Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное образовательное учреждение

профессиональная образовательная организация

«Троицкий технологический техникум»

|  |  |
| --- | --- |
| ЗАЩИТАПротокол ГЭК № \_\_\_\_\_\_\_\_\_Председатель ГЭК\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Карпенко С.П./ (подпись)«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕЗаместитель директора по УПР\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Оноприенко Ю.Н./(подпись)«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

Выпускная квалификационная работа

ПРОЕКТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДСТАНЦИИ 220/110/35кВ

Пояснительная записка

к ВКР

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

|  |  |
| --- | --- |
| Консультант по экономической части:преподаватель ГБПОУ «ТТТ»(ученая степень, должность, место работы)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Ситникова И.А/(подпись, дата) | Разработала:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Зеленцова А.В/(подпись, дата) |
| Рецензент: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(ученая степень, должность, место работы)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ Алешин Н.А/(подпись, дата) | Руководитель: преподаватель ГБПОУ «ТТТ»(ученая степень, должность, место работы)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ Немчинова Э.Т/(подпись, дата) |
| Нормоконтролер: преподаватель ГБПОУ «ТТТ»(ученая степень, должность, место работы)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ Немчинова Э.Т./(подпись, дата) | Работа защищена с оценкой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. |

2021

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное образовательное учреждение

профессиональная образовательная организация

«Троицкий технологический техникум»

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНОПредседатель ГЭК\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Карпенко С.П./ (подпись)«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. | УТВЕРЖДАЮЗаместитель директора по УПР\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Оноприенко Ю.Н./(подпись)«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Студент группы № 402

специальность 13.02.03. Электрические станции, сети и системы

Зеленцова Анастасия Викторовна

(ФИО)

Тема работы: Проект электрической подстанции 220 / 110 / 35 кВ

утверждена приказом по техникуму № \_\_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходные данные

1. С шин 220 кВ питается шариковый завод с установленной мощностью 190 МВт, соsφ =0,7 , Кспроса =0,5

2. С шин 110 кВ питается город населением 150 тысяч жителей, тракторный завод установленной мощностью 150 МВт, соsφ =0,55 , Кспроса =0,45.

3. С шин 35 кВ питается город населением 60 тысяч жителей, спичечная фабрика с установленной мощностью 65 МВт, соsφ =0,6 , Кспроса =0,4

4. Связь с энергосистемой осуществляется по 3ЛЭП.

5. Номинальная мощность энергосистемы Sном = 220 МВА.

6. Сопротивление энергосистемы Хс = 23 Ом.

Сроки сдачи студентом законченной работы «11» июня 2021 г.

Перечень вопросов, подлежащих разработке

1 Общая часть

1.1 Общая характеристика электрической подстанции

1.2 Назначение электрической подстанции

1.3 Конструкции силовых трансформаторов

1.4 Современные электрические аппараты

2 Специальная часть

2.1 Выбор основного оборудования

2.2 Расчет мощности потребителей и количество ЛЭП к ним

2.3 Выбор мощности рабочих и резервных трансформаторов

собственных нужд

2.4 Расчет токов короткого замыкания на ВН и НН

2.5 Выбор токоведущих частей и электрических аппаратов на ВН и НН

2.6 Выбор схем электрических соединений на ВН и НН

согласно НТП

2.7 Выбор распределительных устройств на ВН и НН в соответствии с НТП

3 Экономическая часть

3.1 Абсолютные и удельные вложения капитала в новое строительство подстанции

3.2 Энергетические показатели работы электростанции

3.3 Проектная себестоимость производства энергетической продукции

подстанции

3.4 Калькуляция проектной себестоимости электрической

энергии

3.5 Сравнение технико-экономических показателей, полученных в

расчете курсовой работы или дипломного проекта, с данными проектных

организаций

4 Мероприятия по технике безопасности при работе на подстанции

4.1 Общее положение

4.2 Требования безопасности перед началом работы

4.3 Требования безопасности во время выполнения работ

4.4 Требования безопасности после окончания работ

4.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях

 Заключение

 Библиография

 5 Графическая часть

5.1 Структурная схема подстанции –Э1

5.2 Принципиальная схема подстанции – Э2

5.3 Конструктивный чертеж ОРУ 220 кВ ячейки линии – Э3

5.4 Схема подключения приборов к трансформаторам тока и напряжения подстанции – Э4

Календарный график:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Этапыработы | Характер работы | РуководительФ.И.О. | Сроквыполнения |
| I | Выбор и уточнение темы | Немчинова Э.Т | 24.01.2021 |
| II | Составление развернутого плана | Немчинова Э.Т | 22.02.2021 |
| III | Сбор, изучение, систематизация теоретических источников и фактического материала | Немчинова Э.Т | 24.02-17.05.2021 |
| IV | Предоставление окончательного варианта | Немчинова Э.Т | 11.06.2021 |
| VI | Направление на внешнее рецензирование | Немчинова Э.Т | 15.06.2021 |

Руководитель ВКР Немчинова Э.Т

 (ФИО)

 «10» февраля 2021 г.

Консультанты по разделам:

Экономическая часть Ситникова И.А.

«10» февраля 2021 г.

Задание принял к исполнению Зеленцова А.В

 (ФИО)

 «10» февраля 2021 г

**Содержание**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Разраб.

ЗеленцоваАВ

Провер.

Немчинова ЭТ

Реценз.

Алешин Н.А

Н. Контр.

Утверд.

Проект электрической подстанции 220 / 110 / 35 кВ

Лит.

Листов

79

Введение.................................................................................................................7

1.Общая часть........................................................................................................9

1.1 Общая характеристика электрической подстанции.................................... 9

1.2 Назначение электрической подстанции ...............................................…..10

1.3 Конструкции силовых трансформаторов ...................................................10 1.4 Современные электрические аппараты ..................................................... 14

2 Специальная часть............................................................................................21

2.1 Выбор основного оборудования .................................................................21

2.2 Расчет мощности потребителей и количество ЛЭП к ним ......................24

2.3 Выбор мощности рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд……………………………………………………………………………………25

2.4 Расчет токов короткого замыкания на ВН и НН..................................................26

2.5 Выбор токоведущих частей и электрических аппаратов на ВН и НН...............33

2.6 Выбор схем электрических соединений на ВН и НН согласно НТП………….52

2.7 Выбор распределительных устройств на ВН и НН в соответствии с НТП.......53

3 Экономическая часть.................................................................................................55

3.1 Технические показатели подстанции ...................................................................55

3.2 Энергетические показатели подстанции ..........................................................…56

3.3 Капитальные вложения в подстанцию .................................................................59

3.4 Расчет нормативной численности промышленно-производственного персонала .........................................................................................................................................61

3.5 Расчет себестоимости трансформации электрической энергии ........................63 3.6 Среднегодовые технико-экономические показатели работы проектируемой подстанции ....................................................................................................................69

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

6

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

4 Мероприятия по технике безопасности при работе на подстанции .....................71

4.1 Организация безопасной эксплуатации электрической подстанции ................71

4.2 Средства защиты, применяемые при работах на электрической подстанции...75

Заключение ....................................................................................................................77 Библиография.................................................................................................................79

#

# Введение

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

7

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Тема данной выпускной квалификационной работы «Проект подстанции 220/110/35 кВ».

Выбор темы обусловлен тем, что электрическая подстанция является одним из важнейших элементов энергосистемы Челябинской области и является специальной установкой, которая служит для преобразования и распределения электрической энергии.

В настоящее время энергосистема Челябинской области представляет собой единый комплекс электрических станций и сетей. Объединение данных узлов имеет технологическую, экономическую и хозяйственно-административную значимость. В энергосистеме концентрируется производство электроэнергии, проводится ее передача и распределение с помощью разветвленной сети. Все это направлено на повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии.

Данная работа имеет теоретическую и практическую актуальность. Ее могут использовать специалисты проектных организаций и электросетевых компаний, занимающиеся проектированием электрических подстанций в расчете на индустриальный рост Челябинской области. Подстанция, выполненная по данному проекту, может являться одним из элементов единой энергетической системы Челябинской области (Россети ФСК ЕЭС «МЭС Урала» Южно-Уральское предприятие магистральных электрических сетей).

Кроме того, энергосистема нашей страны получила свое развитие в 40-ые, 50-ые, 60-ые годы XX века, когда основной акцент ставился на надежность, стабильность энергоснабжения потребителей, на скорость восстановления промышленности в военные и послевоенные годы, а не на экономическую целесообразность и качество получаемой электроэнергии потребителями. Поэтому в данной дипломной работе помимо надежности учитывается экономическая целесообразность и выбирается оборудование, изготовленное заводом-изготовителем с применением современных технологий и материалов.

Цель данной выпускной квалификационной работы: выполнить проект подстанции 220/110/35 кВ.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

8

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Задачей данной дипломной работы является грамотно, эффективно и обоснованно, учитывая требования НТП, произвести выбор основного оборудования: силовых трансформаторов, трансформаторов собственных нужд, распределительных устройств на все напряжения, главной схемы электроснабжения, токоведущих частей и электрических аппаратов подстанции, выполняя условия надежности и экономической целесообразности подстанции.

Для достижения цели и решения задач данной дипломной работы используются методы расчета и анализа и сравнения информации.

Таким образом, выполнение проекта электрической подстанции 220/110/35 кВ может стать теоретической основой для создания нового объекта энергосистемы Челябинской области.

#  1Общая часть

Изм.Изм.

ЛистЛист

№ докум.№ докум.

ПодписьПодпись

ДатаДата

ЛистЛист

9

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

#  1.1 Общая характеристика электрической подстанции

В данной выпускной квалификационной работе выполняется проект понижающей электрической подстанции 220/110/35 кВ.

Электрическая подстанция – это специальная установка, которая служит для преобразования и распределения энергии. В ее составе выделяют следующие конструктивные части: силовые трансформаторы, трансформаторы собственных нужд, распределительные устройства на все напряжения, электрические аппараты и токоведущие части.

По способу присоединения к сети подстанции делят на тупиковые, ответвительные, проходные и узловые.

Тупиковая подстанция – это подстанция, получающая электроэнергию от одной электроустановки по одной или нескольким параллельным линиям. Тупиковая подстанция используется в радиальных сетях, для питания промышленных предприятий, удаленных мест добычи полезных ископаемых и других подобных объектах.

Ответвительная подстанция присоединяется глухой отпайкой к одной или двум проходящим линиям.

Проходная подстанция включается в рассечку одной или двух линий с двусторонним или односторонним питанием.

Узловая подстанция - это подстанция, к которой присоединено более двух линий питающей сети, приходящих от двух или более электроустановок.

В данной выпускной квалификационной работе выполняется проектирование электрической части тупиковой подстанции с напряжениям 220/110/35 кB.

#

# 1.2 Назначение электрической подстанции

Электрическая подстанция устанавливается в целях приема и перераспределения электроэнергии от основной станции, ее производящей, к конечным потребителям, находящимся в других районах. Было выявлено, что наиболее экономичным способом передачи данного ресурса является отправка по линиям высокого напряжения. Однако конечные потребители работают при гораздо более низких характеристиках тока. Поэтому при прохождении через подстанции они снижаются для непосредственной подачи электричества к объектам энергопотребления.

Трансформаторные подстанции также служат цели упрощения системы управления и обслуживания энергосистемой. Электросети делят по территориальному признаку на сетевые районы. К каждому из действующих ПЭС (предприятий электросети) прикрепляется диспетчерская и ремонтная служба, которая обслуживает данный объект.

Проектирование подстанций предполагает не только рациональное размещение ПЭС в энергосистеме, но расчет необходимых электротехнических показателей. В процессе создания проекта определяется схема, по которой будет эксплуатироваться объект, высчитываются мощность и другие показатели.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

10

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

# 1.3 Конструкции силовых трансформаторов

Силовые трансформаторы, установленные на подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12—15% ниже, а расход активных материалов и
стоимость на 20—25% меньше, чем в группе трех однофазных
трансформаторов такой же суммарной мощности. Трехфазные
трансформаторы на напряжение 220 кВ изготовляют мощностью до 1000 MBА, на 330 кВ - 1250 MBА, на 500 кВ - 1000 MBA. Удельная единичная мощность трансформаторов ограничивается массой, размерами, условиями транспортировки.

К основным параметрам трансформатора относятся номинальные мощность, напряжение, ток, напряжение КЗ (короткого замыкания); ток XX(холостого хода); потери XX и КЗ.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

11

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Номинальной мощностью трансформатора называется указанное в заводском паспорте значение полной мощности, на которую непрерывно может быть нагружен трансформатор в номинальных условиях места установки и
охлаждающей среды при номинальных частоте и напряжении.

Номинальное напряжение обмоток — это напряжение первичной и вторичных обмоток при холостом ходе (линейные). Номинальным коэффициентом трансформации для двух обмоточных трансформаторов называется отношение высокого напряжения к низкому,
для 3-хобмоточных трансформаторов определяют коэффициент
трансформации каждой пары обмоток.

Номинальными токами обмоток трансформатора называют токи,
определяемые по их номинальным мощностям и номинальным напряжениям. Под номинальной нагрузкой понимают нагрузку, равную номинальному току.

Напряжение короткого замыкания — это напряжение в процентах от
номинального, при подведении которого к одной из обмоток трансформатора в замкнутой накоротко другой обмотке ток равен номинальному. Оно
характеризует полное сопротивление обмоток трансформатора.

Обмотки трансформаторов имеют обычно схемы соединения: звезда с
выведенной нейтралью и треугольник. Сдвиг фаз между ЭДС первичной и вторичной обмоток принято выражать условно группой соединений.

Соединение в звезду обмотки ВН позволяет выполнить внутреннюю изоляцию из расчета фазной ЭДС, т.е. в √3 раз меньше линейной. Обмотки НН
преимущественно соединяются в треугольник, что позволяет уменьшить
сечение обмотки, рассчитав ее на фазный ток I/√3. Кроме того, при
соединении обмотки трансформатора в треугольник создается замкнутый
контур для токов высших гармоник, кратный трем, которые при этом не
выходят во внешнюю сеть, вследствие чего улучшается симметрия
напряжения на нагрузке.

Мощный трансформатор высокого напряжения представляет собой сложное устройство, состоящее из большого числа конструктивных элементов,
основными из которых являются: магнитная система (магнитопровод),
обмотки, изоляция, выводы, бак, охлаждающее устройство, механизм
регулирования напряжения, защитные и измерительные устройства, тележка. В магнитной системе проходит магнитный поток трансформатора (отсюда название «магнитопровод»). Магнитопровод является конструктивной и
механической основой трансформатора.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

12

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Он выполняется из отдельных листов электротехнической стали,
изолированных друг от друга. Качество электротехнической стали влияет на допустимую магнитную индукцию и потери в магнитопроводе.

Магнитопровод и его конструктивные детали составляют остов
трансформатора. На остове устанавливают обмотки и крепят проводники,
соединяющие обмотки с вводами, составляя активную часть. Обмотки
трансформаторов должны обладать достаточной электрической и
механической прочностью. Изоляция обмоток и отводов от нее должна без
повреждений выдерживать коммутационные и атмосферные перенапряжения. Обмотки должны выдерживать электродинамические усилия, которые
появляются при протекании токов КЗ. Необходимо предусмотреть надежную систему охлаждения обмоток, чтобы не возникал недопустимый перегрев
изоляции.

Для проводников обмотки используются медь и алюминий. Как известно, медь имеет малое электрическое сопротивление, легко поддается пайке,
механически прочна, что и обеспечило широкое применение меди для обмоток трансформаторов. Алюминий дешевле, обладает меньшей плотностью, но большим удельным сопротивлением, требует новой технологии выполнения обмоток. В настоящее время трансформаторы с алюминиевой обмоткой
изготовляются на мощность до 6300 кВА.

В современных трансформаторах для обмотки применяется
транспонированный провод, в котором отдельные проводники в параллельном пучке периодически изменяют свое положение. Это выравнивает
сопротивление элементарных проводников, увеличивает механическую
прочность, уменьшает толщину изоляции и размеры магнитопровода.
В масляных трансформаторах основной изоляцией является масло в сочетании с твердыми диэлектриками: бумагой, электрокартоном, гетинаксом, деревом (маслобарьерная изоляция).

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

13

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Значительный эффект дает применение изоляции из специально обработанной бумаги (стабилизированной), которая менее гигроскопична, имеет более высокую электрическую прочность и допускает большой нагрев. В сухих трансформаторах широко применяются новые виды изолирующих материалов повышенной нагрев стойкости на основе кремнийорганических материалов.

Активную часть трансформатора вместе с отводами и переключающими устройствами для регулирования напряжения помещают в бак. Основные
части бака - стенки, дно и крышка. Крышку используют для установки вводов, выхлопной трубы, крепления расширителя, термометров и других деталей. На стенке бака укрепляют охладительные устройства - радиаторы.

При работе трансформатора происходит нагрев обмоток и магнитопровода за счет потерь энергии в них. Предельный нагрев частей трансформатора
ограничивается изоляцией, срок службы которой зависит от температуры нагрева. Чем больше мощность трансформатора, тем интенсивнее должна быть система охлаждения.

Каждый трансформатор имеет условное буквенное обозначение, которое
содержит следующие данные в том порядке, как указано ниже:

- число фаз (для однофазных - О; для трехфазных - Т);

- вид охлаждения - в соответствии с пояснениями, приведенными выше;

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

14

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

- число обмоток, работающих на различные сети (если оно больше двух), для трех обмоточного трансформатора Т; для трансформатора с расщепленными обмотками Р (после числа фаз);

- буква Н в обозначении при выполнении одной из обмоток с устройством РПН;

-буква А на первом месте для обозначения автотрансформатора.

# 1.4 Современные электрические аппараты

Разъединитель — контактный коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи без тока или с незначительным током, который для обеспечения безопасности имеет в отключенном положении изоляционный промежуток.

Разъединители играют важную роль в схемах электроустановок, от
надежности их работы зависит надежность работы всей электроустановки,
поэтому к ним предъявляются следующие требования:

- создание видимого разрыва в воздухе, электрическая прочность которого
соответствует максимальному импульсному напряжению;

- электродинамическая и термическая стойкость при протекании токов КЗ;

- исключение самопроизвольных отключений;

- четкое включение и отключение при наихудших условиях работы
(обледенение, снег, ветер).

Разъединители горизонтально-поворотного типа вы­пускаются на напряжение 10 − 750 кВ. Широкое применение этих разъеди­нителей объясняется значительно меньшими габаритами и более простым механизмом управления. В этих разъединителях главный нож состоит из двух частей. Современные разъединители имеют улучшенную полимерную изоляцию.

Выключатель – это коммутационный аппарат, предназначенный для
включения и отключения тока под нагрузкой и автоматического отключения при коротких замыканиях.

Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа. Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

15

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

К выключателям высокого напряжения предъявляют следующие требования:

- надежное отключение любых токов (от десятков ампер до номинального тока отключения);

- быстрота действия, т.е. наименьшее время отключения;

-пригодность для быстродействующего автоматического повторного
включения, т.е. быстрое включение выключателя сразу же после отключения;

 - возможность пофазного (пополюсного) управления для выключателей 110 кВ и выше;

- легкость ревизии и осмотра контактов;

 - взрыво и пожаробезопасность;

- удобство транспортировки и эксплуатации.

Выключатели высокого напряжения должны длительно выдерживать
номинальный ток  и номинальное напряжение .

В соответствии с ГОСТ 687—78Е выключатели характеризуются следующими параметрами.

1. Номинальный ток отключения $I\_{откл. ном}$— наибольший ток КЗ (действующее значение), который выключатель способен отключить при напряжении,
равном наибольшему рабочему напряжению при заданных условиях
восстанавливающего напряжения и заданном цикле операций. Ток КЗ состоит из периодической и апериодической составляющих. Номинальный ток отключения определяется действующим значением периодической составляющей в момент расхождения контактов.

2. Допустимое относительное содержание апериодической составляющей тока в токе отключения.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

16

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

3. Цикл операций — выполняемая выключателем последовательность
коммутационных операций с заданными интервалами между ними.

В эксплуатации выключатель может неоднократно включаться на
существующее КЗ с последующим отключением, поэтому ГОСТ 687—78Е предусматривает для выключателей определенный цикл операций.

4. Стойкость при сквозных токах характеризуется токами термической
стойкости$I\_{тер}$ и электродинамической стойкости $I\_{дин}$ (действующее
значение),$i\_{дин}$— наибольший пик (амплитудное значение); эти токи
выключатель выдерживает во включенном положении без повреждений,
препятствующих дальнейшей работе.

5. Номинальный ток включения — ток КЗ, который выключатель с
соответствующим приводом способен включить без приваривания контактов и других повреждений, при $U\_{ном}$ и заданном цикле. В каталогах приводится
действующее значение этого тока $I\_{вкл. ном}$и амплитудное значение $i\_{вкл. ном}$.

Выключатели конструируются таким образом, что соблюдаются условия:

6. Собственное время отключения $t\_{с.в}$ – интервал времени от момента подачи команды на отключение до момента прекращения соприкосновения
дугогасящих контактов.

Время отключения $t\_{отк.в}$— интервал времени от подачи команды на
отключение до момента погасания дуги во всех полюсах.

Время включения$t\_{вкл.в}$ — интервал времени от момента подачи команды на включение до возникновения тока в цепи.

Основными конструктивными частями выключателей являются: контактная система с дугогасительным устройством, токоведущие части, корпус,
изоляционная конструкция и приводной механизм. Выключатели последнего поколения заполняются элегазом или в них создается вакуум.

Электрическая прочность вакуумного промежутка во много раз больше, чем воздушного при атмосферном давлении. Это свойство используется в вакуумных дугогасительных камерах КДВ. Рабочие контакты имеют вид полных усеченных конусов с радиальными прорезями. Такая форма контактов при размыкании создает радиальное электродинамическое усилие,
заставляющее перемещаться дугу через зазоры  на дугогасительные
контакты. Материал контактов подобран так, чтобы уменьшить количество испаряющегося металла. Вследствие глубокого вакуума ($10^{-4}-10^{-6}$)
происходит быстрая диффузия заряженных частиц в окружающее
пространство, и при первом переходе тока через нуль дуга гаснет.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

17

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Достоинства вакуумных выключателей: простота конструкции, высокая степень надежности, высокая коммутационная износостойкость, малые
размеры, пожаро и взрывобезопасность, отсутствие загрязнения окружающей среды, малые эксплуатационные расходы.

Недостатки вакуумных выключателей: сравнительно небольшие номинальные токи и токи отключения, возможность коммутационных

Элегаз обладает высокими дугогасящими свойствами, которые
используются в различных аппаратах высокого напряжения. Выключатели нагрузки элегазовые во многом напоминают конструкцию отделителей.
Однако для успешного отключения тока в них предусматриваются устройства для вращения дуги в элегазе. В подвижный и неподвижный контакты
встроены постоянные магниты из феррита, которые создают магнитные поля, направленные встречно. При размыкании контактов образуется дуга, ток
которой взаимодействует с радиальным магнитным полем, в результате чего создается сила F, перемещающая дугу по кольцевым электродам. Вращение дуги в элегазе способствует быстрому гашению. Чем больше отключаемый ток, тем больше скорость перемещения дуги, это защищает контакты от
обгорания. Контактная система описанной конструкции помещается внутри фарфорового корпуса, заполненного элегазом и герметически закрытого.
Давление внутри камеры 0,3 МПа. Подпитка при возможных утечках
происходит из баллона со сжатым элегазом.

Достоинства элегазовых выключателей; пожаро- и взрывобезопасность
быстрота действия, высокая отключающая способность, малый износ
дугогасительных контактов, возможность создания серий с
унифицированными узлами, пригодность для наружной и внутренней
установки.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

18

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Недостатки: необходимость специальных устройств для наполнения,
перекачки и очистки $SF\_{6}$, относительно высокая стоимость $SF\_{6}$, экологические проблемы эксплуатации.

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

Трансформатор тока имеет замкнутый магнитопроводи две обмотки —
первичную и вторичную. Первичная обмотка включается последовательно в цепь измеряемого тока $I\_{1}$, ко вторичной обмотке присоединяются измерительные приборы, обтекаемые током $I\_{2}$. Трансформатор тока характеризуется номинальным коэффициентом трансформации, где $I\_{1}$ ном и $I\_{2}$ ном номинальные значения первичного и вторичного тока соответственно. Значения номинального вторичного тока приняты равными 5 и 1 А.

Коэффициент трансформации трансформаторов тока не является строго
постоянной величиной и может отличаться от номинального значения
вследствие погрешности, обусловленной наличием тока намагничивания.
Погрешность трансформатора тока зависит от его конструктивных
особенностей; сечения магнитопровода, магнитной проницаемости материала магнитопровода, средней длины магнитного пути, значения I1 ∙W1.

В зависимости от предъявляемых требований, выпускаются трансформаторы тока с классами точности 0,2; 0,5; 1; 3; 10. Указанные цифры представляют собой токовую погрешность в процентах номинального тока при нагрузке первичной обмотки током 100 - 120% для первых трех классов и 50-120% для двух последних. Для трансформаторов тока классов точности 0,2; 0,5 и 1 нормируется также угловая погрешность.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

19

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ

Погрешность трансформатора тока зависит от вторичной нагрузки
(сопротивление приборов, проводов, контактов) и от кратности первичного тока по отношению к номинальному. Увеличение нагрузки и кратности тока приводит к увеличению погрешности.

Токовые цепи измерительных приборов и реле имеют малое сопротивление, поэтому трансформатор тока нормально работает в режиме, близком к режиму КЗ. Если разомкнуть вторичную обмотку, магнитный поток в магнитопроводе резко возрастет, так как он будет определяться только МДС первичной обмотки. В этом режиме магнитопровод может нагреться до недопустимой температуры, а на вторичной разомкнутой обмотке появится высокое напряжение, достигающее в некоторых случаях десятков киловольт.

Из-за указанных явлений не разрешается размыкать вторичную обмотку трансформатора тока при протекании тока в первичной обмотке. При
необходимости замены измерительного прибора или реле предварительно
замыкается накоротко вторичная обмотка трансформатора тока (или
шунтируется обмотка реле, прибора).

Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого
напряжения до стандартного значения 100В или 100/$\sqrt{3}$В и для отделения
цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения. Для безопасности обслуживания один выход вторичной обмотки заземлен.
Трансформатор напряжения в отличие от трансформатора тока работает в
режиме, близком к холостому ходу, так как сопротивление параллельных
катушек приборов и реле большое, а ток, потребляемый ими, невелик.

Суммарное потребление обмоток измерительных приборов и реле,
подключенных к вторичной обмотке трансформатора напряжения, не должно превышать номинальную мощность трансформатора напряжения, так как в противном случае это приведет к увеличению погрешностей. В заданном проекте выбираются самые современные электрические аппараты с улучшенной полимерной изоляцией отечественного производства, элегазовые и вакуумные.

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

20

ТТТ.13.02.03.000.07.00. ПЗ