

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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ Понижающей трансформаторной  
подстанции напряжением 110/10 кВ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 536

Екатеринбург 2017

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭС  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОНИЖАЮЩЕЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110/10 кВ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по  
отраслям)  
профиль подготовки «Энергетика»  
профилизации «Энергохозяйство предприятий, организаций,  
учреждений и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 536

Исполнитель:  
студент группы ЗЭС-403С \_\_\_\_\_ Б.Р.Сахаутдинов

Руководитель:  
старший преподаватель кафедры ЭС \_\_\_\_\_ Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:  
ст. преподаватель кафедры ЭС \_\_\_\_\_ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 59 странице, содержит 5 рисунка, 13 таблиц, 25 источников литературы.

Ключевые слова: ТРАНСФОРМАТОР, АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, КОМПЛЕКСНОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, ЗАКРЫТОЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО, ЭЛЕГАЗОВЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ.

*Областью исследования* выпускной квалификационной работы является проектировка понижающей трансформаторной подстанции напряжением 110/10 кВ для обеспечения электроснабжением потребителей.

*Предметом исследования* является полный расчет коммутационной аппаратуры, выбор оборудования по данным расчета и по номинальным параметрам.

*Целью* выпускной квалификационной работы является спроектировать комплектную трансформаторную подстанцию.

*Задачи:*

- выбрать аппараты защиты и распределительные устройства;
- выбрать кабель питания потребителей;
- выбрать понижающий трансформатор 110/10 кВ.

Произведён выбор аппаратов защиты и распределительных установок. Рассмотрена охрана экологии при строительно-монтажных работах на установке трансформаторной подстанции.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 РАСЧЁТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ .....	8
1.1 Определение токов короткого замыкания на шинах высокого и низкого напряжения для выбора оборудования подстанции.....	11
1.2 Выбор оборудования распределительных ячеек .....	12
1.3 Расчёт и выбор трансформатора 110/10 кВ.....	15
1.4 Выбор трансформаторов тока .....	18
1.5 Выбор трансформаторов напряжения .....	20
1.6 Расчет сечение кабельной линии подстанции .....	21
1.7 Расчет и выбор колонковых выключателей.....	23
2 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	26
2.1 Расчет заземляющего устройства подстанции.....	26
2.2 Расчет грозозащитного заземления подстанции.....	28
2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.....	31
3 БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/10 кВ .....	32
3.1 Пожарная безопасность.....	34
3.2 Первая медицинская помощь при несчастных случаях .....	36
3.3 . Характеристика условий труда.....	38
3.4 Экологическая безопасность.....	39
4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТРАНСФОРМАТОРОВ .....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	59

## ВВЕДЕНИЕ

Нашу жизнь делают проще и интереснее множество электронных устройств, которые окружают нас везде: дома, на работе, на отдыхе. Такие устройства как телевизор, мобильный телефон, компьютер стали нашими неотъемлемыми помощниками. Используя их, мы даже не задумываемся как они работают, из чего они состоят. А существуют множество составных частей этих устройств, без которых их работа была бы в принципе невозможна. Одной из таких составных частей является трансформатор.

Это универсальное устройство используется как в аппаратуре, так и является одной из главных составляющих в системе передачи электроэнергии на расстояние. Трудно назвать электронное устройство где бы не использовался трансформатор.

В 1831 году английским физиком Майклом Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, которое легло в основу работы трансформатора. В этом же году появилось его схематическое изображение. Хотя Фарадей в своих опытах и использовал подобие современного трансформатора, однако основное свойство трансформатора – трансформация токов и напряжений, было открыто позже.

В 1848 году французским механиком Г. Румкорфом была изобретена индукционная катушка (индуктивность) – прообраз трансформатора.

Датой же рождения первого трансформатора считается 30 ноября 1876 года, когда русский изобретатель П. Н. Яблочков получил патент на трансформатор с разомкнутым сердечником. Это был стержень с намотанными на него обмотками.

В 1884 году в Англии братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсонами был создан первый трансформатор с замкнутым сердечником.

В конце 1880-х инженером Д. Свинберном было изобретено масляное охлаждение трансформатора – это повысило надежность и долговечность его обмоток.

В 1889 году русский электротехник М. О. Доливо-Добровольский вместе с предложенной им трехфазной системой переменного тока создал первый трехфазный трансформатор.

Дальнейшее развитие трансформаторов сводилось к усовершенствованию материала сердечника, что позволило снизить потери и значительно увеличить эффективность трансформаторов.

В настоящее время человек не может представить свою жизнь без удобств цивилизации. Мы зависим от потребления пищи, которую каждый из нас может приготовить в домашних условиях. В каждом доме и квартире установлены водопроводные краны, отопление, электрические плиты и большое множество электроприборов. Все они работают от электричества, но разница в том что оно не большого напряжения. Если даже представить что к нам в дом поступает электричество напрямую от гидроэлектростанции или атомной электростанции, то от напряжения гудел бы весь дом, расход электроэнергии был бы очень маленький. Такое напряжение очень большое для одного дома, поэтому устанавливают понижающие трансформаторные подстанции. Они понижают напряжение для нужного питания электроприемников. Вы можете сказать а почему бы сразу с электростанции не получать нужное напряжение для электроприборов? Дело в том что по прохождению током какое либо расстояние по проводам он теряет часть напряжения. В этом случае он бы до потребителей не доходил бы. В моей квалификационной работе я хотел бы рассказать про её устройство и новое более экономичное оборудование, которое разработали и используют в настоящее время.

*Объект исследования* выпускной квалификационной работы является проектировка понижающей трансформаторной подстанции напряжением 110/10 кВ для обеспечения электроснабжением потребителей.

*Предметом исследования* является полный расчет коммутационной аппаратуры, выбор оборудования по данным расчета и по номинальным параметрам.

*Целью* выпускной квалификационной работы является спроектировать комплектную трансформаторную подстанцию, отвечающую всем новейшим правилам и требованиям.

*Задачи:*

- выбрать аппараты защиты и распределительные устройства;
- выбрать кабель питания потребителей;
- выбрать понижающий трансформатор 110/10 кВ.

## **1 РАСЧЁТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ**

Трансформаторная подстанция электроустановка, предназначенная для приема, преобразования (повышения или понижения) напряжения в сети переменного тока и распределения электроэнергии в системах электроснабжения потребителей сельских, поселковых, городских, промышленных объектов. Состоит из силовых трансформаторов, распределительного устройства, устройства автоматического управления и защиты, а также вспомогательных сооружений.

Трансформаторные подстанции классифицируются на повышающие и понижающие. Повышающие трансформаторные подстанции (сооружаемые обычно при электростанциях) преобразовывают напряжение, вырабатываемое генераторами, в более высокое напряжение (одного или нескольких значений), необходимое для передачи электроэнергии по линиям электропередачи (ЛЭП). Понижающие трансформаторные подстанции преобразуют первичное напряжение электрической сети в более низкое вторичное.

В зависимости от назначения и от величины первичного и вторичного напряжений понижающие трансформаторные подстанции подразделяются на районные, главные понижающие и местные (цеховые). Районные трансформаторные подстанции принимают электроэнергию непосредственно от высоковольтных ЛЭП и передают её на главные понижающие трансформаторные подстанции, а те (понижив напряжение до 6, 10 или 35 кВ) на местные и цеховые подстанции, на которых осуществляется последняя ступень трансформации (с понижением напряжения до 690, 400 или 230 В) и распределение электроэнергии между потребителями.

Трансформаторные подстанции изготавливают, как правило, на заводах и доставляют на место установки в полностью собранном виде или же отдельными блоками. Такие трансформаторные подстанции называют комплектными или КТП.



В данной работе разработана комплексная трансформаторная подстанция с понижающими трансформаторами.

### *Расчёт кабеля питания для потребителей*

К понижающей трансформаторной подстанции 110/10 кВ подключены потребители 2 категории, обозначим каждый из них порядковым номером. Потребляемая мощность каждого из них: 1 – 2 МВт, 2 – 3 МВт, 3 – 4 МВт, 4 – 5 МВт, 5 – 6 МВт, 6 – 4 МВт, 7 – 2 МВт, 8 – 2 МВт.

В закрытом распределительном устройстве для удобства обслуживания выбираем ячейки одной модификации.

Вычислим общую мощность потребителей по формуле 1.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 = 28 \text{ МВт}, \quad (1)$$

где  $P$  – общая мощность потребителей, МВт.

Разделим потребляющую мощность на 2 секции потребителей: А – (1–4) – 14 МВт, Б – (5–8) – 14 МВт.

Рассчитаем сечения кабеля для каждого потребителя.

$$I_{p1} = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 115,5 \text{ А}, \quad (2)$$

где  $I_{p1}$  – расчётный ток первого потребителя, А;

$P_1$  – потребляемая мощность первого потребителя, МВт.

По таблице токовых нагрузок выбираем сечение 25 мм<sup>2</sup> (для него допустимый ток 133А). Согласно указаниям ГОСТа 31996—2012 выбранное значение тока нужно умножить на коэффициент 0,93.

$$0,93 \cdot I_{p1} = 0,93 \cdot 115,5 = 107,4 \text{ А}. \quad (3)$$

Что допустимо для нашей нагрузки (расчетного тока). Данные по расчёту формул 2 и 3 занесём в таблицу 1.

Таблица 1- Расчёт кабелей потребителя

Ячейки	Потребляемая мощность, МВт	Ток линии, А	Сечение кабеля питания в земле, мм <sup>2</sup>	Расчётный ток, А	Марка кабеля
1	2	115,5	25	107,4	СБ 3х25
2	3	173,2	50	161	СБ 3х50
3	4	231	70	215	СБ 3х70
4	5	289	120	268,8	СБ 3х120
5	6	346,4	150	322	СБ 3х150
6	4	231	70	215	СБ 3х70
7	2	115,5	25	123,7	СБ 3х25
8	2	115,5	25	123,7	СБ 3х25

Для прокладки в земле выбираем кабель марки СБ – со свинцовой броней, который предназначен для прокладки в земле. Схема состава кабеля СБ показана на рисунке 1.

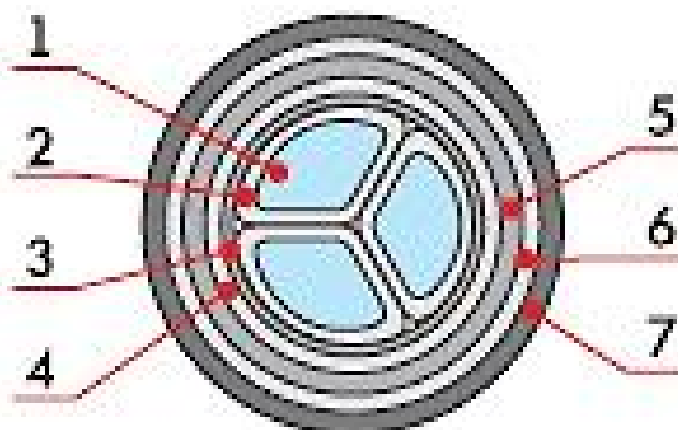


Рисунок 1 – Схема кабеля СБ

1 – жила однопроволочная или многопроволочная медная, 2 – пропитанная бумажная изоляция фазная, 3 – пропитанная бумажная изоляция поясная, 4 – свинцовая оболочка, 5 – подушка, 6 – броня из стальных лент или проволок, 7 – наружный покров.

Из таблицы 2 выбираем сечения кабеля по расчётному току нагрузки.

Таблица 2 - Допустимая токовая нагрузка на провода и кабели

Сечение токопроводящих жил, мм <sup>2</sup>	Ток нагрузки на медные провода и кабели, А			
	одножильный		многожильный	
	на воздухе	в земле	на воздухе	в земле
1,5	22	30	21	27
2,5	30	39	27	36
4	39	50	36	47
6	50	62	46	59
10	68	83	63	79
16	89	107	84	102
25	121	137	112	133
35	147	163	137	158
50	179	194	167	187
70	226	237	211	231
95	280	285	261	279
120	326	324	302	317
150	373	364	346	358
185	431	412	397	405

### 1.1 Определение токов короткого замыкания на шинах высокого и низкого напряжения для выбора оборудования подстанции

Находим ток трехфазного КЗ и ударный ток КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{E_{\text{ЭКВ.}}}{X_9} = \frac{69,86}{15,4} = 4,54 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial.} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 4,54 \cdot 1,717 = 11,02 \text{ кА},$$

где  $K_{y\partial}=1,717$ —ударный коэффициент при постоянной времени затухания апериодической составляющей тока КЗ  $\tau_a = 0,03\text{с}$  (для системы связанной со сборными шинами, где рассматривается КЗ с ВЛ-110 кВ., расчет токов КЗ производится при разной работе схемы:

- раздельная работа трансформаторов:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{E_{\text{ЭКВ.}}}{X_9 + X_{TB} + X_{TH}} \cdot \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{69,86}{15,4 + 4,34 + 60,75} \cdot \frac{115}{10,5} = 9,51 \text{ кА};$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 9,51 \cdot 1,818 = 24,45 \text{ кА};$$

- параллельная работа трансформаторов:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{E_{ЭКВ.}}{X_9 + (X_{ТВ} + X_{ТН})/2} \cdot \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = \frac{69,86}{15,4 + (4,34 + 60,75)/2} \cdot \frac{115}{10,5} = 15,96 \text{ кА};$$

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot I_{K3}^{(3)} \cdot k_{уд} = \sqrt{2} \cdot 15,96 \cdot 1,818 = 41,03 \text{ кА}.$$

Для дальнейшего выбора оборудования использую значения:

- на стороне 110 кВ  $I_{по} = 4,54 \text{ кА}$ ,  $i_{уд} = 11,02 \text{ кА}$ ;

- на стороне 10 кВ  $I_{по} = 15,96 \text{ кА}$ ,  $i_{уд} = 41,03 \text{ кА}$ .

## 1.2 Выбор оборудования распределительных ячеек

Для закрытых распределительных устройств применяют уже скомпонованные комплектные распределительные устройства (КРУ). Комплектные распределительные устройства представляют сложное электротехническое оборудование, предназначенное для приема и распределения электроэнергии. В состав распределительных устройств может входить вакуумный выключатель, шины сборного и соединительного назначения, элементы, предназначенные для измерения и учета, а также релейная защита и автоматика.

Комплектные распределительные устройства (КРУ) предназначены для общепромышленного применения и могут использоваться в распределительных устройствах электрических станций всех видов, на электрических подстанциях, в электроустановках промышленных предприятий, железных дорог и метрополитенов, и на объектах нефтегазового комплекса.

Комплектные распределительные устройства характеризуются основными номинальными параметрами: напряжением, током и током отключения, а также схемой основной цепи. Производство КРУ

осуществляется в соответствии с технической документацией, разработанной заводом и другими нормативными документами.

Шкаф КРУ традиционно разделен на несколько основных отсеков, которые изолированы между собой металлическими перегородками. Четыре из них высоковольтные: отсек выдвижного элемента, отсек сборных шин, и отсеки линейных шин и трансформаторов тока. Пятый релейный отсек является низковольтным, в нем располагается низковольтное оборудование: устройства релейной защиты, переключатели, рубильники. На двери релейного отсека размещается светосигнальная арматура, устройства для измерения и последующего учета электрической энергии, а также элементы, предназначенные для управления ячейкой. Ячейка КРУ с силовым вакуумным выключателем оснащена выкатным элементом, на котором расположен сам выключатель. Распределительные устройства могут быть со средним и нижним расположением выдвижного элемента. Наличие выдвижного элемента значительно упрощает работу обслуживающего персонала. Перемещение выдвижного элемента из рабочего положения в контрольное и обратно может осуществляться ручным или электромоторным приводом.

В отсеке сборных шин ячейки КРУ размещаются сборные шины, опорные изоляторы, отпайки сборных шин и втулки проходные для крепления верхних втычных неподвижных контактов шкафа.

В отсеке линейных шин и трансформаторов тока устанавливаются трансформаторы тока, ограничители перенапряжения, трансформаторы тока нулевой последовательности, заземлитель, дополнительно может быть установлена шина магистрали заземления.

Распределительные устройства оснащены современными вакуумными выключателями собственного производства. Имеют высокие эксплуатационные характеристики, обеспечивают высокую надежность и безопасность для обслуживающего персонала. Широкая сетка схем главных цепей позволяет компоновать любые схемы РУ. Производитель КРУ –

«Высоковольтный союз» (ООО «НТЭАЗ Электрик») осуществляет производство ячеек на напряжение 6(10) и 35 кВ с применением вакуумных выключателей собственного производства. Все комплектные распределительные устройства прошли сертификацию и имеют все разрешительные документы.

Выбираем шкаф для комплектного распределительного устройства из серии КУ10С, которые созданы для установки в распределительные устройства электрических станций всех видов. Основные технические параметры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры комплектного распределительного устройства на 10кВ

Основные технические параметры	
Параметры	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных соединений, А	630; 1 000; 1 250; 1 600; 2 000; 3 150; 4 000
Номинальный ток сборных шин, А	1 000; 1 600; 2 000; 3 150; 4 000
Номинальный ток отключения выключателей, кА	20; 31,5; 40
Ток термической стойкости, кА (3 с)	20; 31,5; 40
Номинальное напряжение вспомогательных цепей переменного тока, В	220
Номинальное напряжение вспомогательных цепей постоянного (выпрямленного) тока, В	220
Габаритные размеры, мм	
- ширина	650; 750; 900
- глубина	1 400; 1 500
- высота	2 300
Масса, кг	800–1 200

Автоматы выбираются согласно условиям:

$$I_a \geq I_p \text{ — для линии без ЭДС;} \quad (4)$$

Таблица 3 - Выбор комплектных распределительных устройств

Ячейки	Расчётный ток, А	Марка КРУ	Номинальный ток, А
1	123,7	ШВГ-10-20-1-160-У3	160
2	161	ШВГ-10-20-2-400-У3	400
3	215	ШВГ-10-20-3-400-У3	400
4	268,8	ШВГ-10-20-4-400-У3	400
5	322	ШВГ-10-20-5-400-У3	400
6	215	ШВГ-10-20-6-400-У3	400
7	123,7	ШВГ-10-20-7-160-У3	160
8	123,7	ШВГ-10-20-8-160-У3	160

Все автоматы выбраны и соответствуют условию формулы 4.

Стоимость одного распределительного устройства 390 тысяч рублей, всю затраченную сумму вычислим по формуле 5.

$$C_{\text{кру}} = N \cdot C_1 = 8 \cdot 390 = 3120 \text{ тыс. руб.} \quad (5)$$

$C_{\text{кру}}$  – общая стоимость распределительного устройства, тыс. руб;

$C_1$  – стоимость одного распределительного устройства, тыс. руб.

### 1.3 Расчёт и выбор трансформатора 110/10 кВ

Выбираем марку трансформатора с таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики трансформаторов 110/10 кВ

Тип трансформатора	Ном. мощность, кВА	Напряжение, кВ		Схема и группа соединения	Потери, кВт		Ток х.х., %	U к.з., %	Размеры, мм			Масса, кг	
		НН	ВН		х.х.	к.з.			L	B	H	масса	полная
ТРДН 25000/110	25000	6.6-6.3 6.3-10.5 10.5-10,5	115	УпД-Д-11-11	25	120	0,65	20 30.5	6540	35 50	522 0	136 00	520 00
ТРДН 40000/110	40000	6,6-6,3 6,3-10,5 10.5-10.5	115	УпД-Д-11-11	34	170	0,55	20 30.5	6100	37 40	524 0	150 00	609 30
ТРДН 63000/110	63000	6.6-6.3 6.3-10.5 10.5-10,5	115	УшД-Д-11-11	50	245	0.5	20 30.5	6500	38 50	540 0	540 0	785 00

Наиболее распространенные – масляные трансформаторы. Их обмотки размещены в баках, заполненных маслом с повышенными изоляционными характеристиками (трансформаторное масло). Оно выполняет роль дополнительной изоляции между витками обмоток, обмотками разных фаз, разных напряжений и баком трансформатора. Циркулируя внутри бака, оно отводит тепло обмоток, выделяемое при работе. Для лучшего теплоотвода к корпусу трансформатора привариваются трубы дугообразной формы, позволяющие маслу циркулировать вне бака и охлаждаться за счет окружающего воздуха. Мощные масляные трансформаторы комплектуются вентиляторами, обдувающими элементы, в которых происходит охлаждение. Выбор трансформатора будем рассчитывать по потребляемой мощности.

Учитывая число трансформаторов на подстанции (N) мощность каждого рассчитывают по формуле, затем выбирают из таблицы ближайшее большее значение.

$$S = \frac{P_{max}}{N \cdot K_3} = \frac{28000}{2 \cdot 0,7} = 20000 \text{ кВА} \quad (6)$$

В этой формуле  $K_3$  – коэффициент загрузки трансформатора выбираем из таблицы 4, категория потребителей 2. Это отношение потребляемой мощности в максимальном режиме к номинальной мощности аппарата. Работа с необоснованно пониженным коэффициентом загрузки экономически не выгодна. Для потребителей, в зависимости от категории бесперебойности электроснабжения, рекомендуются коэффициенты в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты загрузки трансформаторов

Категория потребителей	Коэффициент загрузки
I	0,65-0,7
II	0,7-0,8
III	0,9-0,95



Выбор понижающих трансформаторов попадает на ТРДН 25000/110 и ТРДН 40000/110 сравним их экономические показатели в таблице 6.

Таблица 6 – Экономические показатели трансформаторов

Тип трансформатора	ТРДН 25000/110	ТРДН 40000/110
Рк, кВт	120	170
Рх, кВт	25	34
Стоимость, тыс. рублей	13500	15500

Трансформатор силовой масляный трехфазный двухобмоточный типа ТРДН предназначен для преобразования электрической энергии переменного тока класса напряжения 110 кВ в электрическую энергию класса напряжения 6 или 10 кВ низшего напряжения.

Трансформатор имеет остов с трехстержневой шихтованной магнитной системой, собранной из листов холоднокатаной электротехнической стали. Обмотки из медного провода цилиндрические, размещены на стержнях остова концентрически. Линейные и нейтральный вводы ВН снабжены трансформаторами тока. Бак трансформатора колокольного типа с нижним разъемом снабжается арматурой для заливки, отбора проб, слива и фильтрации масла, подключения системы охлаждения и вакуум-насоса.

Регулирование напряжения под нагрузкой (РПН) осуществляется переключателем в нейтрали обмотки ВН в пределах  $\pm 9 \times 1,78\%$  номинального напряжения. Для перемещения в пределах подстанции трансформатор по требованию заказчика может быть снабжен поворотными каретками с ребордой. Колея для продольного перемещения - 1 524 мм, для поперечного - 2 000 мм. Система охлаждения трансформатора имеет четыре радиатора.

Сравнивая потери мощности и стоимость трансформатора – экономически выгодно будет приобрести трансформатор марки ТРДН 25000/110, который нам подходит полностью по потребляемой мощности. Устанавливаем на подстанцию 2 таких трансформатора для бесперебойного

питания потребителей, и в случае отключения на одной из линии для возможности питания всех потребителей через один трансформатор.

Вычисляем затраты на установку двух трансформаторов по формуле 7.

$$Z_T = 2 \cdot C_T = 2 \cdot 13500 = 27000 \text{ тыс. руб.}, \quad (7)$$

$C_T$  – стоимость одного трансформатора, руб;

$Z_T$  – затраченная стоимость на трансформаторы, руб.

Расстояние от трансформаторов до закрытого распределительного устройства составляет  $L_1 = 50$  метров, так как на каждом трансформаторе по 3 фазы то длина кабеля вычисляется по формуле 8.

$$L = L_1 \cdot N \cdot 3 = 50 \cdot 2 \cdot 3 = 300 \text{ м}, \quad (8)$$

где  $L$  – длина кабеля от ЗРУ до трансформатора, м;

$N$  – количество трансформаторов, ед.

#### 1.4 Выбор трансформаторов тока

Измерительные трансформаторы тока  $TA$  предназначены для преобразования тока до значений, удобных для измерений и для работы релейной защиты.

Трансформаторы тока выбираются по следующим параметрам:

- по конструкции и классу точности;
- по напряжению  $U_{вст} \leq U_{ном}$ ;
- по первичному току  $I_{макс} \leq I_{1 ном}$ ;
- по электродинамической стойкости  $i_{уд} \leq i_{дин}$ ;
- по термической стойкости  $B_K \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$ ;
- по вторичной нагрузке  $z_2 \leq z_{2 ном}$ .

В качестве соединительных проводников применяют контрольные кабели с медными или алюминиевыми жилами. По условию механической прочности сечение медных жил должно быть не менее  $1,5 \text{ мм}^2$ , алюминиевых жил – не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ . Если в число подключаемых приборов входят

счетчики для денежных расчетов, то минимальное сечение жил увеличивают до 2,5 мм<sup>2</sup> для медных жил и до 4 мм<sup>2</sup> для алюминиевых жил.

Предварительно выбран трансформатор тока маслonaполненный, с вторичной обмоткой звеньевого типа и фарфоровой крышкой ТФЗМ-110Б-1-ХЛ1 с номинальной нагрузкой магнитопровода  $z_{2 \text{ ном}} = 1,2 \text{ Ом}$  в классе 0,2.

Расчет нагрузки во вторичной цепи трансформатора тока. Нагрузка – это полное сопротивление внешней цепи, складывающаяся из сопротивлений приборов, проводов, контактных соединений

$$z_2 \approx R_2 \approx R_{\text{ПРИБ}} + R_{\text{ПРОВ}} + R_{\text{КОНТ}} \cdot \quad (9)$$

Таблица 7 – Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Тип	Количество приборов	Потребляемая мощность, ВА
Амперметр	Э 377	1	0,1
Ваттметр	Д 345	1	0,5
Варметр	Д 345	1	0,5
Счетчик	СЭТ-4ТМ.03	1	0,1
Итого			1,2

Сопротивления приборов:

$$R_{\text{ПРИБ}} = \frac{\Sigma}{I_{2 \text{ ном}}^2} = \frac{1,2}{5^2} = 0,052 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{КОНТ}} = 0,10 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{ПРОВ}} = z_{2 \text{ ном}} - R_{\text{ПРИБ}} - R_{\text{КОНТ}} = 1,2 - 0,052 - 0,1 = 1,048 \text{ Ом}.$$

Сечение проводов из меди с удельным сопротивлением

$$\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$$

$$s = \rho \cdot \frac{l_{\text{РАСЧ}}}{R_{\text{ПРОВ}}} = 0,0175 \cdot \frac{100}{1,048} = 1,67 \text{ мм}^2.$$

Принято ближайшее большее сечение по условиям механической прочности  $s=2,5 \text{ мм}^2$ ; тогда сопротивление провода

$$R_{\text{ПРОВЕР}} = \rho \cdot \frac{l}{s} = 0,0175 \cdot \frac{100}{2,5} = 0,7 \text{ Ом}.$$

Общая нагрузка вторичной обмотки

$$z_2 \approx R_2 \approx R_{\text{ПРИБ}} + R_{\text{ПРОВ}} + R_{\text{КОНТ}} = 0,052 + 0,7 + 0,1 = 0,82 \text{ Ом}.$$

Условие  $z_2 \leq z_{2\text{НОМ}}$  выполняется:  $0,82 < 1,2$ .

Таблица 8– Выбор трансформатора тока

Условие выбора	Расчетные данные	Паспортные данные ТФЗМ 110Б-1 ХЛ1
Класс точности	0,2	0,2
$U_{\text{УСТ}} \leq U_{\text{НОМ}}$ , кВ	110	110
$I_{\text{МАКС}} \leq I_{1\text{НОМ}}$ , А	247,7	300
$i_{\text{УД}} \leq i_{\text{ДИН}}$ , кА	11,02	62
$B_K \leq I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}}$ , кА <sup>2</sup> ·с	2,06	$12^2 \cdot 3 = 432$
$z_2 \leq z_{2\text{НОМ}}$ , Ом	0,82	1,2

Выбранный трансформатор тока ТФЗМ-110Б-У1, удовлетворяет условиям проверки, следовательно он выбран к установке.

Принят к установке контрольный кабель с токопроводящей жилой из меди, с ПВХ-изоляцией, в ПВХ-оболочке марки КВВГ сечением жил 2,5 мм<sup>2</sup>.

## 1.5 Выбор трансформаторов напряжения

Измерительные трансформаторы напряжения *TV* предназначены для преобразования напряжений до значений, удобных для измерений и для работы релейной защиты.

У трансформаторов напряжения на вторичной стороне одна обмотка собирается в звезду, на которую присоединяются измерительные приборы, а другая – в разомкнутый треугольник, где присоединяются реле защиты от замыканий на землю.

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим параметрам:

- по конструкции и схеме соединения обмоток;

- по напряжению  $U_{уст} \leq U_{ном}$  ;
- по классу точности;
- по вторичной нагрузке  $S_2 \leq S_{2 ном}$  .

В таблицу 9 занесены характеристики измерительных приборов

Таблица 9– Характеристики измерительных приборов

Наименование прибора	Тип	Мощность одной катушки, Вт	Число катушек	cosφ	Число приборов	Полная мощность, ВА
Вольтметр	Э 345	2	1	1	1	2
Ваттметр	Д 345	1,5	2	1	1	3
Варметр	Д 345	1,5	2	1	1	3
Вольтметр регистрирующий	И 393	10	1	1	1	10
Счетчик	СЭТ-4ТМ.03	0,8	3	0,53	1	4,5
ИТОГО						22,5

Выбраны три однофазных трансформатора напряжения НКФ-110-83У1.  $S_{ном} = 3 \cdot 150 = 900 \text{ ВА}$ , в классе точности 0,2. Выбранный маслонаполненный, каскадный, с фарфоровой крышкой трансформатор напряжения марки НКФ-110-83У1 удовлетворяет требованиям. Принят к установке контрольный кабель КВВГ сечением жил  $2,5 \text{ мм}^2$  по механической прочности.

### 1.6 Расчет сечение кабельной линии подстанции

Рассчитаем сечение кабельной линии от трансформатора до комплектных распределительных устройств напряжение питающей линии 10 кВ по формулам 9 – 15.

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (10)$$

$$P_{расч} = S_{п} + \Delta P_T, \quad (11)$$

где  $\Delta P_T$  - потери в трансформаторах

$$\Delta P_T = 2 \cdot (\Delta P_{xx} + \beta^2 \cdot \Delta P_{кз}), \quad (12)$$

где  $\beta$  – коэффициент загрузки трансформаторов

$$\beta = \frac{S_{\Pi}}{2 \cdot S_{HT}} = \frac{28000}{2 \cdot 25000} = 0,56, \quad (13)$$

$$\Delta P_T = 2 \cdot (25 + 0,56^2 \cdot 120) = 125,3 \text{ Вт},$$

$$P_p = 28000 + 125,3 = 28125,3 \text{ Вт}, \quad (14)$$

$$I_p = \frac{28125,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 812 \text{ А}, \quad (15)$$

$$q_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}} = \frac{812}{1,6} = 507,5 \text{ мм}^2, \quad (16)$$

где  $j_{\text{э}}$  - нормированное значение экономической плотности тока, согласно ПУЭ, кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами, при годовом числе часов использования максимума нагрузки  $j_{\text{э}} = 1,6$  А/мм<sup>2</sup>.

Таблица 10 - Сечение и ток кабелей по типу прокладки

S, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток при способе прокладки, А			
	В земле		В воздухе	
	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий
50	230	175	290	225
70	280	215	360	280
95	335	260	435	340
120	380	295	500	390
150	430	330	560	440
185	485	375	635	505
240	560	440	745	595
300	640	495	845	680
400	730	570	940	770
500	830	650	1050	865

По расчётному току для прокладки кабеля в воздухе выбираем сечение  $300\text{мм}^2$  медный кабель марки ВВГнг 3х300+1х150. Расстояние от трансформатора до распределительных ячеек 40м, поэтому нужно покупать 80м устанавливая ещё на второй трансформатор. Стоимость кабеля вычисляется по формуле 16. Стоимость 1 метра кабеля составляет 3100 рублей.

$$C_k = C_1 \cdot L_k = 3100 \cdot 80 = 248000 \text{ руб.}, \quad (17)$$

где  $C_k$  – стоимость кабеля 10 кВ, руб,

$C_1$  – стоимость 1 метра кабеля, руб.

Выбор распределительного устройства для защиты трансформаторов и управлением ввода резерва определяем ток в линии 110 кВ по формуле 18.

$$I_p = \frac{S_p}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{28125,3}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 73,8 \text{ А} \quad (18)$$

### 1.7 Расчет и выбор колонковых выключателей

Элегазовые колонковые выключатели типа GL предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах, а также в циклах АПВ в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 110-750 кВ.

Преимущества элегазовых колонковых выключателей состоит в том что, аналогичная дугогасительная камера для всей линейки выключателей пружинный приводной механизм FK3, включающий в себя пружину включения и отключения, обеспечивает очень высокую надёжность, прямое соединение пружинного приводного механизма с соединительной тягой обеспечивает быструю и простую установку на месте установки оборудования.

Элегазовые колонковые выключатели 110-750 кВ Alstom Grid показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Элегазовые колонковые выключатели 110 кВ

Таблица 11 – Характеристика GL 312

Тип выключателя	GL 312	GL 314	GL 314X	GL 315	GL 315X	GL 317	GL 317X	GL 318	GL 318X
Класс напряжения, кВ	110	220		330		500		750	
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	145	252		363		550		800	
Номинальная частота, Гц	50								
Испытательные напряжения, В:									
Грозового импульса, кВ	на землю	650	1050		1300		1800		2100
	между контактами	650	1050		1175 (+205)		1671 (+450)		2100 (+455)
Коммутационного импульса, кВ	на землю	-	-	950		1250		1425	
	между контактами	-	-	900 (+345)		1050 (+450)		1175 (+650)	
Промышленной частоты, кВ	на землю	310	460		560		860		960
	между контактами	310	460		750		1000		800 (+500)



Тип выключателя	GL 312	GL 314	GL 314X	GL 315	GL 315X	GL 317	GL 317X	GL 318	GL 318X
Номинальный ток динамической кА	100	125	160	125	160	125	160	125	160
Номинальный ток термической стойкости, кА	40	50	63	50	63	50	63	50	63
Номинальный ток отключения, кА	40	50	63	50	63	50	63	50	63
Номинальный ток „включения, кА	100	125	160	125	160	125	160	125	160
Полное время отключения, мс	50	40	45	45	45	45	45	45	45
Время включения, мс	<70	100	110	110	110	110	110	110	110
Управление	Пофазное и трехфазное			Пофазное					
Привод	Пружинный								
Последовательность операций	О-0.3с-ВО-3мин-ВО ВО-15С-ВО								
Шунтирующий конденсатор, пФ	-			-		600		300	
Дугогасящая среда	SF6 (до -40°C); SF6+CF4 (до -55°C)								
Категория размещения	Наружная								
Температура окружающей среды, °С	+40 -55								

Выбираем элегазовый выключатель по параметрам напряжения 110 кВ марки GL 312. Стоимость выключателя на 1 трансформатор от заказчика будет составлять 1100 тысяч рублей. Вычислим общую стоимость за два трансформатора устанавливая на каждый по одному выключателю по формуле 18.

$$C_{эв} = C_1 \cdot N = 1100 \cdot 2 = 2200 \text{ тыс. руб.}, \quad (19)$$

## 2 РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И МОЛНИЕЗАЩИТЫ

### 2.1 Расчет заземляющего устройства подстанции

Расчёт производится для необходимого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с требованиями ПУЭ.

Согласно ПУЭ допустимое сопротивление заземляющего устройства:

$$r_3 \leq 0,5 \text{ Ом.}$$

Необходимое сопротивление искусственного заземлителя при условии отсутствия естественных заземлителей:

$$R_u = r_3 \leq 0,5 \text{ Ом.}$$

Устанавливаем расчетное удельное сопротивление грунта с учетом сезонности:

$$\rho_{расч} = \rho_{ном} \cdot k_\rho, \quad (20)$$

где  $k_\rho = 1,4$  - повышающий коэффициент для климатической зоны,

$\rho_{ном} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  – удельное сопротивление почвы (суглинок),

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,4 = 140 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Определяем сопротивление растеканию вертикального заземлителя из стального уголка 50х50х5 мм, верхний конец ниже уровня земли на 0,5 м, независимо от схемы расположения – в ряд или по контуру.

$$R_{Вод} = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (21)$$

где  $l = 4 \text{ м}$  – длина стержня;

$d = 0,016 \text{ м}$  – диаметр стержня;

$t = 2,5 \text{ м}$  – расстояние от поверхности земли до центра стержня.

$$R_{Вод} = \frac{140}{2 \cdot 3,142 \cdot 4} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 4}{0,016} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,5 + 4}{4 \cdot 2,5 - 4} \right) = 36,93 \text{ Ом.}$$

Определяем сопротивление растеканию горизонтального заземлителя из полосовой стали, расположенного ниже уровня земли на 0,5 м.

$$R_{\text{зоп}} = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t}, \quad (22)$$

где  $b = 0,04$  м – ширина полосы;

$t = 0,5$  м – глубина заложения;

$l = 67$  м – длина полосы.

Общий вид заземлителя показан на рисунке 3.

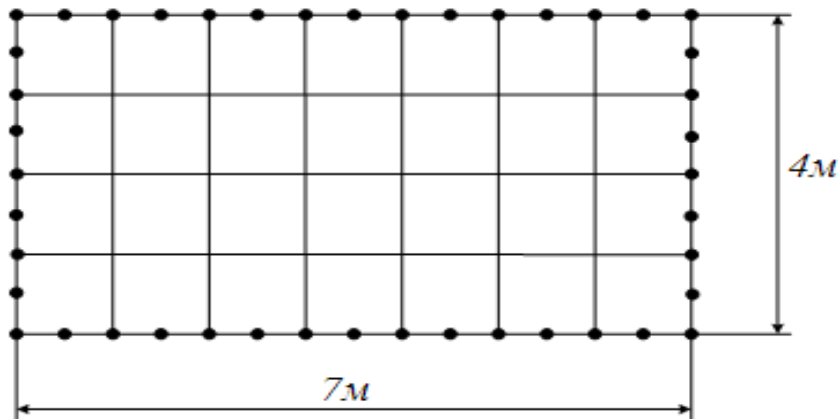


Рисунок 3 – Устройство заземления

$$R_{\text{зоп}} = \frac{140}{2 \cdot 3,142 \cdot 470} \cdot \ln \frac{2 \cdot 67^2}{0,04 \cdot 0,5} = 0,85 \text{ Ом.}$$

Уточняем сопротивление вертикальных заземлителей с учетом проводимости полосовых заземлителей:

$$R_B = \frac{R_{\text{зоп}} \cdot R_u}{R_{\text{зоп}} - R_u}, \quad (23)$$

$$R_B = \frac{0,85 \cdot 0,5}{0,85 - 0,5} = 1,21 \text{ Ом.}$$

Уточняем количество вертикальных заземлителей с учетом коэффициента использования:

$$n = \frac{R_{\text{ввод}}}{R_B \cdot \eta} = \frac{36,93}{1,21 \cdot 0,7} = 44.$$

## 2.2 Расчет грозозащитного заземления подстанции

Тип грозозащиты системы электроснабжения выбирается в зависимости от рабочего напряжения, мощности подстанции её схемы. Существенную роль в грозозащите играет удельное сопротивление грунта в районе сооружения системы электроснабжения, материал опор линии электропередач и конструктивных элементов подстанции.

Грозозащита зданий и сооружений - это система, состоящая из комплекса устройств и сооружений, предназначенных для защиты объектов от грозового электричества, позволяющая снизить последствия попадания молнии в защищаемый объект или вторичных ее проявлений.

Электроустановки, находящиеся на открытом воздухе, защищаются стержневыми молниеотводами, установленными либо на металлические конструкции (порталы), либо отдельно стоящими молниеотводами. Открытые распределительные устройства обычно защищены несколькими молниеотводами. Зона действия молниеотводов должна полностью защищать электрооборудование подстанции.

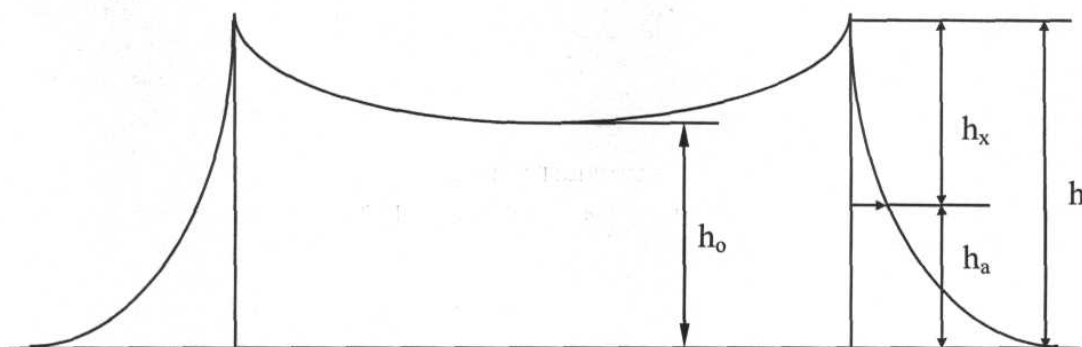


Рисунок 4– Условное обозначение вертикального молниеотвода

В данной работе расчет грозозащиты сводится к определению местоположения молниеотводов, которые определяются таким образом, чтобы зона действия молниеотводов полностью защищала все электрооборудование подстанции.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода рассчитывается по формуле 22.

$$r = 1,5 \cdot h, \quad (24)$$

где  $r$  - радиус круга зоны защиты на уровне земли, м;  $h$  - высота молниеотвода,  $h_a$  - высота молниеотвода над ошиновкой,  $h_x = 11,35$  м - высота защищаемого объекта (портала):

$$h = 30 \text{ м};$$

$$h_a = h - h_x = 30 - 11,35 = 18,65 \text{ м};$$

$$r_0 = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ м}.$$

Определение зоны грозозащиты на подстанции, при установке стержневых молниеотводов, объект высотой, находящийся внутри многоугольника, будет защищен в том случае, если выполняется условие.

$$D \leq 8 \cdot (h - h_a) \cdot p, \quad (25)$$

где  $D$  - наибольшая диагональ между молниеотводами;  $p$  - периметр аппроксимационных прямых,  $p = 1$ , при  $h \leq 30$  м;  $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$ , при  $h > 30$  м.

$$D \leq 8 \cdot (h - h_x) \cdot p = 8 \cdot (30 - 11,35) \cdot 1 = 149,2 \text{ м}.$$

Диагональ защищаемой зоны подстанции

$$D = \sqrt{\left( l_{2-4} + l_{4-6} \right)^2 + l_{1-2}^2} = \sqrt{(27,5 + 42)^2 + 56^2} = 89,2 \text{ м}.$$

89,2 м  $\leq$  149,2 м условие выполняется.

Для многократных стержневых молниеотводов зона защиты строится посредством попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Высота вершины конуса стержневого молниеотвода

$$h_0 = 0,85 \cdot h = 0,85 \cdot 30 = 25,5 \text{ м}.$$

Радиусы защиты на высоте защищаемого объекта

$$r_x = 1,5 \cdot (h - 1,1 \cdot h_x) = 1,5 \cdot (30 - 1,1 \cdot 11,35) = 26,3 \text{ м}.$$

Защищаемый объект попадает в зону молниезащиты, то есть 6 молниеотводов высотой 30м обеспечивают защиту подстанции от прямых ударов молнии. Полученные параметры нанесены на план подстанции рисунке 5.

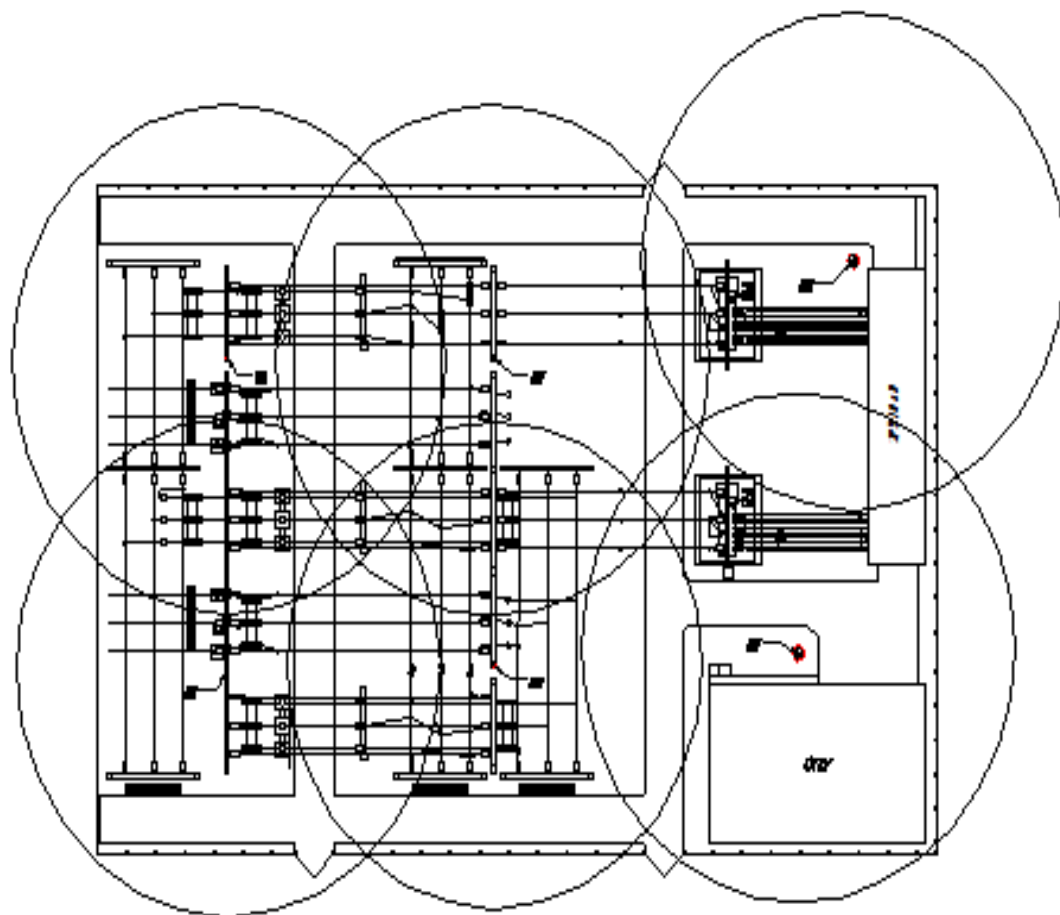


Рисунок 5– Расположение молниеотводов на территории подстанции

## 2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

При проектировании подстанции было выбрано оборудование и представлена и его стоимость в таблице 12.

Таблица 12 – Стоимость оборудования

Название	Марка	Стоимость, тыс. руб.
Распределительное устройство	КУ10С	3120
Трансформатор напряжения	ТРДН 25000/110	27000
Трансформатор тока	ТТЭ-100-3000/5А	18
Кабельная линия 10 кВ	ВВГнг 3х300+1х150	248
Элегазовый выключатель	GL 312	2200

Вычисляем сумму затрат на оборудование установленное на трансформаторной подстанции 110/10 по формуле 19.

$$\begin{aligned} C_3 &= C_{ру} + C_{тн} + C_{тт} + C_{кл} + C_{эв} = 3120 + 27000 + 18 + 2482200 \\ &= 32586 \text{ тыс. руб.}, \end{aligned} \quad (26)$$

где  $C_{ру}$  – стоимость распределительного устройства, тыс. руб.;

$C_{тн}$  – стоимость трансформаторов напряжения, тыс. руб.;

$C_{тт}$  – стоимость трансформаторов тока, тыс. руб.;

$C_{кл}$  – стоимость кабельной линии 10 кВ, тыс. руб.;

$C_{эв}$  – стоимость элегазовых выключателей, тыс. руб.

### **3 БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ 110/10 кВ**

К непосредственному обслуживанию электрооборудования на трансформаторной подстанции 100/10 кВ допускается только подготовленный персонал имеющий право на проведение соответствующих работ.

Вновь принимаемые работники, обслуживающие электроустановки, должны пройти медицинскую комиссию, производственный инструктаж и проверку знаний правил техники безопасности, ознакомиться и знать должностные и эксплуатационные инструкции и методику проведения работ.

Результаты проверки знаний и присвоение группы по технике безопасности подтверждаются удостоверением установленной формы, которое должно находиться у работника на рабочем месте. Повторная медицинская комиссия проходит каждые 2 года, проверка знаний правил технической эксплуатации и инструкций ежегодно. Люди нарушившие правила при производстве работ подвергаются внеочередной проверки. Осмотри трансформаторной подстанции единолично может проводится административно-техническим персоналом с пятой и оперативным персоналом с 4 группой по электробезопасности. При единоличном осмотре запрещается проникать за ограждения и входить в камеры закрытых распределительных устройств, не имеющих ограждений. Осмотр проводится с порога камеры или стоя перед ограждением. При необходимости разрешается для осмотра входить в камеру распределительного устройства в присутствии второго работника имеющего не ниже третьей группы по электробезопасности и при условии соблюдения расстояния между осматривающим и токоведущими частями 0,7 м. При единоличном осмотре и при наличии напряжения выполнение работ запрещается. Ремонт разъединителя и привода проводится только при отключении напряжения на участке работ и установке заземлений согласно правилам технической



эксплуатации. Перед началом каких либо работ независимо от наличия и отсутствия напряжения на воздушной линии необходимо отключить рубльник низкого напряжения, затем линейный разъединитель, проверить отключение визуально, наложить заземление на шины между разъединителем и предохранителями и вынуть патроны предохранителей. При возможности подачи напряжения с противоположного конца линий низкого напряжения необходимо исключить возможность их включения.

Для замены трансформатора на МТП подъем его на площадку или опускание производится после полного снятия напряжения и заземления подстанции и питающей линии с предварительной проверкой прочности крепления и состояния всех конструкций опоры МТП.

Оперативное включение и отключение разъединителей и выключателей нагрузки может производить единолично персонал, обслуживающий ТП и имеющий квалификацию не ниже IV группы. При этом необходимо применять изолирующие защитные средства, запирать привод на замок и вывешивать предупредительные плакаты. Для безопасности работы на ТП используются общие и специальные средства защиты.

Общими средствами защиты являются стационарные конструктивные устройства электроустановок: изоляция электрооборудования, заземление конструкций электрооборудования, ограждения, предупредительные плакаты и надписи, блокировочные устройства, складные постоянные лестницы на МТП.

Специальные средства (в дополнение к стационарным) предназначаются для защиты персонала при непосредственном выполнении работы по эксплуатации и ремонту ТП. К ним относятся (основные и дополнительные) изолирующие и временные ограждающие защитные средства.

Основные изолирующие средства: в РУ свыше 1000 В оперативные и измерительные штанги, изолирующие и токоизмерительные клещи и

указатели напряжения; в РУ до 1000 В диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками и указатели напряжения.

Дополнительные изолирующие средства: в РУ свыше 1000 В диэлектрические перчатки, боты и галоши, изолирующие подставки и диэлектрические резиновые коврики; в РУ до 1000 В диэлектрические галоши и резиновые коврики, изолирующие подставки.

Основные и дополнительные средства при работе применяются совместно. К ограждающим средствам относятся временные переносные щиты, клетки, ящики и т. п., изолирующие накладки и колпаки, временные переносные заземления и предупредительные плакаты.

Для безопасности работ на высоте или при подъеме (например, на опорах МТП или опорах с линейным разъединителем) применяются предохранительные пояса, страхующие канаты, монтерские когти, телескопические вышки и т. п. Для индивидуальной защиты работающих при сварке, разогреве кабельной мастики и т. п. применяются защитные очки, специальные рукавицы и прочее.

Разрешается использовать только испытанные специальные защитные средства и приспособления. Перед началом работы они должны быть осмотрены.

Все необходимые защитные средства и приспособления хранятся в служебном помещении. При выезде к месту работы оперативная бригада перевозит их с собой в автомашине. В закрытых ТП обычно хранятся изолирующие подставки и коврики.

### **3.1 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность состояние защищённости личности, общества и государства от пожара.

Пожарная безопасность на предприятиях обеспечивается двумя системами: предотвращение пожара (организационные, технические меры и

средства, обеспечивающие невозможность возникновения пожара) и системой пожарной безопасности (предотвращения воздействия на людей и объекты опасных факторов пожара).

#### *Опасные факторы пожара*

Опасными факторами для людей являются:

- открытый огонь;
- повышенная температура воздуха и предметов;
- токсические продукты горения и дым;
- пониженная концентрация кислорода в воздухе;
- обрушение и повреждение зданий, сооружений;
- взрывы.

Нагревание человеческого тела до 50 – 60С°, а так же и снижение концентрации кислорода в окружающем пространстве ниже 8 – 11 % приводит к гибели человека.

Повышение концентрации углекислого газа до 10 % вызывает потерю сознания, и если не принять меры медицинской помощи, человек может умереть.

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием горючих изоляционных материалов. Горючей является изоляция обмоток электрооборудования, проводов и кабелей, трансформаторное масло.

Учитывая пожарную опасность электроустановок, установлен ряд требований по пожарной безопасности. Все строительные конструкции выполнены из материалов первой группы, которые не возгораются и не обугливаются. Оборудование расположено таким образом, чтобы обеспечить эвакуацию работающих во время аварии или пожара. Ширина пути эвакуации предусмотрена не менее 1 метра, ширина дверей не менее 0,8 метра, высота прохода не менее 2 метров, на различных участках производственной мощности.

Кроме этого предусматриваются следующие меры пожарной безопасности:

- звуковая сигнализация;
- наличие пожарных кранов;
- наличие пожарных щитов с двумя огнетушителями ОУ-2 и пожарным инвентарём, ящик с песком на каждом производственном участке.

Контроль за состоянием цеха в отношении пожарной безопасности осуществляется пожарной службой безопасности, которая проводит профилактические осмотры, испытания, принимает участие в ликвидации пожара.

### **3.2 Первая медицинская помощь при несчастных случаях**

Одним из важнейших положений оказания первой помощи является ее срочность с надеждой на благоприятный исход. Своевременно такую помощь может и должен оказать тот, кто находится рядом с пострадавшим.

Спасение пострадавшего от действия эл. тока зависит от быстроты освобождения его от тока и от быстроты и правильности оказания ему помощи.

При поражении электрическим током смерть часто бывает клинической (мнимой), поэтому никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса.

Определить бесполезность мероприятий по оживлению пострадавшего и вынести заключение о его смерти имеет право только врач.

После освобождения пострадавшего от действия эл. тока необходимо оценить его состояние.

Признаки, состояния пострадавшего:

- сознание - ясное, отсутствует, нарушено, возбужден;
- цвет кожных покровов и видимых слизистых - розовые, синюшные, бледные;
- дыхание - нормальное, отсутствует, нарушено;

- зрачки - узкие, широкие.

Если состояние пострадавшего:

- отсутствует сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (5 мм в диаметре), можно считать, что он находится в состоянии клинической смерти и немедленно приступить к оживлению организма с помощью искусственного дыхания по способу “ изо рта в рот ” и наружного массажа сердца. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды.

- дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо немедленно начать делать искусственное дыхание.

- в сознании, а до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; создать приток свежего воздуха; согреть тело, если холодно, обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, наблюдая за пульсом и дыханием.

Нельзя позволять пострадавшему двигаться, отсутствие видимых тяжелых повреждений не исключает возможности последующего ухудшения его состояния.

Категорически не допустимо зарывать пострадавшего в землю, т.к. это принесет только вред и приведет к потере дорогих для его спасения минут.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении эл. током.

Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и устойчивом пульсе.

Первая помощь при ожогах

Ожоги бывают:

- термические - огнем, паром, горячими предметами и веществами;
- химические - кислотами и щелочами;
- электрические - электрическим током или электрической дугой.

Четыре степени по глубине поражения:

- первая - покраснение и ожог кожи;
- вторая - водяные пузыри;
- третья - омертвление поверхностных и глубоких слоев кожи;
- четвертая - обугливание кожи, поражение мышц, сухожилий и костей.

При оказании помощи пострадавшему от термических или электрических ожогов, во избежание заражения, нельзя касаться руками обожженных участков кожи или смазывать их мазями, жирами, вазелином и т.п. Нельзя вскрывать пузыри, удалять приставшую к обожженным участкам мастику, канифоль или битум. Удаляя их, легко можно повредить обожженную кожу и создать благоприятные условия для заражения раны.

При небольших по площади ожогах первой и второй степеней нужно наложить на обожженный участок кожи марлевую повязку.

При тяжелых и обширных ожогах пострадавшего необходимо завернуть в чистую простыню или ткань, не раздевая его, теплее укрыть, напоить теплым чаем и создать покой до прибытия врача.

### **3.3 . Характеристика условий труда**

При термической обработке металлов возможно на работников воздействие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- движущиеся машины и механизмы;
- передвигающиеся изделия, заготовки и материалы (далее – детали);
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- движущиеся транспортные средства;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенная напряженность магнитного поля;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;
- возникновение пожара и взрывоопасность;
- химические опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия на организм человека: токсичные, раздражающие, канцерогенные;
- тяжесть и напряженность труда.

При обслуживании оборудования персоналом необходимо осуществить ряд технических и организационных мероприятий, которые позволят свести к минимуму воздействие вредных и опасных факторов. Средства защиты работающих подразделяются по характеру их применения, на средства коллективной защиты относятся: ограждения, тормозные и предохранительные устройства, сигнализация, устройства заземления, вентиляция, отопление, освещение. Средства индивидуальной защиты: рукавицы, маски, наушники, очки и др.

### **3.4 Экологическая безопасность**

Проблемы защиты окружающей среды и минимизации антропогенного воздействия на климат стали одними из важнейших в повестке дня крупнейших мировых экономических и политических форумов. Экологическая безопасность электросетевых объектов может быть обеспечена при выполнении законодательных и нормативно-технических документов в области охраны окружающей среды. Основными

отрицательными последствиями влияния электросетевых объектов на окружающую среду являются возможные изменения состояния животного и растительного мира, атмосферного воздуха, гидросферы, почвенного покрова и грунтов и, как следствие, воздействие на здоровье человека. Для вновь проектируемых электросетевых объектов необходимо соблюдение действующих нормативов по охране окружающей среды и рациональному природопользованию с целью обеспечения минимальных воздействий на компоненты природной среды.

Область применения направлена на обеспечение экологической безопасности вновь проектируемых и реконструируемых подстанций и воздушных линий электропередачи.

Проектирование электросетевых объектов должно выполняться с учетом регламентирующих природоохранных требований по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, жизнедеятельность и здоровье населения и обслуживающего персонала, применяя соответствующие конструктивные и проектные решения с использованием современных технологий.

Для обоснования инвестиций в строительство с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни, должны быть проведены инженерно-экологические изыскания.

Инженерно-экологические изыскания должны проводиться в соответствии с требованиями Федеральных нормативных документов по проведению инженерных изысканий для строительства и требованиями природоохранного законодательства РФ.

Инженерно-экологические изыскания должны проводиться в районе предполагаемого строительства и включать:



- оценку существующего экологического состояния отдельных компонентов природной среды и экосистем в целом, их устойчивости к техногенным воздействиям и способности к восстановлению;

- изучение природных и техногенных условий всех намечаемых конкурентоспособных вариантов размещения трасс ВЛ и площадок подстанций с учетом существующих и проектируемых источников воздействия;

- предварительный прогноз возможных изменений окружающей среды и ее компонентов при реализации намечаемой деятельности;

- оценку экологической опасности и риска с учетом рационального природопользования;

- разработку рекомендаций по предотвращению вредных экологических последствий предполагаемой инженерно-хозяйственной деятельности;

- обоснование природоохранных мероприятий по сохранению и восстановлению экологической обстановки.

Материалы инженерно-экологических изысканий должны использоваться в разделе проекта по оценке воздействия на окружающую среду при создании новых и реконструкции действующих электросетевых объектов.

При проектировании должна выполняться оценка воздействия на окружающую среду (влияние на человека, атмосферный воздух, растительность, почву, животный мир и на другие компоненты окружающей среды) проектируемого электросетевого объекта, как на стадии строительства, так и в процессе эксплуатации.

При проектировании электросетевых объектов должно быть предусмотрено не превышение предельно допустимых значений, установленных соответствующими стандартами и санитарными нормами при строительстве и эксплуатации в области:

- выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

- сбросов загрязняющих веществ в водные объекты;
- шума в селитебной зоне или на рабочем месте персонала, обслуживающего электрическую установку;
- электрического поля в селитебной зоне или на рабочем месте персонала, обслуживающего электрическую установку;
- магнитного поля в селитебной зоне или на рабочем месте персонала, обслуживающего электрическую установку;
- электростатического поля в селитебной зоне или на рабочем месте персонала, обслуживающего электрическую установку;
- электромагнитного излучения.

Оценка воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду должна производиться расчетным методом по методикам, утвержденным в установленном порядке. Для принятия решения о строительстве или проектировании электросетевых объектов необходимо проведение:

- оценки воздействия на окружающую среду;
- экспертизы материалов экологического обоснования разрабатываемого проекта относительно оценки воздействия на окружающую природную среду.

Проектирование, включая экспертизу и инженерно-экологические изыскания, должно выполняться в соответствии с Градостроительным Кодексом Российской Федерации.

Проектная документация проектируемого электросетевого объекта должна содержать раздел «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» согласно, и раздел «Мероприятия по охране окружающей среды».

Вновь сооружаемые подстанции и ВЛ должны соответствовать современным техническим требованиям, в том числе в части охраны атмосферного воздуха, водных объектов, почв, грунтов, естественных ландшафтов, растительного покрова, объектов животного мира. Должны быть соблюдены санитарные нормы по электрическим полям, магнитным полям, электростатическим полям, шуму, качеству атмосферного воздуха,

временному накоплению отходов, качеству воды, соблюдения нормативных документов по электромагнитным полям, обращению с отходами, сбросам, выбросам.

В соответствии с действующим санитарным законодательством РФ для электросетевых объектов предусматривается наличие санитарно-защитной зоны (для ПС) и санитарных разрывов (для ВЛ).

В соответствии со ст.13 Земельного Кодекса РФ при проектировании должны быть предусмотрены мероприятия по сохранению почв и их плодородия, защите земель от захламливания, загрязнения и других негативных (вредных) воздействий, в результате которых происходит деградация земель.

Определение границ территории объекта осуществляется на основе актов отвода земель и генерального плана. В проекте электросетевого объекта должно быть предусмотрено выполнение рекультивации нарушенных земель после сооружения электросетевых объектов.

При выборе площадки для строительства вновь проектируемых ПС и трассы ВЛ должны соблюдаться федеральные законы, кодексы и законодательные акты РФ в части охраны компонентов природной среды. Выбор площадок и трасс должен осуществляться с соблюдением требований ФЗ «О животном мире», обеспечивающих охрану животного мира, включая сохранение среды обитания объектов животного мира и условий их размножения, нагула, отдыха и путей миграции. При выборе площадки ПС и трассы ВЛ должны соблюдаться следующие основные принципы охраны окружающей среды:

- презумпция экологической опасности;
- не превышение допустимых воздействий на природную среду;
- не превышение норм выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- не превышение норм сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Выбор места размещения электросетевого объекта должен осуществляться с точки зрения минимального ущерба земельным

сельскохозяйственным ресурсам, лесным угодьям. Размещение электросетевого объекта должно производиться с учетом наиболее рационального использования земель, как на период строительства, так и с учетом возможного последующего расширения электросетевого объекта.

Размещение ПС и ВЛ должно производиться в соответствии и учитывать:

- природные особенности территории;
- состояние природной среды (загрязнение атмосферы, агрессивность грунта, подземных вод и т.д.);
- ценность территории (природоохранная, культурная, национальная, особо охраняемые природные объекты и пр.);
- возможный ущерб, причиняемый природной и социальной среде, а также возможные изменения в окружающей природной среде в результате сооружения ПС и ВЛ и последствия этих изменений для природной среды, жизни и здоровья населения.

Не допускается размещение электросетевых объектов на землях особо охраняемых территорий:

- на землях заповедников, заказников, природных национальных парков, ботанических садов, дендрологических парков и водоохраных полос (зон);
- в зонах охраны гидрометеорологических станций;
- в первой зоне санитарной охраны источников водоснабжения и площадок водопроводных сооружений, если проектируемые объекты не связаны с эксплуатацией источников;
- в первой зоне округа санитарной охраны курортов, если проектируемые объекты не связаны с эксплуатацией природных лечебных средств курортов.

В соответствии с Водным Кодексом РФ ст. 65 п. 16, в границах водоохраных зон допускается строительство электросетевых объектов при 13 условии, что они будут оборудованы сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод.

Размещение электросетевых объектов (ПС и ВЛ) в зоне санитарной охраны водозаборных сооружений может быть осуществлено при условии выполнения мероприятий по соблюдению экологической безопасности. На территориях с уровнями загрязнения, превышающими установленные гигиенические нормативы, запрещается проектирование электросетевых объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферы. В соответствии со ст. 59 Лесного Кодекса РФ может быть запрещено проектирование и строительство ПС и ВЛ на территории расположения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов деревьев, кустарников, лиан, иных лесных растений, занесенных в Красную книгу Российской Федерации или Красные книги субъектов Российской Федерации, при условии, что негативное воздействие электросетевых объектов может привести к сокращению численности таких растений или ухудшению среды их обитания. На землях, включенных в границы особо охраняемых природных территорий (национальные парки; природные парки; государственные природные заказники; памятники природы; дендрологические парки и ботанические сады; лечебно-оздоровительные местности и курорты) без изъятия из хозяйственной эксплуатации, ограничивается расширение и строительство новых электросетевых объектов. Режим использования этих земель определяется положением, утвержденным государственным органом. На территории государственного природного заповедника, в том числе биосферного, запрещается строительство ПС и ВЛ, (ст. 9) ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

Площадки для строительства ПС должны выбираться в соответствии:

- на непригодных для сельскохозяйственного использования землях;
- на незалесенной территории или на территории, занятой кустарниками и малоценными насаждениями;
- вне зон активного карста, оползней, оседания или обрушения поверхности под влиянием горных разработок, селевых потоков и снежных лавин, которые могут угрожать эксплуатации ПС;

- вне зон, подлежащих промышленной разработке (торфяники и др.); -  
вне зараженных мест.

Расположение ПС на орошаемых, осушенных и пахотных землях допускается только в исключительных случаях по решению соответствующих органов. Запрещается размещение ПС на затопляемых местах и местах с уровнем грунтовых вод ниже заложения фундаментов, территориях, подверженных размывам в результате русловых процессов, при расположении площадок у рек, или водоемов, а также вне мест, где могут быть потоки дождевых и других вод, а также выше отметок складов с нефтепродуктами и другими горючими жидкостями. При невозможности расположения ПС вне указанных зон должны быть выполнены специальные гидротехнические сооружения по защите площадок ПС от повреждений (подсыпка площадки, укрепление откосов насыпи, водоотводные сооружения, дамбы и др.). При проектировании ПС должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению загрязнения водных объектов сточными водами.

При проектировании электросетевых объектов должно предусматриваться выполнение требований и норм по ограничению воздействий физических факторов на окружающую среду. К таким факторам относятся:

- электрическое поле;
- магнитное поле;
- электростатическое поле;
- электромагнитные помехи.

Источниками электрических, магнитных полей, электромагнитных помех, а также акустических шумов являются воздушные линии электропередачи и открытые распределительные устройства подстанций, находящиеся под напряжением. Оценку воздействия электрических и магнитных полей на человека следует производить на основании двух параметров - интенсивности и продолжительности воздействия. Допустимые

Улучшение зрительного восприятия ПС на окружающей местности следует достигать путем уменьшения размеров площадки ПС, уменьшения высоты конструкций на ней, посадки деревьев, сооружения земляной насыпи с посадкой на ней деревьев или без них. Это относится, в первую очередь, к ПС, площадки которых примыкают к охраняемым территориям (заповедникам, зонам отдыха), а также культурно-историческим центрам или природным памятникам. Категорически запрещается размещение подстанций, в которых проводится работа с применением ртути или ее соединений, в жилых или общественных зданиях. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха при разработке проекта должны соблюдаться.

Требования к санитарно-защитным зонам водоемисточников предъявляются согласно. Использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением, не допускается. В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водоемисточники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, допускается использование этих вод на производственные нужды с разрешения органов по регулированию использования и охране вод. При проектировании электросетевых объектов на участках пересечения и сближения с водоемами и водотоками, имеющими рыбохозяйственное значение, должны быть предусмотрены места складирования грунта и стройматериалов в незатопляемой половодьем зоне, соблюдение согласованных сроков строительства с учетом нереста (при устройстве плотин). При проектировании ПС в сейсмических районах должно применяться оборудование в сейсмостойком исполнении.

## **4 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Для поддержания трансформатора в работоспособном состоянии на протяжении всего периода эксплуатации необходимо регулярно осуществлять техническое обслуживание трансформатора. Устанавливаются следующие виды планового технического обслуживания трансформатора:

- технический осмотр;
- профилактический контроль.

Кроме того, в процессе эксплуатации необходимо осуществлять внеплановое техническое обслуживание, обусловленное появлением в межремонтный период неисправностей трансформатора или его аварией. Техническое обслуживание необходимо выполнять в соответствии с требованиями этого раздела и в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации составных частей комплектующих изделий. Рекомендованный объем и периодичность работ по техническому обслуживанию трансформатора и его составных частей приведен в дополнении.

Технический осмотр трансформатора следует производить после проверки:

- отсутствие посторонних шумов, повышенных вибраций, которые приводят к повреждению или к неправильной работе составных частей, приборов и аппаратуры, установленных на трансформаторе;
- соответствие показаний счетчиков количества переключений приводов устройств РПН количеству осуществленных переключений.

Технический осмотр составных частей трансформатора необходимо выполнять в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих частей.

Периодичность технических осмотров трансформаторов без его отключения устанавливается в соответствии с требованиями “Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей” и “Картой – графиком работы оперативного персонала групп подстанций”: на



подстанциях с постоянным дежурством персонала - один раз в сутки, без постоянного дежурства персонала – три раза в месяц. В зависимости от местных условий и состояния трансформаторов указанные сроки могут быть изменены техническим руководством предприятия.

При резком снижении температуры окружающего воздуха или при других резких изменениях погодных условий, при появлении сигналов о неисправности трансформатора необходимо осуществлять внеочередные осмотры.

Трансформаторные установки периодически (не реже одного раза в месяц) должны осматриваться специалистами соответствующих подразделений.

Результаты осмотров должны быть отражены в соответствующей документации: оперативном журнале и журнале дефектов и неполадок оборудования подстанции.

Трансформаторы, находящиеся в работе, следует не приближаться на недопустимое расстояние к токоведущим частям.

Во время профилактического контроля предусматривается выполнение работ по проверке трансформаторного масла, профилактических испытаний трансформатора, а также выполнения регламентных работ в межремонтный период по замене изношенных частей и материалов (резиновые уплотнения, силикагель фильтров). Эксплуатация трансформаторного масла.

В процессе эксплуатации трансформаторного масла необходимо периодически контролировать состояние трансформаторного масла в баке трансформатора и баке контактора устройства РПН, в негерметичных маслonaполненных вводах.

Должен производиться хроматографический анализ газов, растворенных в масле трансформаторов, оборудованных устройствами РПН, трансформаторов напряжением 110 кВ и выше.

Отбор проб производится на работающем трансформаторе или сразу после его отключения. Для проб масла, взятых с бака контактора устройства

РПН, необходимо определить пробивное напряжение и влагосодержание. Оценку результатов хромато графического анализа растворенных в масле газов следует выполнять согласно РД 34.46.303-89.

Профилактические испытания трансформатора необходимо проводить во время текущих и капитальных ремонтов для проверки состояния трансформатора, находящегося в эксплуатации, и одновременно качества ремонта.

При необходимости профилактические испытания допускается проводить в межремонтный период во время планового технического обслуживания с целью контроля состояния изоляции трансформатора, если есть признаки ее ухудшения, например, в результате снижения качества масла.

Испытания трансформатора также необходимо проводить после аварии, если она не сопровождалась пожаром.

Таблица 13 – Периодичность отбора проб масла

Место отбора	Периодичность отбора	
	Для физико – химического анализа	Для хроматографического анализа растворенных в масле газов
Бак трансформатора	Через 10 дней, один месяц, три месяца, после включения, впоследствии – один раз в три года, а также при аварийном отключении трансформатора	Через 3 дня, 1 месяц, 3 месяца, 6 месяцев после включения и далее – один раз в 6 месяцев, а также при аварийном отключении трансформатора и при действии газового реле “на сигнал”
Бак контактора устройства РПН	Через каждые 5000 (РНОА) 3000 (РС) или 50000 (SCV, SDV-3) но не реже одного раза в год	Не выполняется
Вводы на напряжение 110 кВ и выше	Согласно инструкции на вводы	

Профилактические испытания необходимо выполнять в объеме, предусмотренным типовым ГКД 34.20.302 – 2002. При этом замер характеристик изоляции обмоток трансформатора ( $R_{60} / R_{15}$ ,  $tg\delta$ ) следует выполнять согласно схем, приведенных в его паспорте. В трансформаторах

мощностью 63 МВ\*А и более необходимо выполнять замер  $Z_k$  необходимо выполнять не только при первом вводе в эксплуатацию, но и во время капитальных ремонтов, а также после протекания через трансформатор токов 0,7 и более допустимого расчетного тока короткого замыкания трансформатора (ГОСТ 11677 – 85).

В зависимости от вида работ объем проверок может быть ограничен проверкой контрольных параметров, которые наиболее четко выявляют дефект, что может быть допущено при выполнении данного вида работ. Например, после замены ввода достаточно ограничиться проверкой сопротивления изоляции обмоток постоянному току и масла бака трансформатора, а также измерениям сопротивления изоляции его обмоток. Результаты испытаний необходимо сравнивать с установленными параметрами. Если измеренная величина не нормируется, ее необходимо сравнивать с данными предыдущих испытаний или аналогичных испытаний на однотипном трансформаторе. Допустимые отклонения значения  $Z_k$  от значений, измеренных на месте установки трансформатора при его первом включении в работу, должны составлять не более 3%, а от значения, вычисленного по паспортным данным не более 5%.

Основные методические указания по испытаниям трансформатора приведены в ГОСТ 3484 – 88 и РД 16.363 – 87. Измерение  $Z_k$  трансформаторов необходимо выполнять согласно типовой методике. Результаты всех испытаний необходимо выполнять протоколами, в которых кроме результатов измерений и испытаний привести данные про приборы и схемы испытаний, температуры обмоток масла и другие, необходимые для сравнения результатов испытаний, выполненных в разное время.

Результаты испытаний не могут являться единым и достаточным критерием для оценки состояния трансформатора. Для оценки состояния трансформатора необходимо применять системный подход, который учитывает результаты всех испытаний, в том числе и дополнительных перед ремонтом (например, измерение сопротивления короткого замыкания),

ведомостей предыдущей эксплуатации трансформатора, данные осмотра и внутреннего ремонта.

Анализ состояния трансформатора включает:

- систематизацию и анализ режимов работы трансформатора, при этом особое внимание уделяется рассмотрению аварийных режимов, допустимых нагрузок и перегрузок;

- оценка результатов работы с текущей эксплуатации, выявление узлов, которые работают сверх нормативного ресурса;

- систематизацию и анализ результатов проверки трансформаторного масла и профилактических испытаний трансформатора с определением тенденции их изменений; при этом особое внимание следует уделять анализу растворенных в масле газов и характеристикам масла, которые свидетельствуют про уровень загрязнения и старения. Для оценки состояния изоляции трансформаторов на напряжение 110 кВ и выше необходимо применять макеты изоляции.

Программа дополнительных и внутреннего осмотра должна составляться с учетом результатов анализа состояния трансформатора, условий эксплуатации, особенностей его конструкции. Окончательную оценку состояния трансформатора следует осуществлять по результатам всех испытаний и измерений и сравнением их с результатами предыдущих испытаний и измерений с учетом анализа данных по его эксплуатации.

По результатам оценки состояния трансформатора принимается решение про сроки проведения соответствующего ремонта.

Для своевременного выполнения регламентных работ необходимо вести учет длительности работ узлов и материалов, склонных к износу или старению (силикагель фильтров). Замену силикагеля и холщовой прокладки в термосифонных и адсорбционных фильтрах допускается выполнять на работающем трансформаторе. Для заполнения фильтра следует применять силикагель марки КСКГ согласно ГОСТ 3956 – 76Е. Силикагель, который находился в эксплуатации, необходимо просушить до остаточного

влагосодержания не более 0,5% по (массе). При замене силикагеля особое внимание следует обращать на удаление воздуха из фильтров, руководствуясь при этом инструкцией по эксплуатации термосифонного и адсорбционного фильтров.

Для заполнения воздухоосушителя необходимо применять силикагель марки КСКГ, пропитанный хлористым кальцием и просушенный до остаточного влагосодержания не более 0,5% (по массе). Патрон заполнять индикаторным силикагелем согласно ГОСТ 8984 – 75. Одновременно с заменой силикагеля следует очищать внутреннюю полость и замену масла в масляном затворе, руководствуясь указаниями инструкции по эксплуатации воздухоосушителя. Смазывать шарниры и трущиеся детали передачи устройства РПН серии РНОА необходимо через каждые шесть месяцев тугоплавкой, незамерзающей смазкой.

Смену масла в редукторах приводов устройств РПН необходимо выполнять согласно указаний инструкции по эксплуатации. Не реже одного раза в 6 месяцев необходимо проверять исправность сигнализации отключения вентиляторов обдува. При оперативном отключении трансформатора необходимо оставлять в работе цепи сигнализации маслоуказателей, отсечного клапана и газового реле (защиты РПН).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наука в нашей стране развивается и расширяется, совершенствуя все технологии. Разрабатываются новые аппараты и способы защиты. Из всех доступных на земле энергий электричество более доступно и неисчерпаемо. С помощью электрической энергии человек научился добывать тепловую, механическую. В мире больше становится популярен вопрос о более экономичных приборах и наращивает движение энергосбережения. Так же идут разработки новых приборов с более низкой энергопотребляемостью, что существенно даёт предприятиям возможность экономии. В настоящее время в каждом доме есть электричество – это даёт удобство и уют жилья. В дом поступает горячая вода, отопление, человек готовит еду с помощью электричества.

Используя любую энергию или технологии следует знать определённые правила, которые исключают возможность травмирования и порчи разных вещей у человека. Так же для более экологичности атмосферы разрабатывается транспорт на электрической энергии. Такая техника значительно понизит объёмы выхлопных газов и обеспечит более чистый воздух в больших городах. В настоящее время воздух в столице страны ионизируют, чтобы как то более или менее сделать пригодным для дыхания. Тяжёлую металлургическую промышленность выносят за пределы города, позволяя атмосфере города очиститься.

Наука старается разработать новую другую энергию, которая бы заменила существующую в настоящее время. Но так как альтернатив пока не разработана, то электричество занимает первое место по простоте добычи и в применении её в широком диапазоне.

В квалификационной работе выбрано электрическое оборудование, которое доступно по цене и качеству в настоящее время. Рассчитал аппараты защиты, линии электропитания, выбрал понижающие трансформаторы по заданным параметрам. Спроектировал трансформаторную подстанцию,

отвечающую всем новейшим требованиям и правилам. Приведена правила установки трансформаторной подстанции согласно экологическим требованиям, а так же описал требования к обслуживающему персоналу трансформаторной подстанции.

Выполнены задачи по выбору аппаратов защиты, распределительных устройств, линий электропитания и трансформаторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 12.1.019. – 2009. Электробезопасность – общие требования и номенклатура видов защиты. Москва: Стандартинформ, 2015 – 26 с.

2 ГОСТ 12.1.030. – 81. Электробезопасность – защита, заземление, зануление. Москва: Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 15 мая 1981 г. № 2404 – 10 с.

3 ГОСТ 12.2.024. – 87. Шум. Трансформаторы силовые масляные. Москва.: Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 23.10.87 № 4002 – 9 с.

4 Ершевич В.В. Справочник по проектированию электроэнергетических систем В.В. Ершевич, Г.А.Илларионов. Москва: Энергоатомиздат, 1985. - 345 с.

5 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – Москва: Интермет Инжиниринг. 2014. – 627 с.

6 НТП ЭПП-94. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий. Нормы технологического проектирования - 1-я редакция - Москва.: Тяжпромэлектропроект. - НТИ ЗАО “Энергетика”. сор. 2013. - 18 с.

7 ООО «Таврида Электрик»: каталог продукции. – «Таврида Электрик».

8 Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.2013г. №328н (редакция от 19.02.2016)).

9 Правила устройства электроустановок. Издание 7. – Москва: Энергоатомиздат, 2012. – 627 с.

10 Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/И.П. Крючков– 2-е изд., стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2015. – 416 с.

11 РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования - Взамен РД 153-34.0-



20.527-71 - Введ. 1999 - 01 - 01. - Москва : МЭИ. - НТИ ЗАО “Энергетика”.сop. 2007. - 133 с.

12 Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. - Москва: НЦ ЭНАС, 2000. – 800 с.

13 Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 п.п. 3.3.

14 Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л.Файбисовича. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: ЭНАС, 2013. - 392 с. ил

15 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1. Электроснабжение/Под общ. ред. А.А.Федорова. – Москва: Энергоатомиздат, 2012.- 568 с.: ил.

16 Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. - Москва: Энергоатомиздат, 2015. - 368с.: пл.

17 Шабад М.А. Защита от однофазных коротких замыканий на землю в сетях 6 кВ. Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2014. – 568 с.

18 Шабад М.А. Расчёты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – Ленинград: Энергоатомиздат, 2012. – 685 с.

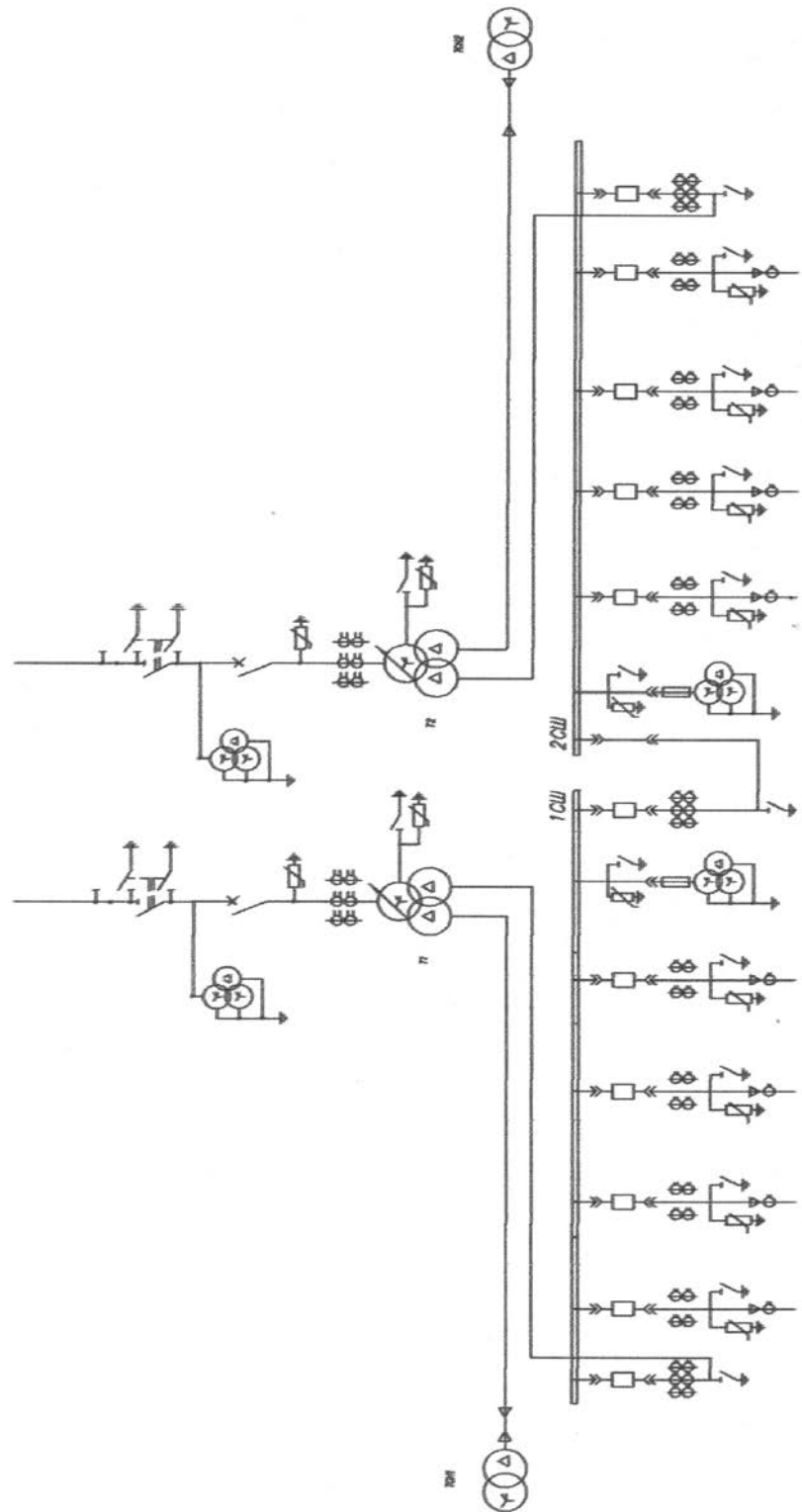
19 Экономика предприятия. – Москва: ИНФРА-М, 1999. – 368 с.

20 Электрические сети и станции. - Ленинград.: Горэнергоиздат, 2013. – 800 с.

21 Электротехнический справочник: В 4 т. Т.3 Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессора МЭИ В.Г.Герасимова - 9-е изд., стер. - Москва: Издательство МЭИ, 2014. - 964 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Принципиальная электрическая схема 110/10кВ



# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

## План и разрезы подстанции 110/10кВ

