

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Проектирование электрической части понизительной подстанции
35/6 кВ "Протока" в г. Хабаровске»

Студент

Е.А. Збрицкий

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Пояснительная записка содержит 45 страниц, в том числе 16 рисунков, 9 таблиц, 24 источников. Графическая часть выполнена на 6 листах формата А1.

В настоящей работе представлены результаты проектирования объекта: «Проектирование электрической части понизительной подстанции 35/6 кВ "Протока" в г. Хабаровске».

Проект выполнен на основании технических условий на технологическое присоединение к электрической сети АО «ДРСК» нагрузок объекта «Микрорайона «Строитель».

В бакалаврской работе произведено: анализ электрических нагрузок, выбор конструктивных решений, выбор силовых трансформаторов, выбор кабельной линии, расчет токов короткого замыкания, выбор электрической схемы и силового электрооборудования, выбор собственных нужд, выбор оперативного тока, выбор релейной защиты и автоматики, выбор молниезащиты и заземления.

Проектом предусмотрено к установке современное силовое и вспомогательное электрооборудование.

Содержание

Введение.....	4
1 Общие сведения объекта проектирования - подстанция 35/6 кВ «Протока».....	5
2 Анализ электрических нагрузок подстанции.....	8
3 Выбор основных конструктивных решений по объекту проектирования	10
3.1 Схема планировочной организации земельного участка.....	10
3.2 Архитектурные решения.....	11
4 Выбор кабельной линии 35 кВ ПС «Индустриальная» - проектируемая ПС «Протока».....	14
5 Расчет токов короткого замыкания подстанции.....	17
6 Выбор электрической схемы, электрооборудования и силового трансформатора на проектируемой подстанции 35/6 кВ «Протока».....	23
6.1 Выбор электрической схемы и основного электрооборудования.....	23
6.2 Выбор силового трансформатора 35/6 кВ	30
7 Собственные нужды и выбор оперативного тока на проектируемой подстанции.....	34
8 Релейная защита и автоматика проектируемой подстанции.....	37
9 Молниезащита и заземление проектируемой подстанции.....	40
Заключение.....	42
Список используемых источников.....	43

Введение

На протяжении последних лет в рамках реализации улучшения жилищных условий граждан Хабаровского края, по программе «Обеспечение жильем молодых семей» Правительством Российской Федерации принято решение о комплексном освоении земельных участков в г. Хабаровске.

В связи с чем, принято решение об освоении земельного участка в границах улиц Юнгов – П.Л. Морозова – Флегонтова для последующего возведения на нем жилого микрорайона «Строитель» с максимальной мощностью энергопринимающих устройств 11000 кВт. Категория надежности электроснабжения вторая.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является проектирование центра питания для электроснабжения потребителей микрорайона «Строитель». Предлагается установить подстанцию закрытого типа, с двумя силовыми трансформаторами мощностью не менее 16 МВА с РПН каждый.

Для достижения цели в ходе выполнения работы требуется решить следующие задачи:

- выполнить анализ электрических нагрузок;
- выбрать основные конструктивные решения по объекту проектирования;
- выбрать питающую кабельную линию 35 кВ;
- произвести расчет токов короткого замыкания;
- выбрать электрическую схему;
- выбрать электрооборудование на стороне 6 и 35 кВ;
- выбрать силовые трансформаторы на проектируемой подстанции;
- выбрать собственные нужды;
- выбрать оперативный ток на проектируемой подстанции;
- выбрать релейную защиту и автоматику проектируемой подстанции;
- рассчитать молниезащиту и заземление проектируемой подстанции.

1 Общие сведения объекта проектирования – подстанция 35/6 кВ «Протока»

Объектом проектирования для выпускной квалификационной работы (далее ВКР) является понижающая подстанция ПС35/6 кВ «Протока» для электроснабжения потребителей жилого микрорайона «Строитель», расположенного в г. Хабаровске в границах улиц Юнгов – П.Л. Морозова – Флегонтова с максимальной мощностью энергопринимающих устройств 11000 кВт. Категория надежности электроснабжения вторая. В ходе выполнения ВКР необходимо использовать следующие исходные данные:

- технические условия №15/811-352 от 13.05.2019 г. на технологическое присоединение к электрической сети АО «ДРСК» для электроснабжения потребителей жилого микрорайона «Строитель» расположенного в г. Хабаровске в границах улиц Юнгов - П.Л. Морозова – Флегонтова [1];

- технические условия на благоустройство №473 от 14.06.2019 г. выданные управлением дорог и внешнего благоустройства [2];

- протокол АО «ХЭТК» Служба экологического мониторинга от 22.05.2019г. [3];

- письмо от филиала АО «ДРСК» «ХЭС» о согласовании принципиальной схемы РУ-35кВ,6кВ №1282/СПР от 15.06.2019 г. [4];

- постановление Администрации г. Хабаровска об утверждении документации по планировке территории в границах улиц Юнгов - П.Л. Морозова – Флегонтова №3127 от 13.04.2019г. [5].

- договор аренда земельного участка для комплексного освоения от 18.01.2019г. [6].

На рисунке 1 представлено предполагаемое место расположения подстанции.

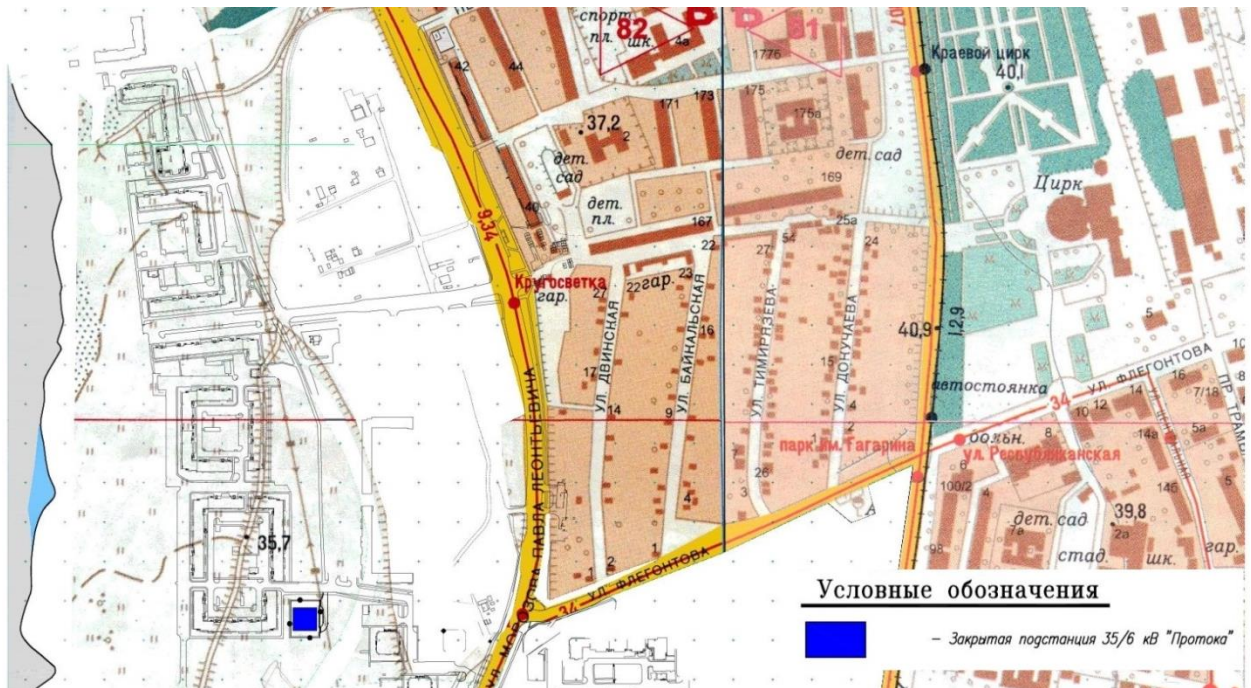


Рисунок 1 – Ситуационный план микрорайона «Строитель»

В виду того, что подстанция будет располагаться в границах жилого микрорайона, подстанция принимается закрытого типа, с двумя силовыми трансформаторами мощностью не менее 16 МВА с РПН каждый. Подключение от двухцепной проектируемой кабельной линии 35 кВ от ПС 35/6 кВ «Индустриальная». Распределительное устройство на напряжение 35 и 6 кВ предусматривается следующее – комплектное распределительное устройство (КРУ) с вакуумными выключателями. Панели автоматики, управления и защита на основе микропроцессорной техники. Габаритные размеры проектируемой подстанции 20,4x21x10,7 м.

Для вывода от линейных высоковольтных ячеек 6 кВ, расположенных в ЗРУ-6кВ, силовых кабелей 6кВ, электроснабжения микрорайона «Строитель» предусматривается кабельная канализация из полиэтиленовых труб с установкой ж/б колодцев.

Электрические принципиальные схемы подстанции принимаются следующие:

- на стороне 35кВ - схема 35-5Н «мостик с выключателями в цепях линий»;

- на стороне 6кВ – схема 6-1 «одна одиночная, секционированная выключателем, система шин» [1];[16].

Для размещения основного оборудования в здании подстанции предусматриваются отдельные помещения следующего назначения:

- помещение закрытого распределительного устройства 35 кВ (ЗРУ-35кВ) – оборудование 35 кВ.;

- помещение камер силовых трансформаторов 35/6кВ;

- помещение закрытого распределительного устройства 6 кВ (ЗРУ-6кВ) – оборудование 6 кВ.;

- помещение общеподстанционного пункта управления с размещением панелей управления и защит, щита собственных нужд, аккумуляторной;

- помещение трансформаторов собственных нужд подстанции;

- подсобных помещений.

Исходя из вышеизложенной информации проектируемая ПС 35/6 кВ «Протока» является тупиковой, так питание осуществляется от ПС 35/6 кВ «Индустриальная» по двум кабельным линиям 35 кВ, запитанных с разных секций шин.

2 Анализ электрических нагрузок подстанции

При проектировании понизительных подстанций первоначально выполняют анализ электрических нагрузок. Исходя, из полученных значений нагрузок выбирается и проверяется электрооборудование проектируемой подстанции. В период проектирования понизительных подстанций, потребителей электроэнергии рассматривают как нагрузку.

Электроснабжение потребителей микрорайона «Строитель» осуществляется по восьми линейным фидерам 6 кВ от ЗРУ-6кВ 1 и 2 секции шин ПС 35/6 кВ «Протока», к которым присоединены распределительные трансформаторные подстанции 6/0,4 кВ с трансформаторной мощностью 1000кВА. Расчётные электрические нагрузки по микрорайону представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчётные электрические нагрузки микрорайона «Строитель»

№ п/п	Наименование РТП	Категория надежности	Расчетная нагрузка, кВт
1	РТП-606	2	3836
2	РТП-607	2	3710
3	РТП-610	2	3830
4	РТП-614	2	3927
Итого ΣP			15303

Общая нагрузка на ПС с учетом коэффициента совмещения максимумов нагрузок трансформаторов (K_y) [7]:

$$P_p = 0,7 \cdot 15303 = 10721 \text{ кВт.}$$

В виду того, что основные потребители микрорайона объекты жилищной инфраструктуры (70%) и общественных зданий (30%), соответственно принимается один усредненный коэффициент мощности, который будет равен 0,9 для всех потребителей микрорайона. При

использовании заданного значения коэффициента мощности потребителей активная мощность преобразуется в полную мощность по выражению:

$$S_{in}(t) = \frac{P_{in}(t)}{\cos \phi} \quad (1)$$

$$S_p = \frac{15303}{0,9} = 17003 \text{ кВА.}$$

Полная мощность, приведенная к шинам 6 кВ, ЗРУ-6кВ ПС «Протока» с учетом коэффициента совмещения максимумов нагрузок трансформаторов (K_y) [7]:

$$S_p = 0,7 \cdot 17003 = 11902 \text{ кВА.}$$

Потребляемая электроэнергия по ПС «Протока» суммарно определяется по формуле:

$$W_{пс} = \sum \cdot W_n = 10721 \cdot 8760 = 93916 \text{ МВт}\cdot\text{ч.}$$

Следовательно, продолжительность максимальной годовой нагрузки:

$$T_m = \frac{W_{пс}}{\sum P_{max}} = \frac{93916}{11,721} = 8012,63 \text{ ч.}$$

Степень неравномерности графика оценивается коэффициентом заполнения:

$$K_{зп} = \frac{8012,63}{8760} = 0,91.$$

В результате расчетов полученный $K_{зп}$ приближен к единице, что свидетельствует о равномерности потребленных нагрузок за период - один год.

Полученные расчетные значения нагрузок используются при выборе мощности и числа понижающих трансформаторов, а также для расчета питающих линий 35 кВ.

3 Выбор основных конструктивных решений по объекту проектирования

3.1 Схема планировочной организации земельного участка

Для размещения проектируемой ПС 35/6 кВ «Протока» в строящемся микрорайоне «Строитель» используется земельный участок площадью 0,30420 га [6]. Площадь земельного участка в границах благоустройства 0,36 га [2].

Участок ограничен:

- с запада – существующим 10-ти этажным жилым дом №8 (по ГП);
- с севера и востока – местными проездами, существующими многоэтажными домами;
- с юга – строящемся ледовым дворцом.

На выделенном участке проектом предусматривается размещение здания закрытой подстанции 35/6 кВ «Протока». Площадь застройки 511,3 м².

С двух сторон проектируемого здания подстанции предусматриваются подземные маслосборные ёмкости объемом по 9,0 м³ каждая, по две с каждой стороны. Территория подстанции огораживается забором с устройством ворот.

Подъезд на территорию подстанции будет, осуществляется с северной стороны участка через двое ворот с местного проезда.

Вертикальная планировка выполняется с учетом существующего рельефа и окружающей застройки.

Территория вокруг проектируемого здания озеленяется посевом многолетних трав. Площадь озеленения 1440 м² [2].

Вышеуказанные мероприятия выполняются в соответствии с планом благоустройства представленного на рисунке 2.

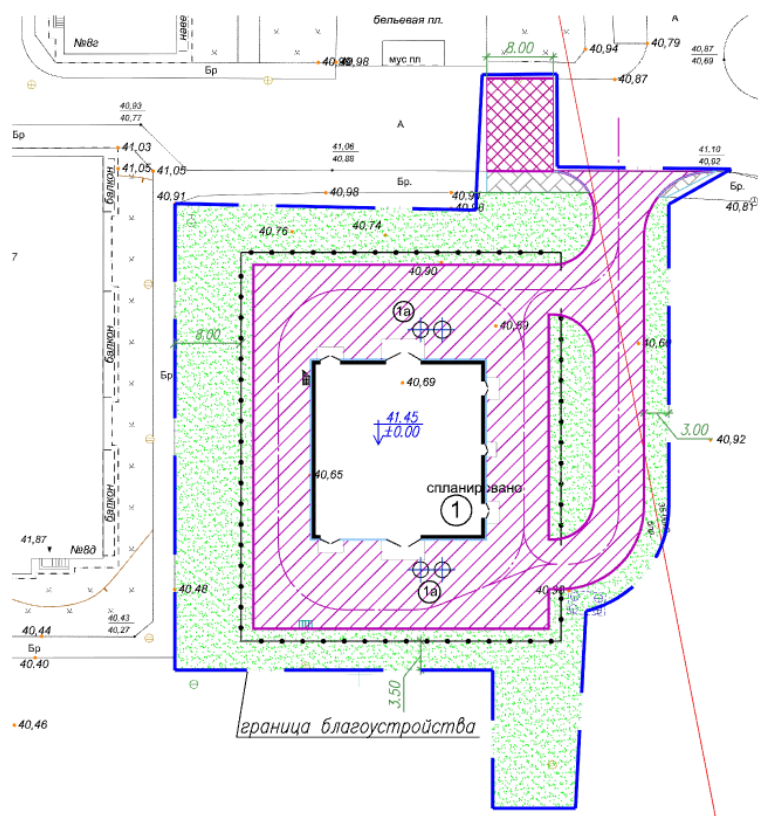



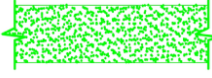


Рисунок 2 – План благоустройства

В таблице 2 указаны условные обозначения покрытий и экспликация зданий по плану благоустройства.

Таблица 2 – Ведомость покрытий и экспликация зданий

Условное обозначение	Наименование	Примечание
	Автодороги проектируемые	1450 м ²
	Автодороги восстанавливаемые	90 м ²
	Тротуары восстанавливаемые	35 м ²
	Посев трав	1440 м ²
1	Проектируемая подстанция 35/6 кВ «Протока»	
1a	Маслосборные емкости V=9,0 м ³	

3.2 Архитектурные решения

Архитектурное решение здания подстанции предусматривается по индивидуальному проекту. Объем запроектирован двухэтажный с холодным чердаком помещением над всем зданием и имеет осевые размеры в плане 20,4х21,0м. Для монтажа оборудования в ЗРУ-35 кВ предусмотрен монорельс г/п 3,2 т, в камерах силовых трансформаторов Т1 и Т2 – подвесные краны г/п 1т.

За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола подстанции, что соответствует абсолютной отметке 41,45 на плане благоустройства.

Конструктивная схема здания – стеновая, продольные несущие внутренние и наружные кирпичные стены, перекрытия из сборных ж/б пустотных плит.

Для отделки фасадов предполагается использовать высококачественные материалы – алюминиевые композитные панели, керамогранит. Окраска ворот и металлических дверей выполняется высококачественными атмосферостойкими составами. Входная дверь предусматривается металлическая. Остекление окон – тонированное стекло, переплеты пластиковые. Кровля – окрашенный в заводских условия цветной штампнастил.

На рисунках 3а, 3б, 3в представлены цветовые решения фасадов.

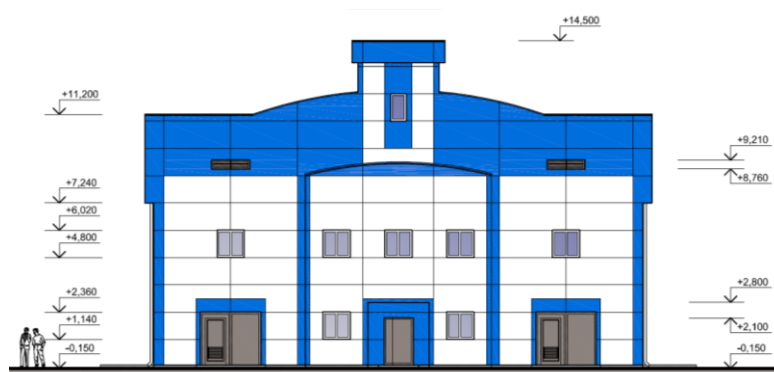


Рисунок 3а – Главный фасад

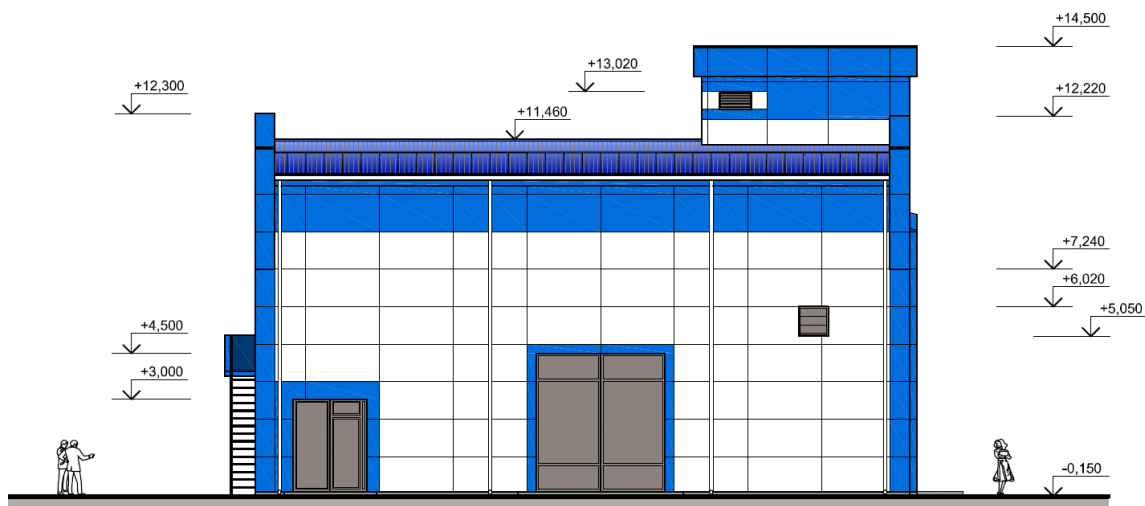


Рисунок 3б – Боковой фасад

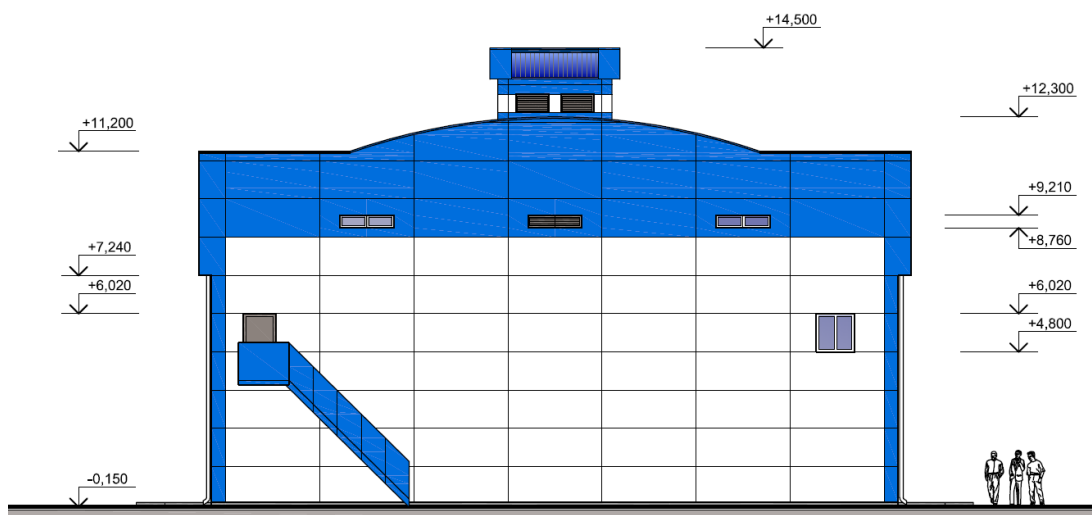


Рисунок 3в – Задний фасад

Данные цветовые решения отражены в архитектуре проектируемой подстанции, в виду непосредственной близости к зданию крытого спортивного комплекса для проведения матчей по хоккею с мячом «Ерофей», некоторые элементы этого формируют застройку микрорайона в целом.

4 Выбор кабельной линии 35 кВ ПС «Индустриальная»- проектируемая ПС «Протока»

Питание ПС 35/6 кВ «Протока» предусматривается по двухцепной кабельной линии от существующего ЗРУ-35 кВ ПС «Индустриальная», каждая цепь линии предусматривает прокладку трех параллельных одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвПг-1х240/50-35 уложенных треугольником [8]-[9].

Выбран одножильный кабель с алюминиевой жилой, с изоляцией из сшитого полиэтилена, с водоблокирующим слоем, на напряжение 35 кВ производства ООО «Камский кабель» [8].

Сечение кабелей выбрано из расчета передаваемой мощности, проверено по экономической плотности тока и термической устойчивости при коротких замыканиях.

Сечение экрана кабеля проверено по термической устойчивости при коротких замыканиях принято 50 мм². Экран кабеля заземляется путем присоединения с двух сторон к заземляющему устройству.

Характеристика проектируемой кабельной линии 35 кВ:

- напряжение линий – 35 кВ.;
- количество цепей – две;
- марка кабеля - АПвПг-1х240/50-35;
- допустимый длительный ток для кабеля (при прокладке в траншее) – 422 А (25,55МВА);
- нагрузка на одну цепь составит:
 - в рабочем режиме – 5,5 МВт (91А);
 - в аварийном режиме (при отключении одной цепи) – 11 МВА (182 А);
- длина наружной трассы – 1,5 км;
- потребность кабеля – 10,560 км.

Кабельные линии прокладываются в земле в траншее глубиной 1 м и имеют снизу подсыпку толщиной не менее 0,1 м, а сверху засыпку толщиной не менее 0,1 м слоем песчано-гравийной смеси.

Кабели на всем протяжении защищены от механических повреждений путем покрытия железобетонными плитами сверху. В местах пересечения с инженерными коммуникациями кабели прокладываются в полиэтиленовых трубах $\text{Ø} 125/107$ мм, отдельно для каждой цепи, как показано на рисунке 6.

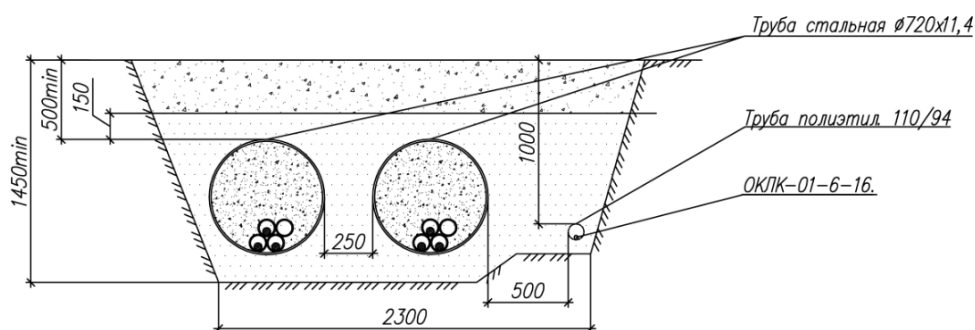


Рисунок 6 – Схема прокладки КЛ-35кВ в местах пересечения

Пересечение кабелей с ул. П.Л. Морозова выполняется закрытым способом методом горизонтального направленного бурения.

Защита кабелей при выполнении прокола выполняется полиэтиленовыми трубами, проложенными в кожухе из полиэтиленовой трубы ПЭ 100 $\text{Ø}560$ SDR17x33,2 отдельно для каждой цепи, в соответствии с рисунком 7.

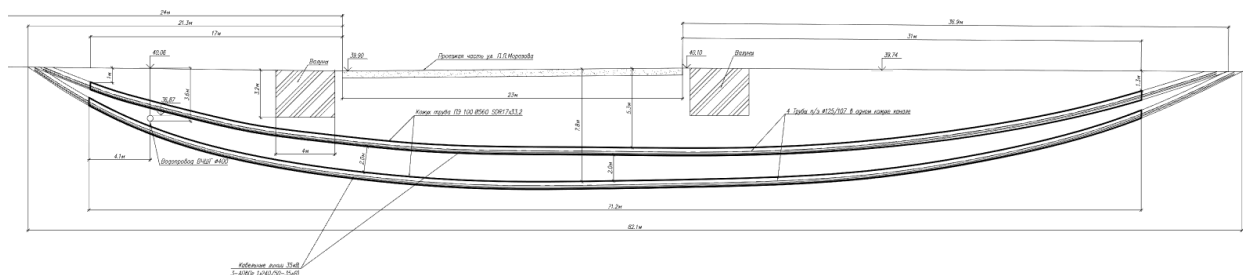


Рисунок 7 – Пересечение ул. П.Л. Морозова закрытым способом

При пересечении с теплотрассами, водопроводом, канализацией и автодорогами пластмассовые трубы защищаются металлическим кожухом из стальной трубы, за исключением места пересечения кабелями 35 кВ над теплотрассой в кожухе из полиэтиленовой трубы ПЭ 100 Ø500 SDR17x29,7.

Наружная поверхность металлических кожухов в местах стыка покрыть усиленной антикоррозийной изоляцией.

В кабельных каналах подстанции кабели покрываются огнезащитным составом типа ОГРАКС-ВВ [10].

В помещениях ЗРУ-35кВ на кабелях устанавливаются комплекты концевых муфт внутренней установки [11].

Заземлению подлежат металлические экраны силовых кабелей 35 кВ в начале и конце трассы путем присоединения к устройству контура заземления подстанций.

5 Расчет токов короткого замыкания

При выборе электрических аппаратов, проводников, заземляющих устройств и настройке РЗА на ПС необходим расчет токов короткого замыкания (далее КЗ). Расчет токов КЗ производится в относительных единицах, которые приводятся к базисным параметрам [18]. За базисное значение мощности S_6 принимаем число, равное 1000 МВА.

Для расчета токов КЗ составляется расчетная схема сети, представленная на рисунке 8.

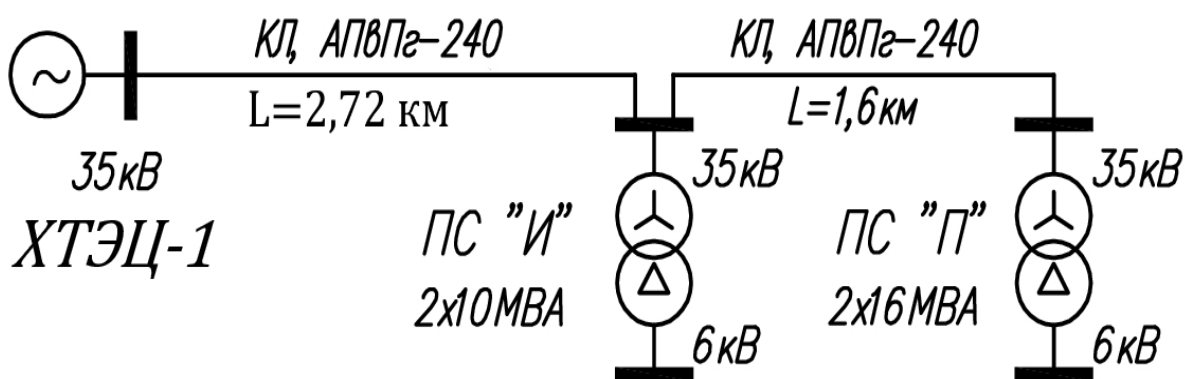


Рисунок 8 – Расчетная схема сети

На основании расчетной схемы составляем эквивалентную схему замещения, на ней намечаются расчетные токи КЗ, данная схема представлена на рисунке 9.

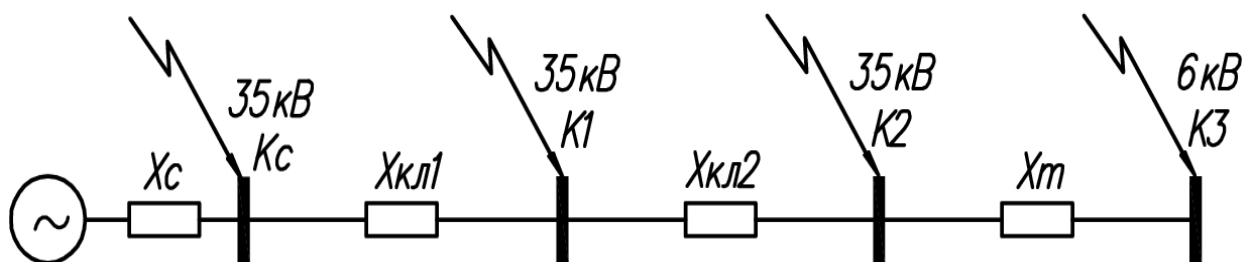


Рисунок 9 – Эквивалентная схема замещения

По полученной эквивалентной схеме произведем расчеты значения токов трехфазного КЗ в максимальном и минимальном режиме работы системы, полученные данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетные значения токов трехфазного КЗ в максимальном и минимальном режиме работы системы

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
Ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ХТЭЦ-1, кА: - минимальный режим - максимальный режим	I_k I_{kmin} I_{kmax}	2,630 21,302
Сопротивление системы, Ом.: - минимальный режим - максимальный режим	X_c $X_{cmin} = \frac{U_{ном}}{K_{min}/\sqrt{3}}$ $I_{kmax} = \frac{U_{ном}}{K_{max}/\sqrt{3}}$	8,12 1,00
Длина линии 35 кВ ХТЭЦ-1 – ПС «Индустриальная»	КЛ (АПвПу-240)	2,72
Сопротивление питающей линии, Ом.	$X_{кл1}$	0,31
Сопротивление системы в точке К1 при $U_6=37$ кВ: - минимальный режим - максимальный режим	$X_{к1}$ $X_{к1min} = X_{cmin} + X_{кл1}$ $X_{к1max} = X_{cmax} + X_{кл1}$	8,44 1,32
Ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Индустриальная», кА: - минимальный режим - максимальный режим	I_k $I_{кз(3)35min}$ $I_{кз(3)35max}$	2532,47 16237,25
Длина линии 35 кВ ПС «Индустриальная» - ПС «Протока»	КЛ (АПвПу-240)	1,64
Сопротивление участка линии, Ом.	$X_{кл2}$	0,189
Сопротивление системы в точке К2 при $U_6=37$ кВ. - минимальный режим - максимальный режим	$X_{к2}$ $X_{к2max} = X_{к1min} + X_{кл2}$ $X_{к2min} = X_{к1max} + X_{кл2}$	8,62 1,50

Продолжение таблицы 4

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
Ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Протока», кА: - минимальный режим - максимальный режим	$I_{к3(3)K2}$ $I_{к3(3)K2min}$ $I_{к3(3)K2max}$	2477,09 14201,40
Сопротивление трансформатора при различных положениях РПН: - максимальное - среднее - минимальное	$X_{Tmax} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_{отmax}^2}{S_{ТНОМ}}$ $X_{Tсред} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_{отсред}^2}{S_{ТНОМ}}$ $X_{Tmin} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U_{отmin}^2}{S_{ТНОМ}}$	11,647251 8,44101562 5,94841747
Сопротивление системы в точке КЗ при $U_6=37$ кВ: - минимальный режим РПНmax - минимальный режим РПНср - минимальный режим РПНmin - максимальный режим РПНmax - максимальный режим РПНср - максимальный режим РПНmix	$X_{к3}$ $X_{к3minРПНmax} = X_{к2min} + X_{Т(37)max}$ $X_{к3minРПНср} = X_{к2min} + X_{Т(37)н}$ $X_{к3minРПНmin} = X_{к2min} + X_{Т(37)min}$ $X_{к3maxРПНmax} = X_{к2max} + X_{Т(37)max}$ $X_{к3maxРПНср} = X_{к2max} + X_{Т(37)н}$ $X_{к3maxРПНmin} = X_{к2max} + X_{Т(37)min}$	20,27 17,06 15,57 13,15 9,95 7,45
Ток трехфазного замыкания на шинах 6 кВ ПС «Протока», подведенный к напряжению 37кВ, кА: - минимальный режим РПНmax - минимальный режим РПНср - минимальный режим РПНmin	$I_{к3}$ $I_{к3minРПНmax} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНmax}}$ $I_{к3minРПНср} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНср}}$ $I_{к3minРПНmin} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНmin}}$	1053,82 1251,81 1465,94

Продолжение таблицы 4

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
- максимальный режим РПН _{max}	$I_{к3maxРПНmax} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНmax}}$	1624,30
- максимальный режим РПН _{ср}	$I_{к3maxРПНср} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНср}}$	2147,96
- максимальный режим РПН _{min}	$I_{к3maxРПНmin} = \frac{U_6}{\sqrt{3} \cdot X_{3minРПНmin}}$	2866,36
Ток трехфазного замыкания на шинах 6 кВ ПС «Протока» подведенное к напряжению 6,3 кВ, кА:	$I_{кз_6,3}$	
- минимальный режим РПН _{max}	$I_{к3minРПНmax6,3} = I_{к3minРПНmax} \cdot (37/6,3)$	6189,07
- минимальный режим РПН _{ср}	$I_{к3minРПНср6,3} = I_{к3minРПНср} \cdot (37/6,3)$	7351,91
- минимальный режим РПН _{min}	$I_{к3minРПНmin6,3} = I_{к3minРПНmin} \cdot (37/6,3)$	8609,46
- максимальный режим РПН _{max}	$I_{к3maxРПНmax6,3} = I_{к3maxРПНmax} \cdot (37/6,3)$	9539,55
- максимальный режим РПН _{ср}	$I_{к3maxРПНср6,3} = I_{к3maxРПНср} \cdot (37/6,3)$	12615,00
- максимальный режим РПН _{min}	$I_{к3maxРПНmin6,3} = I_{к3maxРПНmin} \cdot (37/6,3)$	16834,20

Далее определяем значения ударных токов КЗ в максимальном и минимальном режиме работы системы, полученные данные сведем в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчетные значения ударных токов КЗ в максимальном и минимальном режиме работы системы

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
Начальное действующее значение периодич.составляющей тока трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Индустриальная», кА	$I_{поК1} = c \cdot U_{ном} / \sqrt{3} \cdot X_{эк}$	кА

Продолжение таблицы 5

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
- минимальный режим - максимальный режим	$I_{поК1min} = 1,0 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 8,44$ $I_{поК1max} = 1,1 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 1,32$	2,53 17,86
Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Протока», кА - минимальный режим - максимальный режим	$I_{поК2} = c \cdot U_{ном}/\sqrt{3} \cdot X_{эк}$ $I_{поК2min} = 1,0 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 8,62$ $I_{поК2max} = 1,1 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 1,5$	кА 2,48 15,62
Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного замыкания на шинах 6 кВ ПС «Протока» подведенное к напряжению 37кВ, кА - минимальный режим РПН _{max} - максимальный режим РПН _{ср} - максимальный режим РПН _{min}	$I_{поК3} = c \cdot U_{ном}/\sqrt{3} \cdot X_{эк}$ $I_{поК3min} = 1,0 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 20,27$ $I_{поК3} = 1,1 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 9,95$ $I_{поК3max} = 1,1 \cdot 37/\sqrt{3} \cdot 7,45$	кА 1,05 2,15 3,15
Начальное действующее значение периодической составляющей тока трехфазного замыкания на шинах 6 кВ ПС «Протока» подведенное к напряжению 6,3 кВ, кА - минимальный режим РПН _{max} - максимальный режим РПН _{ср} - максимальный режим РПН _{min}	$I_{поК3_6,3} = I_{поК3} \cdot (U_{вн}/U_{нн})$ $I_{поК3_6,3min} = 1,05 \cdot (37/6,3)$ $I_{поК3_6,3ср} = 2,15 \cdot (37/6,3)$ $I_{поК3_6,3max} = 3,15 \cdot (37/6,3)$	кА 6,19 12,62 18,52
Ударный ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Индустриальная», кА - минимальный режим - максимальный режим	$I_{удК1} = \sqrt{2} \cdot I_{поК1} \cdot K_{уд}$ $I_{удК1min} = \sqrt{2} \cdot 2,53 \cdot 1,8$ $I_{удК1max} = \sqrt{2} \cdot 17,86 \cdot 1,8$	кА 6,45 45,47

Продолжение таблицы 5

Наименование	Обозначение и расчетная формула	Значение для схемы замещения
Ударный ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Протока», кА - минимальный режим - максимальный режим	$I_{удК2} = \sqrt{2} \cdot I_{поК2} \cdot K_{уд}$ $I_{удК2min} = \sqrt{2} \cdot 2,48 \cdot 1,8$ $I_{удК2max} = \sqrt{2} \cdot 15,62 \cdot 1,8$	кА 6,31 39,77
Ударный ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Индустриальная» подведенное к напряжению 37кВ, кА - минимальный режим РПН _{max} - максимальный режим РПН _{ср} - максимальный режим РПН _{min}	$I_{удК3} = \sqrt{2} \cdot I_{поК3} \cdot K_{уд}$ $I_{удК3min} = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,8$ $I_{удК3ср} = \sqrt{2} \cdot 2,15 \cdot 1,8$ $I_{удК3max} = \sqrt{2} \cdot 3,15 \cdot 1,8$	кА 2,68 5,47 8,03
Ударный ток трехфазного замыкания на шинах 35 кВ ПС «Индустриальная» подведенное к напряжению 6,3кВ, кА - минимальный режим РПН _{max} - максимальный режим РПН _{ср} - максимальный режим РПН _{min}	$I_{удК3_6,3} = \sqrt{2} \cdot I_{поК3_6,3} \cdot K_{уд}$ $I_{удК3_6,3min} = \sqrt{2} \cdot 6,19 \cdot 1,8$ $I_{удК3_6,3} = \sqrt{2} \cdot 12,62 \cdot 1,8$ $I_{удК3_6,3max} = \sqrt{2} \cdot 18,52 \cdot 1,8$	кА 15,75 32,11 47,14

6 Выбор электрической схемы, электрооборудования и силового трансформатора на проектируемой подстанции 35/6 кВ «Протока»

6.1 Выбор электрической схемы и основного электрооборудования

Размещение оборудования в ЗРУ-35 кВ предусматривается на 2-ом этаже (отм.+3,900) на базе шкафов двухстороннего обслуживания К-65, которые устанавливаются на закладные элементы пола.

На рисунке 10 представлен план расположения шкафов К-65.

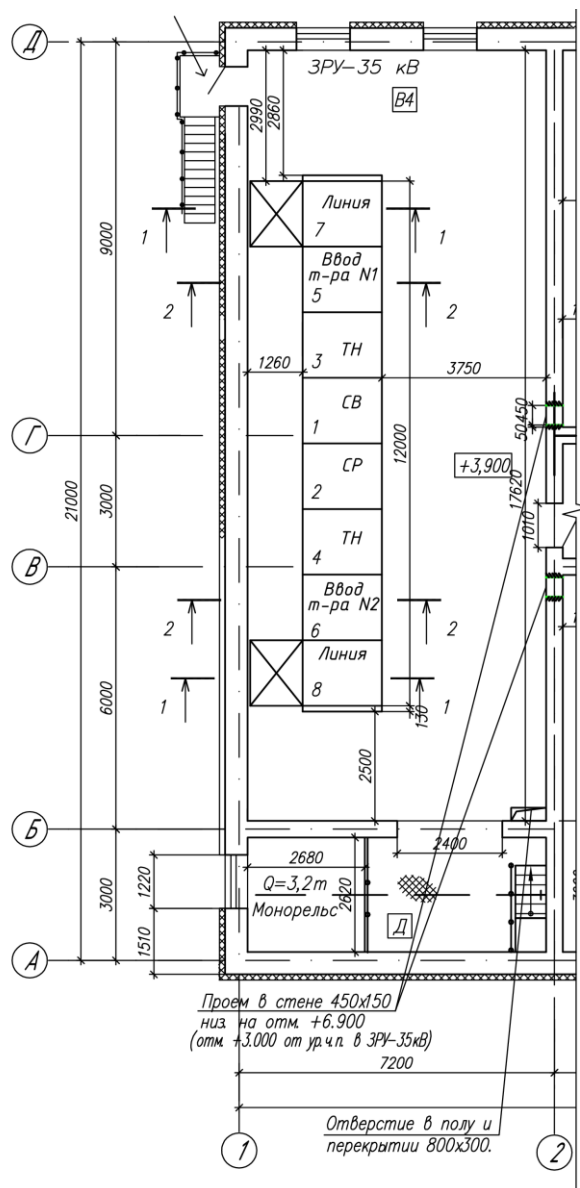


Рисунок 10 – План размещения шкафов К-65 на отм.+3,900

Комплектное распределительное устройство 35 кВ ПС «Протока» принято со схемой №35-5Н «два блока с выключателями и автоматической перемычкой со стороны линий» с установкой в перемычке выключателя [1], [16], [18]. В нормальном режиме трансформаторы работают отдельно.

В соответствии с принятой схемой распределительное устройство 35 кВ имеет две секции шин, секционированные выключателем. К ним присоединяются следующие шкафы:

- шкафы линий – К-65-62-20/1000-У3;
- шкафы вводов силовых трансформаторов К-65-15-20/1000-У3;
- шкафы трансформаторов напряжения - К-65-53-20/35-У3;
- шкафы секционного выключателя - К-65-30-20/1000-У3;
- шкафы секционного разъединителя - К-65-26-20/1000-У3.

На рисунке 11 представлен внешний вид шкафов серии К-65, производства ЗАО «ГК «Электрощит» - ТМ Самара [14].



Рисунок 11 – Общий вид шкафов серии К-65

Шкафы различных исполнений отличаются набором высоковольтных аппаратов по соответствующей схеме главных электрических соединений 35 кВ. В шкафах установлены вакуумные выключатели типа ЗАН5 314-2, с

пружинным приводом, производства Siemens [17], общий вид представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Общий вид вакуумного выключателя типа ЗАН5 314-2

Выключатели, устанавливаемые в ячейках №1,7,8 проверяется по следующим параметрам:

1) номинальному напряжению:

$$U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{сет.НОМ}}$$

$$U_{\text{НОМ}} = 35 \text{ кВ} = U_{\text{сет.НОМ}} = 35 \text{ кВ}$$

2) Номинальному длительному (рабочему) току:

$$I_{\text{раб.}} \leq I_{\text{НОМ.}}$$

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{НОМ.}}$$

$$I_{\text{раб}} = 263,9 \text{ А} \leq I_{\text{НОМ}} = 1250 \text{ А} ; I_{\text{max}} = 369,4 \text{ А} \leq I_{\text{НОМ}} = 1250 \text{ А} ,$$

$$\text{где } I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{т.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot 35} = \frac{16000}{60,621} = 263,9 \text{ А} , I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 35} = 369,4 \text{ А} ;$$

Таким образом, выбранный выключатель ЗАН5 314-2 удовлетворяет условиям выбора.

Номинальный ток трансформатора для ячеек №1,5,6,7,8 выбирается как можно ближе к рабочему току установки: $I_{\text{НОМ}} = 300 \text{ А}$ (недогрузка первичной обмотки ведет к росту погрешности).

Трансформатор тока выбирается по следующим условиям:

1) номинальному напряжению:

$$U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{сет.НОМ}}$$

$$U_{\text{НОМ}} = 35 \text{ кВ} = U_{\text{сет.НОМ}} = 35 \text{ кВ}$$

2) Номинальному длительному (рабочему) току:

$$I_{\text{раб}} \leq I_{1\text{НОМ}}$$

$$\text{где } I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{т.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot 35} = \frac{16000}{60,621} = 263,9 \text{ А} - \text{номинальный расчетный (рабочий)}$$

первичный ток (нагрузки) трансформатора тока.

$I_{1\text{НОМ}} = 300 \text{ А}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока [14],

$$I_{\text{раб}} = 263,9 \text{ А} \leq I_{1\text{НОМ}} = 300 \text{ А}.$$

Выбранные трансформаторы тока GI-36 «RITZ» удовлетворяют условиям выбора.

Высоковольтные аппараты в шкафах соединяются между собой с помощью шин. Между шкафами, соединения выполняются жесткими шинами.

Комплектное распределительное устройство 35 кВ имеет двухстороннее обслуживание. Для ввода кабелей 35 кВ предусмотрены закладные трубы.

Прокладка контрольных и силовых кабелей от шкафов К-65 до панелей управления, защиты и автоматики в ОПУ выполняется открыто по кабельным конструкциям и в кабельной шахте.

Для комплектации распределительного устройства 6 кВ предусматриваются высоковольтные шкафы внутренней установки типов К-61М (К-СЭЩ-61М) и К-63 (К-СЭЩ-63-1) полной заводской готовности, производства ЗАО «ГК «Электрощит» - ТМ Самара [14].

Распределительное устройство 6 кВ принято со схемой №6-1 «Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин» [1], [16], [18].

Шкафы вводных и секционных ячеек принимаются типа К-61М. Шкафы линий и ТН-6кВ принимаются типа К-63.

КРУ-6кВ расположено в два ряда, соединенных шинными мостами, как показано на рисунке 13.

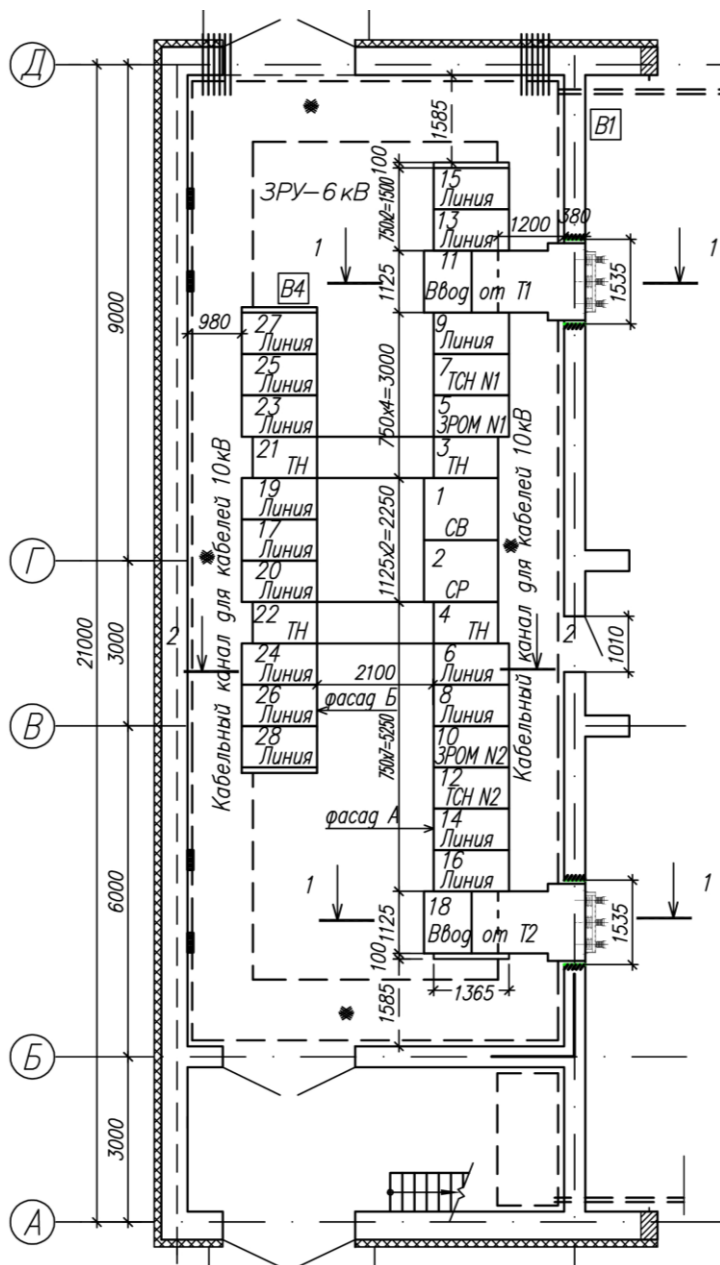


Рисунок 13 – План размещения шкафов К-61 на отм.+0,000

Распределительное устройство комплектуется следующими шкафами:

КРУ СЭЩ-61М-1

- шкафы вводов силовых трансформаторов – 01ВЭФ-2000/31,5 УХЛЗ;
- шкаф секционного выключателя – 19ВЭ-2000/31,5 УХЛЗ;
- шкаф секционного разъединителя – 36-2000/31,5 УХЛЗ.

КРУ СЭЩ-63-1

- шкаф линий – 08ВСА-630/20Э УЗ;
- шкафы трансформаторов напряжения – 25А-6/20УЗ.

На рисунке 14 представлен внешний вид шкафов серии К-61М и К-63 производства ЗАО «ГК «Электроцит» - ТМ Самара [14].



Рисунок 14 – Общий вид шкафов серии К-61М и К-63

В шкафах установлены вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-ЭЗ-10, с электромагнитным приводом, производства ЗАО «ГК «Электроцит» - ТМ Самара [14].

Выключатели, устанавливаемые в ячейках: секционный выключатель № 1, ввод трансформатора №1 (№11) и №2 (№18) проверяется по следующим параметрам:

- 1) номинальному напряжению:

$$U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{сет.НОМ}}$$

$$U_{\text{НОМ}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сет.НОМ}} = 6 \text{ кВ}$$

2) Номинальному длительному (рабочему) току:

$$I_{\text{раб.}} \leq I_{\text{НОМ.}};$$

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{НОМ.}};$$

$$I_{\text{раб}} = 1540 \text{ А} \leq I_{\text{НОМ}} = 2000 \text{ А}; I_{\text{max}} = 1848 \text{ А} \leq I_{\text{НОМ}} = 2000 \text{ А},$$

$$\text{где } I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{т.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{16000}{10,392} = 1540 \text{ А}, I_{\text{max}} = 1,2 \cdot \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 1848 \text{ А}.$$

Таким образом, выбранный выключатель ВВУ-СЭЩ-ЭЗ-10-31,5/2000 У2 удовлетворяет условиям выбора.

Номинальный ток трансформаторов в ячейках №11 и №18 выбирается как можно ближе к рабочему току установки: $I_{\text{НОМ}} = 2000 \text{ А}$

Трансформатор тока выбирается по следующим условиям:

1) номинальному напряжению:

$$U_{\text{НОМ}} \leq U_{\text{сет.НОМ}}$$

$$U_{\text{НОМ}} = 6 \text{ кВ} = U_{\text{сет.НОМ}} = 6 \text{ кВ}$$

2) Номинальному длительному (рабочему) току:

$$I_{\text{раб}} \leq I_{1\text{НОМ}6\text{кВ}}$$

$$\text{где } I_{\text{раб}} = \frac{S_{\text{т.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot 6} = \frac{16000}{10,392} = 1540 \text{ А} \quad - \quad \text{номинальный расчетный}$$

(рабочий) первичный ток (нагрузки) трансформатора тока. Соответственно $I_{1\text{НОМ}6\text{кВ}} = 2000 \text{ А}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока [14],

$$I_{\text{раб}} = 1540 \text{ А} \leq I_{1\text{НОМ}6\text{кВ}} = 2000 \text{ А}.$$

Выбранные трансформаторы тока ТЛШ-10-5-2000/5 удовлетворяют условиям выбора.

Комплектное распределительное устройство 6 кВ (КРУ-6 кВ) имеет двухстороннее обслуживание. Все отходящие линии от ЗРУ-6кВ линии – кабельные. Для вывода кабелей вдоль камер предусмотрены каналы, из

которых кабели, через заложенные в фундаментах трубы, выводятся наружу зданий, для дальнейшей прокладки к потребителям.

Технические характеристики комплектных распределительных устройств КРУ-35 и 6 кВ представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики распределительного устройства КРУ-35 и 6 кВ

Тип КРУ	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА
К-61М	81	31,5
К-63	51	20
К-65	51	20

Сведем полученные технические характеристики высоковольтного оборудования, встраиваемого в КРУ-35 и 6 кВ в таблицу 7.

Таблица 7 – Технические характеристики высоковольтного оборудования, встраиваемого в КРУ-35 и 6 кВ

Наименование	Тип	Ток электродинамической стойкости, кА	Ток термической стойкости, кА
Выключатели вакуумные	ВВУ-СЭЩ-Э3-10-20(31,5)	51(81)	20(31,5)
	ЗАН5 314-2	63	25
Трансформаторы тока	ТЛШ-10-5, $I_{н1}=2000(1000)A$	-	31,5
	ТОЛ-СЭЩ-10-61 $I_{н1}=200(2000)A$	50(100)	20(40)
	ТОЛ-СЭЩ-10-24, $I_{н1}=50A$	50	20
	GI-36 «RITZ», $I_{н1}=300A$	75	30

6.2 Выбор силового трансформатора 35/6 кВ

Силовые трансформаторы выбираются согласно требованиям технических условий [1] не менее 2х16 МВА с РПН, так как потребители

относятся ко 2-й категории надежности электроснабжения, как правило, питание таких потребителей, должно осуществляться от 2 независимых источников, т.е. требуется установка не менее двух трансформаторов [1; 9].

К установке принимаем силовые трехфазные двухобмоточные масляные трансформаторы ТДНС-16000/35/6 У1 с принудительной циркуляцией воздуха и естественным охлаждением на трансформаторном масле, с регулированием под нагрузкой на стороне ВН в диапазоне $\pm 8 \times 1,5\%$

Условное обозначение ТДНС:

Т – трехфазный;

Д – принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла;

Н – регулирование напряжения под нагрузкой;

С – для собственных нужд ПС;

16000 – номинальная мощность, кВА;

35 – класс напряжения обмотки ВН, кВ;

У1 – климатическое исполнение

Технические параметры трансформатора ТДНС-16000/35/6 У1 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические параметры трансформатора ТДНС-16000/35/6 У1

Номинальная мощность трансформатора ТДНС, МВА		16
Номинальное напряжение, кВ	ВН	37
	НН	6,3
Диапазон регулирования напряжения, %	РПН _{макс}	12
	РПН _{мин}	-12
Напряжение короткого замыкания, %	РПН _{макс}	11
	РПН _{ном}	10
	РПН _{мин}	9,1
Напряжения ответвлений, кВ	РПН _{макс}	41,16
	РПН _{сред}	36,75
	РПН _{мин}	32,34

Трансформаторы устанавливаются на фундаменты внутри камер, как показано на рисунке 15. Камеры оборудованы вентиляцией для отвода излишков тепла.

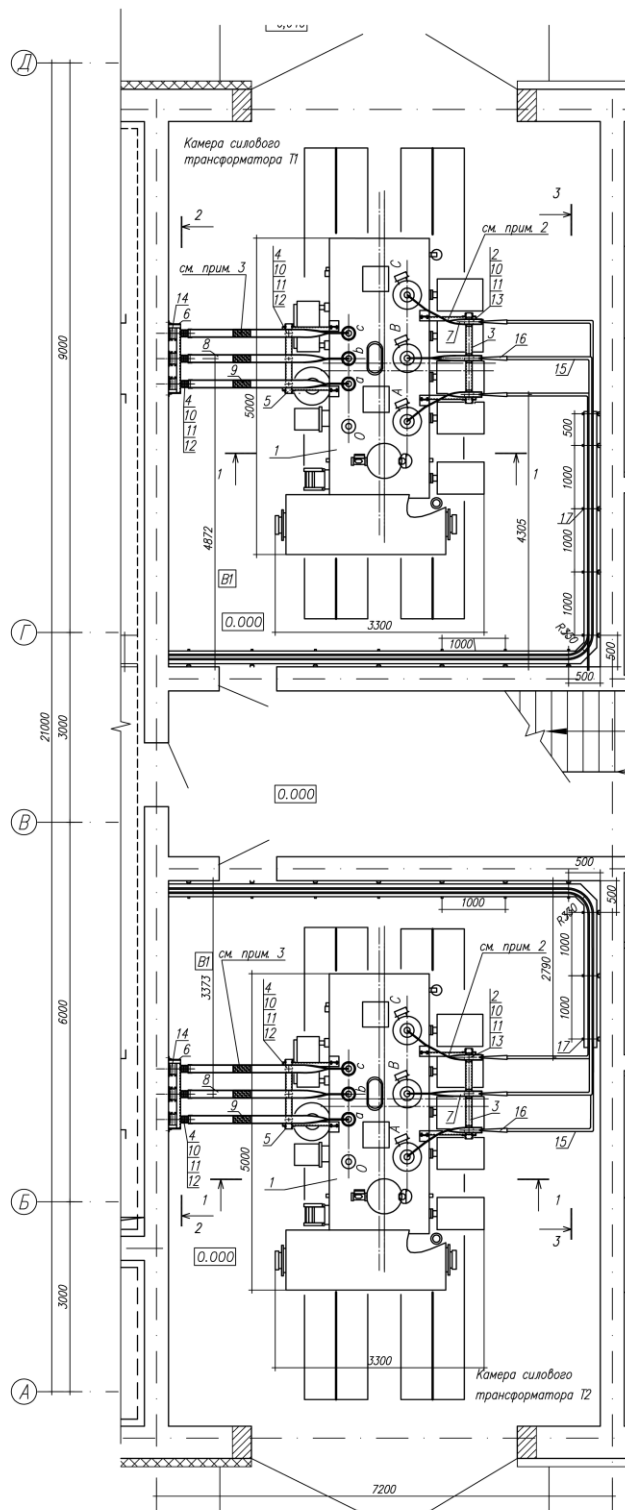


Рисунок 15 – План расположения силовых трансформаторов на отм.+0,000

Выкатка трансформаторов для ремонта или замены предусматривается через ворота по специальным рельсам, проложенным по фундаменту.

Для предотвращения растекания масла при аварии под каждым трансформатором предусматривается маслоприемник, рассчитанный на полный объем масла, находящегося в баке трансформатора. От каждого маслоприемника предусматривается отвод масла в маслосборники, которые находятся снаружи здания подстанции.

Откачка масла из маслосборника предусматривается переносным насосом.

Ошиновка ВН 35 кВ трансформаторов предусматривается алюминиевыми шинами сечением 80х8мм по опорным изоляторам конструкции установленной на трансформаторе, далее одножильными кабелями на вводные ячейки КРУ-35 кВ.

В результате подбора силовых трансформаторов, к установке принимаем силовые трансформаторы ТДНС-16000/35/6 У1.

7 Собственные нужды и выбор оперативного тока проектируемой подстанции

Для обеспечения потребителей собственных нужд используется переменный ток напряжением 380/220В.

Ориентировочные данные о мощности и потреблении на собственные нужды подстанции сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Электрические нагрузки собственных нужд подстанции

№ п/п	$P_{устав}$, кВт	$P_{расч.}$, кВт	$I_{расч.}$, А
ТСН 1	79,3	44,9	108,7
ТСН 2	44,1	34,4	62,5
Итого в аварийном режиме	123,4	77,6	164,6

На основании полученных нагрузок в камерах трансформаторов собственных нужд устанавливаются сухие трансформаторы марки ТСЗ-160/6/0,4 кВ, производства ЗАО «ГК «Электрощит» - ТМ Самара [14].

Работа трансформаторов собственных нужд (далее - ТСН) мощностью 160кВА предусмотрена по схеме неявного резерва с АВР на стороне 380/220В.

Схема собственных нужд переменного тока предназначена для питания наружного и внутреннего освещения, приводов РПН, электроотопления, вентиляции, охлаждения силового трансформатора, основного питания оборудования связи, зарядно-выпрямительных устройств. Для распределения электроэнергии устанавливаются комплектные щиты переменного тока ШСН8300, выпускаемых ЗАО «ЧЕАЗ» [19].

Оперативный ток на подстанции принят – постоянный, напряжением 220В. Источником питания служит аккумуляторная батарея типа OLDAM 12V125F из 108 элементов напряжением 2,15В каждый [20]. Батарея имеет ничтожно малое выделение газа при нормальной работе, что позволяет

отказаться от принудительной вентиляции. Аккумуляторные батареи устанавливаются в отдельном помещении.

Степень рекомбинации газов составляет более 95%.

Каждый элемент батареи оборудован предохранительным клапаном для аварийного выхода газов в случае возникновения избыточного давления газов.

Элементы батареи устанавливаются на стеллажах и соединяются между собой жесткими шинами. Щит постоянного тока подключается к батарее кабелем с медными жилами.

Батарея работает в режиме постоянного подзаряда без элементного коммутатора.

В качестве зарядно-подзарядных агрегатов применены стабилизированные выпрямительные агрегаты типа OLDAM HPT 40.220XS [20].

Организация постоянного оперативного тока для питания электромагнитов включения, сети управления и сигнализации, терминалов РЗА предусматривается со шкафа постоянного тока серии ШСН8200, производства ЗАО «ЧЕАЗ» [19].

Для дублирования питания потребителей постоянного тока шины шкафов разделены на две секции, соединенные рубильником.

Для повышения надежности питания потребителей оперативного постоянного тока их разделяют на группы (сеть питания электромагнитов, сеть управления, защиты автоматики, сеть сигнализации), каждая из которых подключается не менее, чем двумя взаимно резервируемыми линиями к разным секциям шкафов постоянного тока.

В шкафах серии ШСН 8200 предусмотрены:

- контроль и индикация токов;
- контроль и индикация напряжений;
- сигнализация состояния оборудования ЩПТ;

- формирование дискретных сигналов с помощью «сухих» контактов коммутационных аппаратов и реле;

- формирование аналоговых сигналов с помощью модулей преобразователя тока и напряжения с преобразованием в стандартный выходной сигнал 4...20 мА или 0..20 мА;

- формирование с помощью измерительных преобразователей тока и напряжения аналогового токового сигнала 4...20 мА, 0...20 мА или 0...5 мА.

По полученным нагрузкам собственных нужд проектируемой подстанции, выбраны трансформаторы марки ТСЗ-160/6/0,4 кВ, для распределения электроэнергии приняты щиты переменного тока ШСН8300.

Для организации постоянного оперативного тока приняты к установке батареи типа OLDAM 12V125F из 108 элементов, с зарядно-подзарядными агрегатами типа OLDAM НРТ 40.220XS и шкафом постоянного тока ШСН8200.

8 Релейная защита и автоматика проектируемой подстанции

Система РЗА принята из условия отдельной работы системы по стороне 35 кВ и 6 кВ с использованием терминалов на микропроцессорной базе типа «Релематика» TOP-200 [22], внешний вид представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Внешний вид терминала TOP-200

Защита и автоматика присоединений 35 кВ выполняется в релейных шкафах ячеек К-65, присоединений 6 кВ в релейных шкафах К-61М и К-63.

Для защиты трансформатора от многофазных замыканий в обмотках и на выводах предусматривается дифференциальная защита. Максимальная токовая защита предусматривается для защиты трансформатора от токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ. В этих шкафах на базе устройства «TOP 200-Т» выполняется газовая защита трансформатора от витковых замыканий в обмотках и понижения уровня масла, первая ступень, которой действует на отключение трансформатора, вторая ступень – на сигнал. Для защиты контакторного устройства РПН предусматривается газовая защита РПН.

На секционных выключателях 35 кВ и 6 кВ предусматривается максимальная токовая защита, АВР.

На вводных выключателях предусматривается максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению, защита минимального напряжения.

На каждой секции шин предусматривается дуговая защита с контролем тока, выполненная на волоконно-оптических датчиках, логическая защита шин, сигнализация замыканий на землю. Для линий к ТСН и ЗРОМ также предусматривается защита от перегрузки.

На отходящих линиях 6 кВ проектом предусматриваются 3-х ступенчатая направленная токовая защита от междуфазных замыканий, защита от замыканий на землю.

На каждом выключателе 35кВ и 6 кВ предусматривается устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ).

Микропроцессорные защиты позволяют задавать уставки в широком диапазоне и производить отстройку от токов нагрузки в любых режимах.

Для защиты цифровых устройств РЗА от электромагнитных воздействий электрооборудования применяются экранированные кабели.

С целью компенсации емкостной составляющей тока при однофазных замыканиях на «землю» приняты реакторы, заземляющие дугогасящие масляные РЗДПОМА-300/6 У1 мощностью 300 кВА на емкостных ток от 4 до 40 Ас системой управления «САНК» в комплекте с высоковольтным конденсатором КЭК-6-0,04.

Реакторы снабжены обмоткой управления и являются универсальными – настройка реактора в резонанс с емкостью сети осуществляется блоком автоматического регулирования БАУДР, устанавливаемого в камерах ЗРОМ.

Управляемые реакторы подключаются к РУ-6кВ через фильтры нулевой последовательности мощностью 310 кВА.

Отклонение вольтамперной характеристики реактора от линейной при номинальном напряжении и максимальном токе не превышает 5%.

Устройство автоматики предусматривается в следующем объеме:

- автоматическое включение резерва (АВР) на секционных выключателях 35 и 6 кВ;

- для возможности разгрузки энергосистемы при резком понижении частоты предусматривается отключение выключателей линий 6 кВ устройствами автоматической частотной разгрузки (АЧР), устройство АЧР выполнено на четыре очереди на каждой секции шин 6 кВ. При восстановлении частоты функция ЧАПВ возвращает схему в нормальный режим работы. Для реализации функций АЧР и ЧАПВ в помещении ОПУ предусматривается двухтерминальный шкаф «Бреслер ШН 2420.14 20.14».

- на силовых трансформаторах предусматривается автоматическое регулирование напряжения трансформатора (АРНТ), АРНТ реализуется на базе МПУ TOP-200P, устанавливаемого в левом релейном шкафу ячейки ввода 35 кВ К-65, автоматика устройств охлаждения;

- постоянное измерение тока, напряжения, активной, реактивной и полной мощности;

Управление всеми выключателями 35 и 6 кВ предусмотрено дистанционно с панелей управления, установленных в ОПУ, местный – с фасадов ячеек КРУ.

Режим работы подстанции предусматривается с отдельной работой силовых трансформаторов, т.е. в нормальном положении секционные выключатели 35 и 6 кВ отключены.

В результате подбора оборудования системы РЗиА к установке приняты терминалы типа TOP-200, для реализации функций АЧР и ЧАПВ предусматривается двухтерминальный шкаф «Бреслер».

9 Молниезащита и заземление проектируемой подстанции

Для защиты персонала от поражения электрическим током предусматривается заземление металлических нетоковедущих частей электрооборудования, могущих оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции.

Внутренняя сеть заземления (магистраль) предусматривается из стальной полосы 4x40мм, прокладываемой по стенам всех помещений на высоте 0.4 м от уровня пола с подключением к ней металлоконструкций оборудования.

Места соединений стыков после сварки должны быть в помещении окрашены, в земле покрыты битумным лаком. В местах прохода заземлителя через стены и перекрытия установить гильзы, выполненные из стальной трубы диаметром 65 мм.

Соединения заземляющих устройств и присоединения их к оборудованию должны быть доступны для осмотра.

В качестве магистрали заземления использовать все опорные металлоконструкции. Для этой цели все опорные металлоконструкции в местах стыков и в торцах должны быть соединены электросваркой между собой полосовой сталью 4x40мм.

Все аппараты и приборы, установленные в камерах КРУ, заземлены. На фасаде камер в нижней части имеется зажим заземления.

Заземляющее устройство (далее - ЗУ) выполняется на глубине 1м от поверхности земли и на расстоянии 1м от фундамента по периметру с помощью заглубленных вертикальных заземлителей (сталь угловая 50x50x5, длиной 3 м), соединенных горизонтальным заземлителем (полосовая сталь 5x40мм).

Заземляющее устройство соединяется с магистралью заземления. Ввод в здание осуществляется в стальной трубе диаметром 65 мм. Концы трубы

после прокладки заземляющего проводника уплотнить с обоих концов густым раствором глины.

Заземляющее устройство рассчитано по сопротивлению растекания и не превышает 2 Ом.

У места ввода заземляющего проводника в здание устанавливается опознавательный знак.

Ограждение подстанции к ЗУ не присоединяется.

Молниезащита подстанции «Протока» выполняется по II уровню защиты объекта от прямых ударов молнии (далее – ПУМ) согласно [21] молниеприемной сеткой на кровле здания с шагом не более 6х6м. Для этого используют металлические элементы кровли и токоотводы по периметру здания. Токоотводы присоединяются к заземляющему устройству ПС.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работа бакалавра выполнено проектирование электрической части понизительной подстанции 35/6 кВ «Протока». Произведен анализ электрических нагрузок проектируемой подстанции и выбраны к установке два трансформатора марки ТДНС-16000/35/6, которые удовлетворили требованиям.

Так же спроектирована соответствующая электрическая схема подстанции, отвечающая надежности электроснабжения потребителей 2-й категории. На стороне 35кВ выбрана схема 35-5Н «мостик с выключателями в цепях линий». Распределительное устройство 6 кВ принято со схемой №6-1 «Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин».

Выбрано оборудование ПС – КРУ-35кВ и КРУ-6кВ. На стороне 6 кВ к установке приняты ячейки типа КРУ СЭЩ-61М-1 и КРУ СЭЩ-63-1.

Расчитаны значения токов трехфазного КЗ и значения ударных токов КЗ в максимальном и минимальном режиме работы.

Выбрана двухцепная кабельная линия 35 кВ, каждая цепь выполнена одножильным кабелем уложенных треугольником с алюминиевой жилой с изоляцией из сшитого полиэтилена марки АПвПг-1х240/50-35.

Определены основные конструктивные решения подстанции, в части размещения проектируемой ПС 35/6 кВ «Протока» и архитектурные решения здания, с последующим выбором цветового решения фасадов.

Для питания собственных нужд выбран переменный ток напряжением 380/220В. Выбраны трансформаторы собственных нужд марки ТСЗ-160.

Система РЗА принята с использованием терминалов на микропроцессорной базе типа «Релематика» TOP-200.

Выбрано молниезащита от прямых ударов молнии и заземление подстанции.

В конечном итоге данную работу можно охарактеризовать как совокупность прогрессивных методов, технологий и систем проектирования.

Список используемых источников

1. Технические условия №15/811-352 от 13.05.2019 г. на технологическое присоединение к электрической сети АО «ДРСК» для электроснабжения потребителей жилого микрорайона «Строитель»: филиал АО «ДРСК» ХЭС, Хабаровск. 2019. 5 с.
2. Технические условия на благоустройство №473 от 14.06.2019 г. выданные управлением дорог и внешнего благоустройства. 2019. 2 с.
3. Протокол АО «ХЭТК» Служба экологического мониторинга от 22.05.019г. 2019. 3 с.
4. Письмо от филиала АО «ДРСК» «ХЭС» о согласовании принципиальной схемы РУ-35кВ,6кВ №1282/СПР от 15.06.2019 г. 2019. 1 с.
5. Постановление Администрации г. Хабаровска об утверждении документации по планировке территории в границах улиц Юнгов – П.Л. Морозова – Флегонтова №3127 от 13.04.2019г. 2019. 8 с.
6. Договор аренда земельного участка для комплексного освоения от 18.01.2019г. 2019. 12 с.
7. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://оскс.ru/wp-content/standart/34-20-185-94.pdf> (дата обращения 31.12.2019).
8. Настольная книга проектировщика. Силовые кабели. Камкабель. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.kamkabel.ru/netcat_files/userfiles/pechatniy%20catalog/www_KAM_KABEL_POWER.pdf (дата обращения 30.12.2019).
9. Правила устройства электроустановок. Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции. Главы 2,3 4.1, 4.2 [Электронный ресурс]. – 7-е изд. – Электрон. текстовые данные. М.: ЭНАС, 2013. 104 с.

10. Огнезащитная паста для кабеля ОГРАКС-ВВ [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.ograx.ru/products/cable/vv/> (дата обращения 30.12.2019).
11. Муфты 35кВ POLT-42E/1XI-L12 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.raychem.org> (дата обращения 30.12.2019).
12. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (СТ СЭВ 3916-82). – Взамен ГОСТ 14209-69; введ. 1985–07–01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 37 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14209-85> (дата обращения 30.12.2019).
13. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. введ. 2007–04–09. – М.: Стандартиформ, 2007. – 45 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://esistems.ru/wp-content/uploads/2016/08/ГОСТ-Р-52719-2007.pdf> (дата обращения 30.12.2019).
14. ЗАО «ГК «Электрощит» - ТМ Самара». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electroshield.nt-rt.ru> (дата обращения 31.12.2019).
15. ГОСТ 21.101 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. [Электронный ресурс]. – Введ. 1997– Режим доступа : <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294851/4294851519.pdf> (дата обращения 30.12.2019).
16. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35–750 кВ. Типовые решения [Электронный ресурс]. – Введ. 2007–12–20. – Режим доступа: <http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.30.010-2008.pdf> (дата обращения 30.12.2019).
17. Каталог НГ 11.05 ЗАН5 314-2 Вакуумные выключатели типа [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://p-te.ru/wp-content/uploads/2017/07/siemens/katalog-3an5-2010.pdf> (дата обращения 31.12.2019).

18. СТО 56947007-29.240.10.248-2017. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС) [Электронный ресурс]. – Введ. 2017–08–25. – Режим доступа: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.240.10.248-2017.pdf (дата обращения 31.12.2019).
19. Шкафы ШСН8200, ШСН8300 ЗАО «ЧЕАЗ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.cheaz.ru/products/> (дата обращения 31.12.2019).
20. Ольдам Франс [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://ольдам.рф> (дата обращения 31.12.2019).
21. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. 1987. 32 с.
22. Терминал релейной защиты и автоматики ТОР-200 [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://relematika.ru/produkty/terminal_rza_tor_200/tor_200/ (дата обращения 31.12.2019).
23. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: ИНФРА-М, 2017. 262 с.
24. Кулеева Л.И. Проектирование подстанции [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.И. Кулеева, С.В. Митрофанов, Л.А. Семенова. – Электрон. текстовые дан. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. 111 с.