРОВ.

В составе комплекта автоматики управления выключателем 110 кВ предполагается использовать следующие основные функции, элементы, автоматику:

- автоматику управления выключателем;

- логику пуска и отключения от УРОВ;

- автоматическое повторное включение;

- устройство дистанционного управления выключателем;

- узел приема технологической сигнализации выключателя и трансформаторов тока;

- защиту и контроль исправности электромагнитов управления.

На подстанции предусматриваем собственную автоматику однократного повторного включения сборных шин 110 кВ с действием на выключатели

питающих линий QW1G (В С319), QW4G (В Перспектива) и QC1G (СВ-110 кВ). Отключение этих выключателей производим защитами шин, а повторное включение действием АПВ с контролем напряжения на шинах подстанции.

Силовой трансформатор 110/6 кВ

На силовом трансформаторе 110/6 кВ предусматриваем следующие виды защит и автоматики:

- дифференциальная токовая защита (ДЗТ);

- резервные защиты со сторон высшего, низшего напряжения (максимальная токовая защита);

- газовая защита и другие технологические защиты, действующие на сигнал и отключение;

- защита от перегрузки;

- автоматическое регулирование напряжений под нагрузкой (АРКТ).

Для реализации перечисленных защит и автоматики управления выключателем 110 кВ устанавливаем два шкафа типа ШЭ2607 150 (по одному на каждый трансформатор) с одним комплектом основных защит, одним комплектом резервных защит с автоматикой управления выключателем 110 кВ и одним комплектом АРКТ в каждом (1Р, 2Р).

В составе комплекта основных защит трансформатора предполагается использовать следующие основные функции: - дифференциальную токовую защиту трансформатора; - максимальную токовую защиту стороны ВН; - максимальную токовую защиту стороны НН; - защиту от перегрузки; - реле тока для блокировки РПН при перегрузке; - токовые реле для пуска автоматики охлаждения; - логику отключения от УРОВ; - логику и контроль газовых защит.

В составе комплекта резервных защит трансформатора и автоматики управления выключателем 110 кВ предполагается использовать следующие основные функции:

- максимальную. токовую защиту стороны ВН;

- логику и контроль газовых защит;

- автоматику управления выключателем;

- логику пуска и отключения от УРОВ;

- устройство дистанционного управления выключателем;

- узел приема технологической сигнализации выключателя и трансформаторов тока;

- защиту и контроль исправности электромагнитов управления.

В составе комплекта регулирования коэффициента трансформации трансформатора предполагается использовать следующие основные функции:

- автоматическое поддержание напряжения в заданных пределах;

- ручное регулирование напряжения;

- блокировку работы РПН при обнаружении неисправности привода РПН;

- блокировку РПН от внешних сигналов;

- блокировку РПН при перегрузке трансформатора;

- формирование команд управления электроприводом РПН.

Кроме того, предусматриваем контроль уровня и температуры масла силовых трансформаторов.

СВ-110 кВ

Для реализации автоматики управления выключателем 110 кВ и резервных защит секций шин 110 кВ устанавливаем шкаф тип ШЭ2607 015 (17Р).

В составе комплекта защит и автоматики управления секционным выключателем 110 кВ предполагается использовать следующие основные функции, элементы, автоматику: - токовую направленную защиту нулевой последовательности; - максимальную токовую защиту; - автоматику управления выключателем; - логику пуска и отключения от УРОВ; - автоматическое повторное включение; - устройство дистанционного управления выключателем; - узел приема технологической сигнализации выключателя и трансформаторов тока; - защиту и контроль исправности электромагнитов управления.

Установку релейных шкафов с микропроцессорными устройствами предусматриваем в блочно-модульном здании.

Присоединения 6 кВ

На присоединениях 6 кВ предусматриваем следующий объем релейной защиты и автоматики:

- на вводах – МТЗ, АУВ;

- на отходящих линиях – МТЗ, ТО, АУВ и АЧР с функцией блокировки по скорости снижения частоты для исключения ложной работы при выбеге электродвигателей;

- защита от однофазных замыканий на землю с действием на отключение;

- на трансформаторах напряжения – контроль изоляции сети 6 кВ.

Для всех присоединений предусматриваем логическую защиту шин (ЛЗШ) и устройство резервирования отказа выключателей, защиту от дуговых замыканий на базе оптических датчиков.

На стороне 6 кВ выполнено устройство АВР.

На линиях к конденсаторным установкам предусматриваем защиту от повышения напряжения.

УРОВ предусмотрено для всех выключателей 6 и 110 кВ на подстанции, кроме выключателей питающих линий 110 кВ. Действие УРОВ производится на соответствующие смежные выключатели. Для выключения отходящих линий 110 кВ к силовым трансформаторам Т1(Т2) действие УРОВ осуществляется на выключатели питающих линий QW1G (В С319), QW4G (В Перспектива) и шиносоединительный QC1G (СВ-110 кВ), соответственно.

Расчет сечений контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях РЗА

Наименование защищаемого объекта	Тип защиты	Тип.коэффициент трансформации и место установки ТТ	Расчетный ток КЗ, А	Максимальный ток КЗ, А	Расчетная кратность первичного тока, $K_{РАСЧ}$	Максимальная кратность первичного тока, $K_{МАХ}$	Предельно-допустимая токовая погрешность f, %	Расчетный параметр «А»	Результирующая расчетная кратность, $K_{РАСЧ}$	Допустимая нагрузка на ТТ $Z_{ДОП}$, Ом	Расчетная нагрузка на ТТ $Z_{РАС}=Z_Ф+r_{ПЕР}$, Ом	Расчетный параметр «n»		Расчетный параметр «d»	$\frac{l_б}{Z_{доп}}=143*\frac{1-n}{d}$	Базисная длина кабеля $L_{БАЗ}$, м	Действительная длина кабеля от ТТ до панелей защиты $L_{ДЕЙСТВ}$, м	$\frac{l_{дейст}}{l_б}$	Расчетное сечение жил кабеля, мм^2	Принятое сечение жил кабеля, мм^2	Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке ТТ, В (должно быть не более 1400В)
												3х фазное КЗ	Однофазное КЗ								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Трансформатор 110/6 кВ	Комплект дифференциальной защиты трансформатора	ОРУ-110 кВ. ТТ ТС 600/5 А, кл.10Р, $S_{НОМ}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		0,788	-	10	1,2	0,788	3	$Z_{РАС}=Z_{БЭ2704V041}+r_{ПЕР}$= =0,12+0,05=0,17	0,073	-	1	132,6	397,7	160	0,402	1,5(Cu)	4,0(Cu)	$Z_{Н.РАС}$= =0,971 $U_{2МАХ}$= =8,873
			472,8	-																	
		КРУ-6 кВ. ТТ ВВ 1500/5 А, кл.10Р, $S_{НОМ}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		5,753	-	10	1,2	5,753	1,6		0,138	-	1	123,3	197,2	85	0,431			$Z_{Н.РАС}$= =0,62 $U_{2МАХ}$= =41,363
			8630,0	-																	
	Комплект максимальной токовой защиты трансформатора 110 кВ	ОРУ-110 кВ. ТТ ТС 600/5 А, кл.10Р, $S_{НОМ}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		0,156	5,517	10	1,2	4,598	2,2	$Z_{РАС}=Z_{БЭ2704V073}+r_{ПЕР}$= =0,08+0,05=0,13	0,1	-	1	128,7	283,1	160	0,565	2,5(Cu)	4,0(Cu)	$Z_{Н.РАС}$= =0,972 $U_{2МАХ}$= =51,828
			1,1х85	3310,0																	
			Однофазное КЗ		0,156	3,508	10	1,2	2,923	2,6		-	0,085	2	65,42	170,0		0,94			$Z_{Н.РАС}$= =1,725 $U_{2МАХ}$= =58,472
			1,1х85	2105,0																	

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Шины 110 кВ	Комплект дифференциальной защиты шин 110 кВ	ОРУ-110 кВ. ТТ 600/5 А, кл.10Р, $S_{ном}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		5,517	-	10	1,2	5,517	2,08	$Z_{РАС}=Z_{БЭ2704V051}+r_{ПЕР}=$ $=0,02+0,05=0,07$	0,0558	-	1	131,3	288,8	190	0,678	4,0(Cu)	4,0(Cu)	$Z_{Н.РАС}=$ $=1,014$ $U_{2МАХ}=$ $=64,874$
			3310,0	-																	
			Однофазное КЗ		3,508	-	10	1,2	3,508	2,52		-	0,048	2	65,85	150,2	190	1,11			$Z_{Н.РАС}=$ $=1,907$ $U_{2МАХ}=$ $=77,578$
			2105,0	-																	
Линия 110 кВ	Комплект ступенчатых защит линии 110 кВ	ОРУ-110 кВ. ТТ 600/5 А, кл.10Р, $S_{ном}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		-	5,517	10	1,2	4,598	2,2	$Z_{РАС}=Z_{БЭ2704V021}+r_{ПЕР}=$ $=0,02+0,05=0,07$	0,058	-	1	134,7	280,2	180	0,642	4,0(Cu)	4,0(Cu)	$Z_{Н.РАС}=$ $=0,967$ $U_{2МАХ}=$ $=51,561$
			-	3310,0																	
			Однофазное КЗ		-	9,2	10	1,2	2,923	2,6		0,048	-	2	68,07	172	180	1,05			$Z_{Н.РАС}=$ $=1,813$ $U_{2МАХ}=$ $=61,455$
			-	2105,0																	
ШСВ 110 кВ	Комплект токовых защит ШСВ 110 кВ	ОРУ-110 кВ. ТТ 600/5 А, кл.10Р, $S_{ном}$=20 ВА	Трехфазное КЗ		-	5,517	10	1,2	4,598	2,2	$Z_{РАС}=Z_{БЭ2704V015}+r_{ПЕР}=$ $=0,02+0,05=0,07$	0,058	-	1	134,7	280,2	175	0,625	4,0(Cu)	4,0(Cu)	$Z_{Н.РАС}=$ $=0,943$ $U_{2МАХ}=$ $=50,282$
			-	3310,0																	
			Однофазное КЗ		-	9,2	10	1,2	2,923	2,6		0,048	-	2	68,07	172	175	1,02			$Z_{Н.РАС}=$ $=1,766$ $U_{2МАХ}=$ $=59,862$
			-	2105,0																	

4.7 Управление, блокировка, измерение и сигнализация

Управление выключателями присоединений 110 и 6 кВ осуществляем ключами управления, установленными в соответствующих шкафах КРУ и в шкафах защит в ОПУ, а также с автоматического рабочего места.

Управление приводами главных и заземляющих ножей разъединителей 110 кВ наружной установки предусматривается двигательными приводами. Для предупреждения неправильных действий, производимых персоналом, предусматриваем электромагнитную оперативную блокировку разъединителей, заземляющих ножей и выкатных элементов 110,6 кВ.

На подстанции предусматриваем индивидуальную световую сигнализацию, а также общую предупредительную и аварийную звуковую сигнализацию. Индивидуальная сигнализация осуществляется непосредственно в ячейках КРУ и на шкафах защит в ОПУ с помощью:

соответствующих микропроцессорных устройств;

светодиодных сигнальных ламп;

мнемосхемы каждого присоединения.

Кроме того, в шкафах КРУ 6 кВ устанавливаем сигнализаторы наличия напряжения на сборных шинах и в отсеках ввода/вывода каждого шкафа.

Общую аварийную и предупредительную звуковую сигнализацию организовываем в шкафу центральной сигнализации, выполненном на базе микропроцессорного терминала производства ООО НПП «ЭКРА», с передачей на нее соответствующих сигналов от микропроцессорных устройств РЗА, силового трансформатора и ВЛ 110 кВ.

Измерение тока, напряжения и частоты по присоединениям 110 и 6 кВ осуществляем посредством микропроцессорных устройств защиты, амперметров и вольтметров, а измерения активной и реактивной мощности – посредством счетчиков технического и коммерческого учета электроэнергии.

Расчет сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях измерений приведен в таблице 8, в цепях трансформаторов напряжения – в таблице 9.

Таблица 8 – Расчет сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях измерений

Наименование присоединения	$К_{СХ}$	Уд.сопр. кабеля ρ, Ом*мм^2/м	Длина кабеля $L_{КАБ}$, м	Потребляемая мощность нагрузки, ВА	Номинальная нагрузка вторичной обмотки ТТ $S_{2НО}$, ВА	Допустимое сечение кабеля F, мм^2	Выбранное сечение кабеля F, мм^2	Величина догрузочного резистора, Ом	Мощность догрузочного резистора, ВА	Фактическая нагрузка вторичной обмотки, ВА	Выполнение критерия $0,25*S_{2НОМ} \leq S_{2факт} \leq S_{2НОМ}$
ОРУ-110 кВ ячейка 1	1	0,0175	195	0,55	20	5,03	6	-	-	17,3	5≤17,3≤20
ОРУ-110 кВ ячейка 2	1	0,0175	180	0,55	20	4,65	6	-	-	16,2	5≤16,23≤20
ОРУ-110 кВ ячейка 3	1	0,0175	170	0,55	20	4,39	6	-	-	15,4	5≤15,4≤20
ОРУ-110 кВ ячейка 4	1	0,0175	165	0,55	20	4,26	6	-	-	15,1	5≤15,1≤20
ОРУ-110 кВ ячейка 6	1	0,0175	160	0,55	20	4,13	6	-	-	14,7	5≤14,7≤20
ОРУ-110 кВ ячейка 8	1	0,0175	160	0,55	20	4,13	6	-	-	14,7	5≤14,7≤20

Таблица 9 – Расчет сечений жил контрольных кабелей и проводов в цепях измерений трансформаторов напряжения

Наименование присоединения	$U_{НОМ}$, В	Уд.сопр.кабеля ρ, Ом*мм^2/м	Длина кабеля $L_{КАБ}$, м	Потребляемая мощность нагрузки, ВА	Допустимое сечение кабеля F, мм^2	Выбранное сечение кабеля F, мм^2	Сопротивление кабеля $R_{КАБ}$, Ом	Сопротивление контактов $R_{КОНТ}$, Ом	Падение напряжения в кабеле, %	Соответствие условию <1,5%
Цепи напряжения измерительные релейные ОРУ-110 кВ TV1(2)G	100	0,0175	160	3,2	0,179	2,5	1,12	0,1	0,11	Соответствует
Цепи напряжения измерительные и релейные КРУ-6 кВ TV1(2)P	100	0,0175	30	7,9	0,083	2,5	0,21	0,1	0,05	Соответствует

4.8 Конструктивная часть

Подстанция ПС-110 кВ «Чалпан» располагается на площадке размером 106х87,75 м на территории ООО «Восточно-Бейский разрез», в районе с III степенью загрязнения атмосферы согласно ПУЭ, изд.7, гл.1.9.

Сейсмичность площадки 7 баллов.

Подстанция имеет три въезда, подъезд к подстанции будет осуществляться по вновь проектируемой подъездной дороге.

На подстанции выполняем сплошное ограждение высотой 2,4 м со спиральным барьером «егоза».

На площадке подстанции будут размещены:

ОРУ-110 кВ с двумя силовыми трансформаторами ТДН-10000/110 УХЛ1 мощностью 10 МВА.

Блочно-модульное здание КРУМ-6 кВ, комплектной заводской поставки, с трансформаторами собственных нужд.

Блочно-модульное здание ОПУ.

Два блок-контейнера УКРМ-6 кВ.

Фильтр нулевой последовательности типа ФМЗО.

Резистор добавочного тока.

Блочно-модульные здания КРУМ-6 кВ и ОПУ устанавливаем на стойках.

В пространстве под зданиями выполняем кабельный полуэтаж. Для предотвращения скапливания воды под зданиями выполняем бетонную отмостку, а для защиты от проникновения, пространство под зданием защищаем сетчатым ограждением с калитками, запираемыми на замок.

Силовой трансформатор, устанавливаем открыто на ОРУ-110 кВ. Установка трансформатора на фундамент принята без катков, организацией уклона трансформатора в сторону расширительного бака предусмотрена конструкцией трансформатора. Установку трансформатора, а также его обслуживание предусматриваем при помощи автокрана.

В целях предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждении трансформатора на подстанции предусматриваем маслосборники. Маслосборники предусматриваем с отводом масла.

Подключение силового трансформатора, а также гибкую ошиновку ОРУ выполняем, на стороне 110 кВ – проводом марки АС 120/19, на стороне 6 кВ, от трансформатора до проходных изоляторов КРУМ66 кВ, проводом АС 400/51 2 провода в фазе.

Для ограничения перенапряжений и улучшения чувствительности к токам короткого замыкания на стороне 6 кВ устанавливаем фильтры нулевой последовательности ФМЗО40/6,6 с подключением к ним резисторов добавочного тока MDR. Вокруг фильтров и резисторов выполняем внутреннее ограждение высотой 1,6 м.

Блочно-модульные здания КРУМ-6 кВ и ОПУ выполняем одноэтажными, включая ячейки D12-P размещенные в здании КРУМ-6 кВ.

В здании ОПУ предусмотрены следующие помещения: помещение выдачи нарядов; помещение приема пищи; сан.узел; щитовое помещение; помещение связи; помещение хранения СИЗ, ЗИП и документации.

По территории ОРУ кабели прокладываем в наземных ж.б. кабельных лотках, по модулям оборудования 110 кВ в кабельных лотках, поставляемых комплектно с модулями, в кабельном полуэтаже под зданиями – по кабельным конструкциям с разделением трасс.

Выводы ячеек для присоединения отходящих линий – 6 кВ, питающих потребителей ООО «Восточно-Бейский разрез», предусматриваются воздушными.

Выводы отходящих ячеек 110 кВ предусматриваем воздушными.

Для прохода кабелей из кабельного полуэтажа внутрь помещений, в полах зданий предусмотрены патрубки.

5 Мероприятия по экономии электроэнергии

Для обеспечения энергосбережения на реконструируемой подстанции 110 кВ «Чалпан» предусматриваем следующие технические решения:

Систему отопления сооружаемых зданий выполняем с автоматическим управлением, обеспечивающим высокую точность регулировки температуры.

В системе принудительной вентиляции предусматриваем вентиляторы с небольшой мощностью потребления.

Системы кондиционирования имеют класс энергопотребления А, согласно европейской системе стандартизации. Они позволяют плавно изменять свою мощность, а потому быстрее выходят на заданный режим, точнее поддерживают установленную температуру и при этом экономят от 30 до 70 % электроэнергии, в сравнении со стандартными моделями той же мощности.

Освещение выполняем с помощью светильников и прожекторов с низким энергопотреблением, а именно:

1) Для рабочего освещения помещений предусматриваем энергоэффективные светодиодные светильники;
2) Для наружного освещения предусматриваем энергоэффективные светодиодные прожекторы.

Для экономии расхода электроэнергии предусмотрен режим автоматического управления наружным освещением от сигнала фотодатчика. Включение наружного освещения происходит при достижении заданного уровня освещенности.

Все присоединения 110, 6 кВ,а также ввода 0,4 кВ ЩСН оснащаются счетчиками технического учета активно-реактивной энергии.

6 Технико-экономические расчеты

В период проведения реконструкции затрачиваются трудовые, материальные и финансовые ресурсы.

Локальная смета – это первичный сметный документ, составляемый на отдельные виды работ (затрат) на основании объемов, которые были определены при разработке рабочей документации. Необходимость в локальном сметном расчете возникает в случаях, когда окончательные размеры затрат и объемы работ пока не определены и их необходимо уточнить или когда они не могут в ходе проектирования быть определены достаточно точно, что предполагает уточнение объемов, методов и характера работ уже в ходе строительства.

Сметный расчет произведен для реконструкции автоматизированной системы диспетчерского управления энергообъектами подстанции «Чалпан» и включает в себя затраты на энергооборудование, его установку, заготовительно-складские и транспортные расходы.

В таблице 10 приведен локальный сметный расчет реконструкции автоматизированной системы диспетчерского управления энергообъектами подстанции «Чалпан».

Таблица 10 –Локальный сметный расчет реконструкции автоматизированной системы диспетчерского управления энергообъектами подстанции «Чалпан»

№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество			Сметная стоимость в базисном уровне цен (в текущем уровне цен (гр. 8) для ресурсов, отсутствующих в СНБ), руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен, руб.
				на единицу	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу	коэффициенты	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Оборудование АСДУЭ											
1.1	**ФЕРм08-03-571-05**	**Щит заводского изготовления однорядный или двухрядный: шкафного исполнения, глубина до 800 мм**	**м**			**1,6**					
		Объем=0,8+0,8									
	1	ОТ					61,31		98,10	30,42	2 984,00
	2	ЭМ					185,41		296,66	12,57	3 729,00
	3	в т.ч. ОТм					23,09		36,94	30,42	1 124,00
	4	М					18,14		29,02	17,44	506,00
		ЗТ	чел.-ч	6,18		9,888					
		ЗТм	чел.-ч	1,84		2,944					
		Итого по расценке					264,86		423,78		
		ФОТ							135,04		4 108,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			130,99		3 985,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			68,87		2 095,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всего по позиции							**623,64**		**13 299,00**
2.1	**ТКП ООО "НПО" МИР"**	**Шкаф основного сервера АСДУЭ**	**1 шт**			**1**	**389 656,31**	**1,04**	**405 242,56**	**5,15**	**2 086 999,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=2006730/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
3.1	**ТКП ООО "НПО" МИР"**	**Шкаф резервного сервера АСДУЭ**	**1 шт**			**1**	**378 320,39**	**1,04**	**393 453,21**	**5,15**	**2 026 284,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=1948350/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
4.1	**ФЕРм08-03-571-04**	**Щит заводского изготовления однорядный или двухрядный: шкафного исполнения, глубина до 600 мм**	**м**			**1,4**					
		Объем=0,8+0,6									
	1	ОТ					51,09		71,53	30,42	2 176,00
	2	ЭМ					154,85		216,79	12,58	2 727,00
	3	в т.ч. ОТм					19,33		27,06	30,42	823,00
	4	М					17,41		24,37	17,37	423,00
		ЗТ	чел.-ч	5,15		7,21					
		ЗТм	чел.-ч	1,54		2,156					
		Итого по расценке					223,35		312,69		
		ФОТ							98,59		2 999,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			95,63		2 909,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			50,28		1 529,00
		Всего по позиции							**458,60**		**9 764,00**

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.1	**ТКП ООО "НПО" МИР"**	**Шкаф контроллеров АСДУЭ**	**1 шт**			**1**	**289 902,91**	**1,04**	**301 499,03**	**5,15**	**1 552 720,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=1493000/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
6.1		**Шкаф преобразователей АСДУЭ**	**1 шт**			**1**	**186 118,45**	**1,04**	**193 563,19**	**5,15**	**996 850,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=958510/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
7	**ФЕРм08-03-571-04**	**Щит заводского изготовления однорядный или двухрядный: шкафного исполнения, глубина до 600 мм**	**м**			**0,8**					
		Объем=0,8*1									
	1	ОТ					51,09		40,87	30,42	1 243,00
	2	ЭМ					154,85		123,88	12,58	1 558,00
	3	в т.ч. ОТм					19,33		15,46	30,42	470,00
	4	М					17,41		13,93	17,37	242,00
		ЗТ	чел.-ч	5,15		4,12					
		ЗТм	чел.-ч	1,54		1,232					
		Итого по расценке					223,35		178,68		
		ФОТ							56,33		1 713,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			54,64		1 662,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			28,73		874,00
		Всего по позиции							**262,05**		**5 579,00**

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	**ФЕРм10-03-056-02**	**Настройка канала связи по подготовленным линейным трактам, канал связи между двумя оконечными станциями при количестве пунктов транзита между ними: 1, 2 (Ethernet, RS-232, ВОЛС)**	**канал**			**3**					
	1	ОТ					198,97		596,91	30,42	18 158,00
	2	ЭМ					64,38		193,14	9,6	1 854,00
	3	в т.ч. ОТм					8,70		26,10	30,42	794,00
	4	М					3,98		11,94	30,42	363,00
		ЗТ	чел.-ч	15,4		46,2					
		ЗТм	чел.-ч	0,75		2,25					
		Итого по расценке					267,33		801,99		
		ФОТ							623,01		18 952,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.51.1	НР Прокладка и монтаж сетей связи	%	90		90			560,71		17 057,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.51.1	СП Прокладка и монтаж сетей связи	%	46		46			286,58		8 718,00
		Всего по позиции							**1 649,28**		**46 150,00**
8.1	**ТКП №281 от 24.07.18 ПО "ГОСАН"**	**Шкаф с базовыми информационно-измерительными модулями БИМ**	**1 шт**			**1**	**75 284,27**	**1,04**	**78 295,64**	**5,15**	**403 223,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=(136085+251629)/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
1	**ФЕРм08-03-571-04**	**Щит заводского изготовления однорядный или двухрядный: шкафного исполнения, глубина до 600 мм/ Монтаж шкафа сервера РАС (Размеры 2000ммх800ммх600мм)**	**м**			**0,8**					
	1	ОТ					51,09		40,87	30,42	1 243,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	2	ЭМ					154,85		123,88	12,58	1 558,00
	3	в т.ч. ОТм					19,33		15,46	30,42	470,00
	4	М					17,41		13,93	17,37	242,00
		ЗТ	чел.-ч	5,15		4,12					
		ЗТм	чел.-ч	1,54		1,232					
		Итого по расценке					223,35		178,68		
		ФОТ							56,33		1 713,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			54,64		1 662,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			28,73		874,00
		Всего по позиции							**262,05**		**5 579,00**
8	**ФЕРм10-06-068-16**	**Программирование сетевого элемента и отладка его работы (мультиплексор, регенератор) / Сервер РАС**	**сетевой элемент**			**1**					
	1	ОТ					295,80		295,80	30,42	8 998,00
	4	М					5,92		5,92	30,42	180,00
		ЗТ	чел.-ч	20		20					
		Итого по расценке					301,72		301,72		
		ФОТ							295,80		8 998,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3 (в ред. пр. № 636/пр от 02.09.2021)	НР Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3	СП Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
		Всего по позиции							**301,72**		**9 178,00**

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10.1	**ТКП №281 от 24.07.18 ПО "ГОСАН"**	**Шкаф сервера РАС**	**1 шт**			**1**	**104 639,42**	**1,04**	**108 825,00**	**5,15**	**560 449,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=538893/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
Пункт управления											
43	**ФЕРм11-04-005-01**	**Пульт, рабочее место, масса: до 0,3 т / В составе АРМ: аккумуляторная батарея для ИБП BR24BR - 1шт, источнник бесперебойного питания APC Back-UPS Pro 1500 - 1 шт, монитор жк23,8" 1920x1080. IPS, HDMI VGA DVI-D ACER R24YWID - 2шт, МФУ лазерное (принтер, сканер, копир, чб печать,А4, 1200x1200 DPI. USB2.0 ethernet) HP LaserJet Pro M132NW, ПК Intel core I5 7400 4x300 МГц, 8Гб DDR4 HDD 1Тб с ПО Windows 10 Dexp mars E184 - 1шт / Ноутбук HP Envy 17-AE103ur-1шт**	**шт**			**2**					
	1	ОТ					165,95		331,90	30,42	10 096,00
	2	ЭМ					77,71		155,42	12,9	2 005,00
	3	в т.ч. ОТм					10,84		21,68	30,42	660,00
	4	М					46,70		93,40	6,95	649,00
		ЗТ	чел.-ч	18,5		37					
		ЗТм	чел.-ч	0,87		1,74					
		Итого по расценке					290,36		580,72		
		ФОТ							353,58		10 756,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			318,22		9 680,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			162,65		4 948,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всего по позиции							**1 061,59**		**27 378,00**
44	**ФЕРм10-06-068-16**	**Программирование сетевого элемента и отладка его работы (мультиплексор, регенератор) / Установка на ПК ПО MS Office Pro Plus 2019 RUS SNGL OLP NL (79P-05729) Windows 10 Pro Rus 64 bit DVD 1 pk DSP OEi + id316630 (FQC-08909-L), SCADA МИР (OPC5)**	**сетевой элемент**			**1**					
	1	ОТ					295,80		295,80	30,42	8 998,00
	4	М					5,92		5,92	30,42	180,00
		ЗТ	чел.-ч	20		20					
		Итого по расценке					301,72		301,72		
		ФОТ							295,80		8 998,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3 (в ред. пр. № 636/пр от 02.09.2021)	НР Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3	СП Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
		Всего по позиции							**301,72**		**9 178,00**
45	**ФЕРм10-06-068-16**	**Программирование сетевого элемента и отладка его работы (мультиплексор, регенератор) / Установка на ноутбук ПО MS Office Pro Plus 2019 RUS SNGL OLP NL (79P-05729), Windows 10 Pro Rus 64 bit DVD 1 pk DSP OEi + id316630 (FQC-08909-L), ПУЛЬТ ЧТЕНИЯ ДАННЫХ**	**сетевой элемент**			**1**					
	1	ОТ					295,80		295,80	30,42	8 998,00
	4	М					5,92		5,92	30,42	180,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		ЗТ	чел.-ч	20		20					
		Итого по расценке					301,72		301,72		
		ФОТ							295,80		8 998,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3 (в ред. пр. № 636/пр от 02.09.2021)	НР Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. пп.51.1,51.3	СП Оборудование связи (при составлении сметы необходимо задать вид работ: для городских сетей связи или междугородных линий связи)	%	0		0					
		Всего по позиции							**301,72**		**9 178,00**
46	**ТКП ООО "НПО "МИР"**	**Рабочее место АРМ дежурного персонала**	**1 шт**			**1**	**102 366,99**	**1,04**	**106 461,67**	**5,15**	**548 278,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=527190/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
47	**ТКП ООО "НПО "МИР"**	**Мобильный инженерный пульт АСДУ/АСКУЭ**	**1 шт**			**1**	**66 864,08**	**1,04**	**69 538,64**	**5,15**	**358 124,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=344350/5,15									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
21.1	**прайс**	**Мебель для АРМ (стол, кресло, подкатная тумба для АРМ и тумба для размещения принтеров)**	**к-т**			**1**	**3 316,07**	**1,05**	**3 481,87**	**5,15**	**17 932,00**
		(Оборудование по прайс-листам)									
		Цена=(3514,01+2120+4020,87+7422,90)/5,15									

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	МДС37 п.4.7.	Затраты на установку лабораторного оборудования, мебели, поставляемых в собранном виде и не требующих предварительной разборки и последующей сборки при монтаже, а также подключения к инженерным сетям и коммуникациям (электроснабжение, канализация, газоснабжение, вентиляция и т.д.) ПЗ=1,01 (ОЗП=1,01; ЭМ=1,01; МАТ=1,01)									
		Заготовительно-складские расходы (оборудование) ПЗ=1,2% (ОЗП=1,2%; ЭМ=1,2%; МАТ=1,2%)									
		Транспортные расходы (оборудование) ПЗ=3% (ОЗП=3%; ЭМ=3%; МАТ=3%)									
ПС "Чалпан" АСДУЭ											
48	**ФЕРм11-03-001-01**	**Приборы, устанавливаемые на металлоконструкциях, щитах и пультах, масса: до 5 кг / Термопреобразователь сопротивления ДТС3005-Pt1000.B2 (стоимость учена в комплекте монтажных частей и кабельной продукции системы АСДУЭ)**	**шт**			**3**					
	1	ОТ					5,16		15,48	30,42	471,00
	4	М					1,09		3,27	6,84	22,00
		ЗТ	чел.-ч	0,52		1,56					
		Итого по расценке					6,25		18,75		
		ФОТ							15,48		471,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			13,93		424,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			7,12		217,00
		Всего по позиции							**39,80**		**1 134,00**
49	**ФЕРм11-04-008-01**	**Съемные и выдвижные блоки (модули, ячейки, ТЭЗ), масса: до 5 кг / Устройство защиты DTR 2/6/1500-2 шт, Устройство защиты EXPO CAT5-4 шт (стоимость учена в комплекте монтажных частей и кабельной продукции системы АСДУЭ)**	**шт**			**6**					
		Объем=4+2									

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	ОТ					8,90		53,40	30,42	1 624,00
	2	ЭМ					0,66		3,96	12,2	48,00
	3	в т.ч. ОТм					0,12		0,72	30,42	22,00
	4	М					0,18		1,08	30,42	33,00
		ЗТ	чел.-ч	1,03		6,18					
		ЗТм	чел.-ч	0,01		0,06					
		Итого по расценке					9,74		58,44		
		ФОТ							54,12		1 646,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			48,71		1 481,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			24,90		757,00
		Всего по позиции							**132,05**		**3 943,00**
50	**ФЕРм11-03-001-01**	**Приборы, устанавливаемые на металлоконструкциях, щитах и пультах, масса: до 5 кг / Терминирующий резистор 120 Ом 1ВТ МЛТ-1 120Ом - 6 шт (стоимость учена в комплекте монтажных частей и кабельной продукции системы АСДУЭ)**	**шт**			**6**					
	1	ОТ					5,16		30,96	30,42	942,00
	4	М					1,09		6,54	6,84	45,00
		ЗТ	чел.-ч	0,52		3,12					
		Итого по расценке					6,25		37,50		
		ФОТ							30,96		942,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			27,86		848,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			14,24		433,00
		Всего по позиции							**79,60**		**2 268,00**

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	**ФЕРм10-08-017-03 Прим.**	**Электрочасы вторичные уличные односторонние: на кронштейне с установкой кронштейна на металлической конструкции / Радиочасы МИР РЧ-02.А-3-2Е-РОЕ, Комплект монтажных частей для крепления радиочасов на крышу М09.117.80.000 (стоимость учена в комплекте монтажных частей и кабельной продукции системы АСДУЭ)**	**шт**			**1**					
	1	ОТ					28,86		28,86	30,42	878,00
	2	ЭМ					304,90		304,90	6,73	2 052,00
	3	в т.ч. ОТм					9,07		9,07	30,42	276,00
	4	М					7,26		7,26	12,96	94,00
		ЗТ	чел.-ч	3		3					
		ЗТм	чел.-ч	0,63		0,63					
		Итого по расценке					341,02		341,02		
		ФОТ							37,93		1 154,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.51.1	НР Прокладка и монтаж сетей связи	%	90		90			34,14		1 039,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.51.1	СП Прокладка и монтаж сетей связи	%	46		46			17,45		531,00
		Всего по позиции							**392,61**		**4 594,00**

58

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	12
52	**ФЕРм08-02-147-10**	**Кабель до 35 кВ по установленным конструкциям и лоткам с креплением по всей длине, масса 1 м кабеля: до 1 кг / Кабель КВВГЭнг(А)-LS 10х1,5 - 1150 м, Кабель КВВГЭнг(А)-LS 14х1,5 - 860 м, Кабель КВВГЭнг(А)-LS 5х1,5 - 1760 м, Кабель КВВГЭнг(А)-LS 5х2,5 - 465 м, Кабель КВВГЭнг(А)-LS 5х6 - 1245 м, Кабель КВВГЭнг(А)-LS 7х1,5 - 1310 м, Кабель КВПЭфнг(А)-LS-5е 4х2х0,52 - 710 м, КИПЭВнг(А)-LS 2х2х0.6 - 495 м Кабель коаксиальный - 25м**	**100 м**			**80,2**					
		Объем=(1150+860+1760+465+1245+1310+710+495+25) / 100									
	1	ОТ					132,35		10 614,47	30,42	322 892,00
	2	ЭМ					50,19		4 025,24	11,16	44 922,00
	3	в т.ч. ОТм					5,02		402,60	30,42	12 247,00
	4	М					34,70		2 782,94	11,04	30 724,00
		ЗТ	чел.-ч	14,08		1129,216					
		ЗТм	чел.-ч	0,4		32,08					
		Итого по расценке					217,24		17 422,65		
		ФОТ							11 017,07		335 139,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			10 686,56		325 085,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			5 618,71		170 921,00
		Всего по позиции							**33 727,92**		**894 544,00**
53	**ТКП ООО "НПО "МИР"**	**Комплект монтажных частей и кабельной продукции системы АСДУЭ**	**к-т**			**1**	**511 650,42**	**1,02**	**521 883,43**	**4,72**	**2 463 290,00**
		(Материал по прайс-листам)									
		Цена=2414990/4,72									

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Заготовительно-складские расходы на материалы по прайс-листам МАТ=2%									
Подключение											
14	**ФЕРм08-03-574-01**	**Разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов сечением: до 10 мм2 (По схеме подключения (ОПУ ЩП Шкаф 18ВР х2)+(Помещение связи и ТМ Шкаф №1, №2, №3, №7, №8)**	**100 шт**			**2,1**					
		Объем=(105*2) / 100									
	1	ОТ					153,26		321,85	30,42	9 791,00
	2	ЭМ					1,81		3,80	13,04	50,00
	3	в т.ч. ОТм					0,26		0,55	30,42	17,00
	4	М					98,83		207,54	5,56	1 154,00
		ЗТ	чел.-ч	15,45		32,445					
		ЗТм	чел.-ч	0,02		0,042					
		Итого по расценке					253,90		533,19		
		ФОТ							322,40		9 808,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.49.3	НР Электротехнические установки на других объектах	%	97		97			312,73		9 514,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.49.3	СП Электротехнические установки на других объектах	%	51		51			164,42		5 002,00
		Всего по позиции							**1 010,34**		**25 511,00**
54	**ФЕРм11-08-001-01**	**Присоединение к приборам электрических проводок под винт: с оконцеванием наконечником (По схеме подключений)**	**100 шт**			**3,77**					
		Объем=(15+104+69+65+52+64+8) / 100									
	1	ОТ					113,68		428,57	30,42	13 037,00
	4	М					45,34		170,93	8,63	1 475,00
		ЗТ	чел.-ч	11,3		42,601					
		Итого по расценке					159,02		599,50		
		ФОТ							428,57		13 037,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			385,71		11 733,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			197,14		5 997,00
		Всего по позиции							**1 182,35**		**32 242,00**
55	**ФЕРм11-04-020-01**	**Разъемы штепсельные с разделкой и включением экранированного кабеля, сечение жилы до 1 мм2, количество подключаемых жил: 14 шт.(По схеме подключений)**	**шт**			**139**					
		Объем=37+42+23+7+30									
	1	ОТ					19,36		2 691,04	30,42	81 861,00
	4	М					6,17		857,63	8,48	7 273,00
		ЗТ	чел.-ч	2,06		286,34					
		Итого по расценке					25,53		3 548,67		
		ФОТ							2 691,04		81 861,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			2 421,94		73 675,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			1 237,88		37 656,00
		Всего по позиции							**7 208,49**		**200 465,00**
57	**ФЕРм11-04-028-01**	**Включение в аппаратуру разъемов штепсельных, количество контактов в разъеме: до 14 шт. (По схеме подключений)**	**шт**			**120**					
		Объем=24+26+70									
	1	ОТ					2,07		248,40	30,42	7 556,00
	4	М					0,04		4,80	30,42	146,00
		ЗТ	чел.-ч	0,22		26,4					
		Итого по расценке					2,11		253,20		

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		ФОТ							248,40		7 556,00
	Приказ № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.53	НР Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	90		90			223,56		6 800,00
	Приказ № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.53	СП Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники	%	46		46			114,26		3 476,00
		Всего по позиции							**591,02**		**17 978,00**
		Итого по разделу 1 Оборудование АСДУЭ							**2 231 830,79**		**12 332 111,00**
		Итоги по смете:									
		Итого прямые затраты (справочно)							2 208 438,86		11 620 529,00
		в том числе:									
		Оплата труда рабочих							16 500,61		501 946,00
		Эксплуатация машин							5 447,67		60 503,00
		в том числе оплата труда машинистов (Отм)							555,64		16 903,00
		Материалы							2 186 490,58		11 058 080,00
		Строительные работы							2 182 244,24		11 014 149,00
		в том числе:									
		материалы							2 182 244,24		11 014 149,00
		Монтажные работы							49 586,55		1 317 962,00
		в том числе:									
		оплата труда							16 500,61		501 946,00
		эксплуатация машин и механизмов							5 447,67		60 503,00
		в том числе оплата труда машинистов (ОТм)							555,64		16 903,00
		материалы							4 246,34		43 931,00
		накладные расходы							15 369,97		467 554,00
		сметная прибыль							8 021,96		244 028,00

Окончание таблицы 10

1	2	3	4	5	6
		Итого	2 231 830,79		12 332 111,00
		Итого ФОТ (справочно)	17 056,25		518 849,00
		Итого накладные расходы (справочно)	15 369,97		467 554,00
		Итого сметная прибыль (справочно)	8 021,96		244 028,00
		Временные здания и сооружения 3,4%*0,8=2,56% ГСН 81-05-01-2001 (прил.1, п.1.5.3, Общ.полож. п.2.1) 2,56%	57 134,87		315 702,00
		Итого	2 288 965,66		12 647 813,00
		Зимнее удорожание 6,3%*0,8*0,9=4,536% ГСН 81-05-02-2007 (прил.1 пп.19, табл.4 пп.1.3, общие положения п.8) 4,536%	103 827,48		573 705,00
		Перевозка рабочих 2,5%	57 224,14		316 195,00
		Итого	2 450 017,28		13 537 713,00
		Непредвиденные затраты 1,5%	36 750,26		203 066,00
		ИТОГО по смете	**2 486 767,54**		**13 740 779,00**
		НДС, 20%			**2 748 155,80**
		ВСЕГО по смете			**16 488 934,80**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является реконструкция подстанции 110/6 кВ «Чалпан».

Практическая значимость выпускной квалификационной работы заключается в возможности провести реальную реконструкцию подстанции «Чалпан» с полной заменой оборудования. Реконструкция позволит повысить производительность действующего разреза, снизить % выхода из строя электрооборудования.

Реконструкция подстанции необходима для электроснабжения вновь проектируемой обогатительной фабрики и существующих потребителей ООО «Восточно-Бейский разрез».

Проектируемая подстанция предусматривается комплектно-блочного исполнения, с установкой оборудования 110 кВ на блоках высокой заводской готовности, РУ-6 кВ и ОПУ – в блочно-модульных зданиях.

Все высоковольтное оборудование подстанции выбрано по номинальным параметрам.

Для защиты силовых трансформаторов 110/6 кВ от грозовых перенапряжений предусматривается открытая установка нелинейных ограничителей перенапряжения (ОПН) 110 и 6 кВ.

Для защиты трансформаторов напряжения от грозовых и коммутационных перенапряжений предусматривается открытая установка нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН) 110 кВ.

В соответствии с п.4.2.28 ПУЭ на каждой секции шин 110 кВ предусматривается по два заземляющих ножа.

РУ-6 кВ ПС-110 кВ «Чалпан» укомплектовывается 26-ю шкафами КРУ одностороннего обслуживания, с вакуумными выключателями на выкатном элементе, с номинальным током сборных шин 1600 А и номинальным током термической стойкости 20 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев, И. И. Электрические аппараты : справочник / И. И. Алиев, М. Б. Абрамов – М.: Радиософт, 2016. – 251 с.

2. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб. / В. А. Андреев. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 2016. – 495 с.

3. Булычев, А. В. Релейная защита в распределительных электрических сетях. Пособие для практических расчетов / А. В. Булычев, А. А. Наволочный. – М.: Энас, 2018. – 208 с.

4. ГОСТ 12.1.114-82. Система стандартов безопасности труда. Пожарные машины и оборудование. Обозначения условные графические. Введ. 01.01.1983. М.: Издательство стандартов, 1991 15 с.

5. ГОСТ 14209-97. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. Введ. 01.01.2002. – М.: Издательство стандартов, 2018 – 82 с.

6. ГОСТ Р 50571.23-2000. Электроустановки строительных площадок. Введ. 01.01.2002. – М.: Стандартинформ, 2012 – 6 с.

7. Гуревич, Ю. Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю. Е. Гуревич, К. В. Кабиков. – М.: Торус Пресс, 2017. – 408 с.

8. Киреева Э.А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Учебник/ Э.А. Киреева, С.А. Цырук. – М.: Мир, 2016. – 288 с.

9. Кулеева, Л. И. Проектирование подстанции [Текст] : учебное пособие / Л. И. Кулеева, С. В. Митрофанов, Л. А. Семенова. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 111 с.

10. Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Текст] : учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. – М.: «Инфра-Инженерия», 2018. – 148 с.

11. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2017. – 96 с.

12. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. – 480 с.

13. Ополева, Г. Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов [Текст] : учебное пособие / Г. Н. Ополева. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2018. – 416 с.

14. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учеб. / И. П. Крючков [и др.] ; под ред. И. П. Крючкова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – 416 с.

15. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=433499

16. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Росийской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=438327

17. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2017. – 695 с.

18. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. – М.: Энергия, 2018. – 69 с.

19. РД 153-34.0-35.648-01. Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и электроавтоматики энергосистем. – М.: РАО «ЕЭС России», 2020. – 22 с.

20. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций : учеб. / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – 4-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 448 с.

21. Смирнов, А. Д., Антипов, К. М. Справочная книжка энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 553 с.

22. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – 3-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2019. – 392 с.

23. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2017. – 132 с.

24. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html.

25. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/1026/119047.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
подпись А.С. Торопов
инициалы, фамилия
«14» 07 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция подстанции «Чалпан» (ПС-110/6 кВ)
тема

Руководитель подпись, дата доцент, к.э.н должность, ученая степень Н.В. Дулесова инициалы, фамилия

Выпускник подпись, дата А.В. Соловьев инициалы, фамилия

Нормоконтролер подпись, дата 04.07.2023 И.А. Кычакова инициалы, фамилия

Абакан 2023