«ОАО «Газпром»

НОУ СПО «Новоуренгойский техникум газовой промышленности»

**УТВЕРЖДЕНО**

Учебно-методическим советом

НОУ СПО «Новоуренгойский

техникум газовой

промышленности»

ОАО «Газпром»

Протокол № \_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Председатель совета

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ П.Ф. Бобр

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОТДЕЛЕНИЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»**

**ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей»**

Специальность: 270483 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Новый Уренгой

2014

Методические указания и контрольные задания для студентов отделения заочной формы обучения к выполнению домашней контрольной работы разработаны в соответствии с рабочей программой МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» утвержденной заместителем директора по УР П.Ф.Бобром \_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_ года

Разработчики: Константинова Е.Г- к.т.н. зав.кафедрой ЭТС

Байол Л.В. – преподаватель профессионального цикла

Данные методические указания и контрольные задания для студентов отделения заочной формы обучения к выполнению домашней контрольной работы являются собственностью © НОУ СПО «Новоуренгойский техникум газовой промышленности» ОАО «Газпром»

Рассмотрены на заседании кафедры ЭТС и рекомендованы к применению

Протокол №\_\_\_ от «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_г.

Зав.кафедрой ЭТС Константинова Е.Г.

Зарегистрированы в реестре учебно-методической документации

Регистрационный номер \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| **1** Введение | 4 |
| **2** Тематический план | 6 |
| **3** Содержание и методические указания по изучению дисциплины | 7 |
| **Тема 1.** Основные понятия о системах внешнего электроснабжения | 7 |
| **Тема 2.** Системы внешнего электроснабжения промышленных предприятий | 9 |
| **Тема 3** Проектирование городских электрических сетей | 10 |
| **Тема 4** Релейная защита и автоматизация систем внешнего электроснабжения | 11 |
| **4** Перечень практических и лабораторных работ | 13 |
| **5** Литература | 14 |
| **6** Методические указания к выполнению контрольной работы | 16 |
| **7** Задания для контрольной работы | 35 |

**1 Введение**

Рабочая программа МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ 03 «Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» предназначена для реализации Федерального государственного стандарта по специальности 270843 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий» и является единой для всех форм обучения.

Содержание программы МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий » направлено на формирование и развитие профессиональных компетенций, и лучшее понимание социальной значимости специальности обучения.

Программа МДК 03.01 рассматривает типы и назначение электрических станций, потери мощности и электроэнергии в основных элементах системы внешнего электроснабжения; выбор электрических аппаратов и токоведущих частей в сетях напряжением выше 1 кВ по условиям короткого замыкания; расчет электрической нагрузки предприятий, проектирование городских электрических сетей, вопросы релейной защиты и автоматизации систем внешнего электроснабжения.

По учебному плану изучение МДК03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» предусматривается проведение обзорных занятий, практических и лабораторных работ в период лабораторно-экзаменационной сессий и межсессионных консультаций. Большая часть теоретического материала подлежит самостоятельному изучению студентами-заочниками, и в качестве одной из форм самостоятельной работы студентов предусмотрено выполнение домашней контрольной работы, включающей задания практического характера. Лабораторные и практические работы предназначены для углубленного изучения теоретического материала, получения практических навыков и умений при работе с автоматизированным электроприводом.

В качестве итогового контроля знаний предусматривается экзамен.

Контрольные задания разработаны в соответствии с действующей программой междисциплинарного курса, утвержденной зам.директора НОУ СПО НТГП.

В результате выполнения контрольных заданий, практических занятий, лабораторных работ и изучения теоретической части дисциплины студент должен

**уметь:**

- выполнять проектную документацию с использованием персонального компьютера;

**знать:**

- основные методы расчета и условия выбора электрических сетей.

***а также сформировать элементы профессиональных компетенций:***

ПК 3.1. Организовывать и производить монтаж воздушных и кабельных линий с соблюдением технологической последовательности.

ПК 3.2. Организовывать и производить наладку и испытания устройств воздушных и кабельных линий.

ПК 3.3. Участвовать в проектировании электрических сетей.

***и общих компетенций:***

* ОК 1 понимать сущность и профессиональную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;
* ОК 2 организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;
* ОК 3 работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;
* ОК 4 брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий;
* ОК 5 самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
* ОК 6 работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
* ОК 7 брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
* ОК 8 самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
* ОК 9 ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Цель методических указаний – оказать помощь студентам – заочникам при выполнении домашней контрольной работы и изучения теоретического курса МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий» ПМ 03 Организация и выполнение работ по монтажу и наладке электрических сетей» .

**2 Тематический план**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование разделов и тем | Количество часов при очной форме обучения | |
| Всего | Лаб. и практ. занятия |
| **Введение** | **2** |  |
| **Тема 1.** Основные понятия о системах внешнего электроснабжения | 16 | 6 |
| **Тема 2.** Системы внешнего электроснабжения промышленных предприятий | 24 | 16 |
| **Тема 3** Проектирование городских электрических сетей | 10 | 4 |
| **Тема 4** Релейная защита и автоматизация систем внешнего электроснабжения | 18 | 12 |
| **Всего** | **68** | **38** |

**3 Содержание и методические указания по изучению МДК 03.01 «Внешнее электроснабжение промышленных и гражданских зданий»**

**Введение [ Л 1,3,6, 6д,7д ]**

Цели и задачи междисциплинарного курса. Определение и назначение систем внешнего электроснабжения. Основные элементы систем внешнего электроснабжения: электростанция, независимый источник питания, воздушная линия электропередач, кабельная линия электропередач, электрическая сеть, трансформаторная подстанция, потребитель электрической энергии. Условные обозначения элементов систем внешнего электроснабжения в схемах электроснабжения. Понятие «шкала номинальных напряжений». Шкала номинальных напряжений в сетях внешнего электроснабжения и области применения напряжений.

**Вопросы для самопроверки:**

**1** Определение и назначение систем внешнего электроснабжения.

2 Шкала номинальных напряжений в сетях внешнего электроснабжения и области применения напряжений систем автоматизированного электропривода.

3 Основные элементы системы электроснабжения

Тема 1 Основные понятия о системах внешнего электроснабжения

**[ Л 3,6,8, 7д ]**

Назначение и типы электрических станций. Классификация электрических станций и режимы их работы. Принцип действия и устройство тепловых, атомных и гидравлических электростанций. Нетрадиционные способы получения электрической энергии. Перспективы развития и роль электрических станций в производстве электроэнергии. Влияние электрических станций на окружающую среду и за­щита ее от вредных выбросов. Способы передачи электроэнергии

Режимы работы нейтрали в установках напряжением выше 1 кВ

Схемы соединения обмоток трансформаторов. Режимы и особенности работы нейтралей трансформаторов. Принцип выбора режима работы нейтрали электроустановки. Требование ПУЭ к заземляющему устройству электроустановок выше 1 кВ (1.7).

Понятие о надежности электроснабжения и качестве электрической энергии в системах внешнего электроснабжения

Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения согласно ПУЭ. Основные принципы электроснабжения. Понятие качества электрической энергии. Показатели качества электроэнергии (основные и вспомогательные) согласно ГОСТ 13109-97. «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения». Нормально допустимые и предельно допустимые значения показателей качества электроэнергии.

Распределение электроэнергии в сетях выше 1 кВ

Структурные схемы распределения электроэнергии по промышленным предприятиям. Классификация сетей напряжением выше 1 кВ. Конструкции линий электропередачи и основные элементы: кабели, провода, опоры, изоляторы. Применение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена и самонесущих изолированных проводов. Токопроводы высокого напряжения. Расчет и выбор сечений проводников по экономической плотности тока

Потери мощности и электроэнергии в основных элементах системы внешнего электроснабжения. Потери мощности и электроэнергии в линиях электропередачи. Потери мощности и электроэнергии в силовых трансформаторах. Причины потерь и способы их снижения. Требования ПУЭ к минимальному сечению проводов воздушных линий электропередачи по условиям короны. Расчет потерь мощности и электроэнергии в линиях и трансформаторах. Понятие времени использования максимума нагрузки (Тм) и времени максимальных потерь мощности (τм).

Короткие замыкания в электроустановках напряжением выше 1 кВ Короткие замыкания в электроустановках. Виды коротких замыканий. Физическая сущность процесса короткого замыкания. Причины, последствия и способы устранения коротких замыканий в сетях напряжением выше 1 кВ. Методика расчетов токов короткого замыкания.

Электродинамическое и термическое действия токов КЗ и последствия этих воздействий на электрооборудование. Способы ограничения токов короткого замыкания.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Технологическая схема получения электроэнергии на тепловых электростанциях. Достоинства и недостатки. Влияние электрических станций на окружающую среду и за­щита ее от вредных выбросов.
2. Технологическая схема получения электроэнергии на АЭС. Достоинства и недостатки. Влияние электрических станций на окружающую среду и за­щита ее от вредных выбросов.
3. Технологическая схема получения электроэнергии на ГЭС. Достоинства и недостатки.
4. МГД-генераторы, принцип получения электроэнергии.
5. ГОСТ 13109-97. «Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения». Нормально допустимые и предельно допустимые значения показателей качества электроэнергии.
6. Понятие об отклонении, колебании и падении напряжения в линии, причины и способы их устранения.
7. Расчет и выбор сечений проводников по экономической плотности тока.
8. Технология получения электроэнергии на ветровых и солнечных электростанциях. Достоинства и недостатки, применение.
9. Технология получения электроэнергии на приливных и геотермальных электростанциях. Достоинства и недостатки.
10. Режимы работы нейтрали трансформаторов при различных напряжениях.
11. Категории электроприемников и надежность электроснабжения.
12. Построение схем внешнего электроснабжения.
13. Потери мощности и электроэнергии в основных элементах системы внешнего электроснабжения.
14. Расчет токов короткого замыкания в именованных единицах.
15. Расчет токов короткого замыкания в относительных единицах.
16. Физическая сущность короткого замыкания. Волновая диаграмма.
17. Определение токов короткого замыкания по расчетным кривым.
18. Электродинамическое действие токов короткого замыкания и условие проверки на электродинамическую устойчивость аппаратов.
19. Термическое действие токов короткого замыкания и условие проверки на термическую устойчивость аппаратов.

**Тема 2 Системы внешнего электроснабжения промышленных предприятий**

**[Л 1,3,6,8, 3д, 5д,7д ]**

Устройство и конструктивное выполнение сетей выше 1 кВ. Виды электрических сетей промышленных предприятий. Конструктивное выполнение электрических сетей. Виды схем электроснабжения. Их достоинства и недостатки.

Схемы электрических станций и подстанций

Общие сведения. Основные требования к главным схемам электроустановок Схемы тупиковых, ответвительных, проходных и мощных узловых подстанций. Схемы электроснабжения собственных нужд подстанций.

Комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства в сетях выше 1 кВ.

Конструкция и основное электрооборудование закрытых распределительных устройств (ЗРУ) подстанций.

Размещение РУ на территориях подстанций. Требования к конструкциям ЗРУ. Конструкции ЗРУ 6-10 кВ с одной системой шин. Конструкции ЗРУ 35-220 кВ .

Конструкция и основное электрооборудование открытых распределительных устройств (ОРУ) подстанций. Требования ПУЭ к конструкциям ОРУ.

Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей в сетях напряжением выше 1 кВ по условиям короткого замыкания. Необходимость проверки токоведущих частей и аппаратов на действие токов короткого замыкания. Требование ПУЭ (г.1.4) к выбору электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания. Алгоритм проверки выбора токоведущих частей и аппаратов по токам короткого замыкания. Ограничение токов короткого замыкания. Токоограничивающие реакторы, принцип их действия и включение в сеть 6 – 10 кВ.

Назначение расчетов электрических нагрузок. Виды мощностей учитываемых в расчете электрических нагрузок. Влияние потерь мощности в трансформаторах и электрических сетях на электрические нагрузки предприятия. Понятие коэффициента одновременности максимумов силовой нагрузки, правила его определения. Использование коэффициента одновременности максимумов силовой нагрузки при расчете электрических нагрузок предприятия.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Схемы электрических станций и подстанций: магистральная, кольцевая, радиальная, достоинство, недостатки.
2. Главные понижающие подстанции, основное электрооборудование.
3. Элегазовыевыключатели. Устройство, достоинства и недостатки.
4. Вакуумные выключатели. Устройство, достоинства и недостатки.
5. Высоковольтные выключатели нагрузки. Устройство, достоинства и недостатки.
6. Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Назначение, принцип действия.
7. Трансформаторы тока. Назначение и технические параметры.
8. Трансформаторы напряжения. Назначение и технические параметры.
9. Распределительные устройства подстанций, их типы и характеристики.
10. Методы расчёта эектрических нагрузок .
11. Выбор проводов и кабелей.
12. Выбор шин прямоугольного сечения.
13. Порядок выбора высоковольтных выключателей.
14. Порядок выбора разъединителей, отделителей.
15. Порядок выбора короткозамыкателей и разрядников.
16. Порядок выбора трансформаторов тока.
17. Порядок выбора опорных изоляторов.

**Тема 3 Проектирование городских электрических сетей**

**[Л 1,3,8, 9д,6д]**

Устройство и конструктивное выполнение городских электрических сетей

Виды и конструктивное выполнение электрических сетей. Выбор способа прокладки электрических сетей согласно требованиям ПУЭг.7.1- 7.2. Схемы электроснабжения, их достоинства и недостатки.

Расчетные электрические нагрузки жилых и общественных зданий. Методы расчета электрических нагрузок. Понятия и определение расчетной электрической нагрузки жилого дома (общественного здания) и расчетной электрической нагрузки микрорайона. Выбор месторасположения ТП микрорайона.

Выбор электрооборудования распределительных устройств и трансформаторных подстанций. Выбор числа и мощности трансформаторов на подстанциях. Выбор сечения проводников городских электрических сетей.

**Вопросы для самопроверки:**

1.Виды и конструктивное выполнение электрических сетей.

2.Выбор способа прокладки электрических сетей согласно требованиям ПУЭ.

3.Схемы электроснабжения городских элекрических сетей, их достоинства и недостатки.

4.Расчет городских электрических сетей.

5.Выбор сечения проводников городских электрических сетей.

6.Выбор числа и мощности трансформаторов на подстанциях.

7.Выбор электрооборудования распределительных устройств и трансформаторных подстанций.

8. Определение месторасположения ТП микрорайона.

**Тема 4 Релейная защита и автоматизация систем внешнего электроснабжения**

**[ Л 3,4,1д,2д ]**

Основные понятия и виды релейных защит. Назначение релейной защиты и основные требования ПУЭ, предъявляемые к ней. Устройство и принцип действия различных видов реле (реле тока, напряжения, времени, указательных, промежуточных, сопротивления, направления мощности).

Виды релейных защит: максимальная токовая, токовая отсечка, дифференциальная токовая защита, газовая защита, защита от замыканий на землю и принцип их действия. Оперативный ток в схемах релейной защиты (постоянный, переменный). Схемы соединения вторичных обмоток трансформатора тока (звезда, неполная звезда). Расчет тока срабатывания максимальной токовой защиты и токовой отсечки.

Защита отдельных элементов систем электроснабжения. Релейная защита силовых трансформаторов. Релейная защита воздушных и кабельных линий Релейная защита высоковольтных двигателей. Основные схемы и принцип действия защит. Требование ПУЭ к релейной защите.

Схемы управления, учета и сигнализации. Дистанционное управление и сигнализация на подстанциях. Назначение, устройство и основные аппараты управления, блокировки безопасности. Виды учета электроэнергии.

Автоматизация систем электроснабжения. Виды, назначение и основные требования к устройствам автоматики в системах электроснабжения. Принципиальные схемы: автоматического ввода резерва (АВР), автоматического повторного включения (АПВ), автоматической разгрузки по частоте (АЧР) и автоматической разгрузки по току (АРТ). Диспетчеризация и автоматизация в системах электроснабжения. Требование ПУЭ к автоматике и телемеханике.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назначение релейной защиты.
2. Виды релейной защиты и основные требования к устройствам автоматики в системах электроснабжения.
3. Дифференциальная токовая защита. Схема и принцип действия.
4. Максимальная токовая защита. Схема и принцип действия.
5. Токовая отсечка. Схема и принцип действия.
6. Устройство и принцип действия реле тока.
7. Устройство и принцип действия реле напряжения.
8. Устройство и принцип действия реле времени.
9. Устройство и принцип действия реле указательных, промежуточных.
10. Устройство и принцип действия реле сопротивления.
11. Устройство и принцип действия реле напряжения, мощности.
12. Принцип действия реле газовой защиты.
13. Принцип действия реле защиты от замыканий на землю.
14. Расчет тока срабатывания максимальной токовой защиты
15. Расчет тока срабатывания токовой отсечки.
16. Релейная защита силовых трансформаторов.
17. Релейная защита высоковольтных линий.
18. Принципиальная схема: автоматического ввода резерва (АВР), применение в СЭС.
19. Принципиальная схема: автоматического повторного включения (АПВ), применение в СЭС.
20. Принципиальные схемы автоматической разгрузки по частоте (АЧР) и автоматической разгрузки по току (АРТ), применение в СЭС.

**4 Перечень практических и лабораторных работ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№**  **работы** | **Наименование работы** | **Кол-во**  **часов** |
|  | **Практические занятия** |  |
| 1 | Расчет токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением выше 1 кВ в относительных и именованных единицах | 4 |
| 2 | Расчет токов короткого замыкания по расчетным кривым | 2 |
| 3 | Расчет электрической нагрузки предприятия | 4 |
| 4 | Выбор числа и мощности трансформаторных подстанций предприятия | 2 |
| 5 | Выбор токоведущих частей в сетях напряжением выше 1 кВ по условиям короткого замыкания | 2 |
| 6 | Выбор разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, выключателей нагрузки по условиям короткого замыкания | 2 |
| 7 | Выбор высоковольтных выключателей по условиям короткого замыкания | 2 |
| 8 | Графическое построение электрической принципиальной схемы электроснабжения предприятия | 4 |
| 9 | Расчёт и выбор основного электрооборудования главной понижающей трансформаторной подстанции | 4 |
|  | **Лабораторные работы** |  |
| 1 | Подключение к сети синхронного генератора методом точной синхронизации | 2 |
| 2 | Определение тока статора синхронного генератора при параллельной работе с сетью | 2 |
| 3 | Трехфазное АПВ линии электропередачи с односторонним питанием | 2 |
| 4 | Исследование дистанционного/автоматизированного управления моделью автоматической системы электроснабжения с помощью виртуального пульта | 4 |
| 5 | Исследование работы автономной электроэнергетической системы | 2 |
|  | итого | 38ч |

**5 Литература**

**Основные источники**

1 Конюхов Е.А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для СПО. 7-е изд.

испр. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 320 с.

2 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности)при эксплуатации электроустановок. М.: КНОРУС,2012.168с.

3 Правила устройства электроустановок. 6-е . и 7-е изд. с изм. и доп. М.: КНОРУС, 2011. 488 с.

4 Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ Том 2-4. М.: 2008г

5 Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие для СПО. М.: ФОРУМ,2010. 496 с.

6 Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: справочник: учеб. пособие. М.: ИД ФОРУМ – ИНФРА-М, 2009. 480 с.

7 Киреева Э.А, Шерстнев С.Н. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике М.: КНОРУС, 2012. 864 с

8 Кудрин Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 352 с.

**Дополнительные источники**

1 Овчаренко Н.И. Микропроцессорные комплексы релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей, М. Энергопрогресс, 1999.

2 Гурин Н.А Электрооборудование промышленных предприятий и установок /Гурин Н.А., Янукович Г.И. Минск: Высшая школа 1990

3 Техническое обслуживание релейной защиты и автоматики электростанций и электрических сетей. Ч.1. Электромеханические реле. М., НЦ ЭНАС, 1999.

4 Щербаков Е.Ф., Александров Д.С., Дубов А.Л. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учеб. пособие для СПО. М.: ФОРУМ,2010. 496 с.

5 Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок./ Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю., ., Яшков В.А. М.: Высшая школа 2001

6 Коновалова Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок./ Коновалова Л.Л. Рожкова Л.Д. -М.:Энергоатомиздат,1989г.

7 Липкин Б.Ю. Соколова В.И. Электроснабжение промышленных предприятий и установок -М.: Высшая школа, 1990г.

8 Шеховцов В.П. Расчёт и проектирование схем электроснабжения. М.: Форум-инфра-М, 2004

9 Проектирование кабельных сетей и проводов./ под общ. Редакцией Г.Е. Хромченко, М.: Энергия, 1980.- 384

1. ПТЭЭП, Екатеринбург, Уралюриздат, 2004.

11 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Элекрическиая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат, 1989.-608с

12 Журналы «Энергетика за рубежом».

# **Нормативно-технические документы**

1 ГОСТР 51778-2001 Щитки распределительные для производственных и общественных зданий. Общие технические условия

2 ГОСТР 50571.10-96 Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники.

3 ГОСТР 50571.2-94, Электроустановки зданий, Часть 3, Основные характеристики

4 ГОСТ 21.608-84 Система проектной документации для строительства. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи

5 ГОСТ 50571.3-94 Электроустановки зданий, Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током

6 ГОСТ 505 71.15-97, Электроустановки зданий, Часть 15, Электропроводки

7 ГОСТ 51732-2001 Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий

8 ГОСТ 50571.11-96 Требования к специальным электроустановкам. Ванные и душевые помещения

9 ГОСТ Р 50571.1-93 Электроустановки зданий. Основное положение

10 СП 31-110-2003 "Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий"

11 ГОСТ 21128-83 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В.

12 ГОСТ 721-77 Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения выше 1000 В.

13 ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

1. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к тестовым документам.

15ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Общие требования к чертежам.

16 ГОСТ 27322-87 Энергобаланс промышленного предприятия. Общее положение.

17ГОСТ.Р. 50571-97 Электроустановки зданий.

18ГОСТ 29322-92 «Стандартные напряжения».

19[ГОСТ 30804.4.30-2013](garantF1://70565936.0) (IEC 61000-4-30:2008) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии

20ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств

21ГОСТ 30804.3.3-2013 (МЭК 61000-3-3:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний

22 ГОСТ 23286-78 «Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением».

23 ГОСТ Р МЭК 449-96 «Электроустановки зданий. Диапазоны напряжений».

24 ГОСТ Р 50509-93 (МЭК 391-72) «Маркировки изолированных проводников».

# 25Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 6 ноября 2012 г. N 630 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по выбору и проверке электрических аппаратов и кабелей напряжением 6 (10) кВ""

**Интернет-ресурсы:**

1 Нормативно-технические документы: ГОСТы, Правила, СНиПы, СТО Газпром и др. Промышленный портал. <URL:http:www.complexdoc.ru>

2 Электротехническая библиотека. <URL:http://www.electrolibrary.info>

6 Методические указания к выполнению контрольной работы

Учебным планом предусматривается одна домашняя контрольная работа. Выполнение контрольной работы – это один из основных видов самостоятельной работы студента –заочника ,позволяющих освоить программу учебной дисциплины .

Прежде чем приступить к выполнению домашней контрольной работы необходимо изучить программный материал курса согласно тематическому плану.

Контрольная работа состоит из расчётной и графической частей. При выполнении расчётной части необходимо ссылаться на справочную литературу, выбранное электрооборудование расшифровывать. В графической части подписать выбранное электрооборудование.

При выполнении контрольной работы необходимо :

* выполнить расчётную часть в тетради в клетку, («от руки»);
* начертить схемы в соответствии с действующими стандартами на буквенные и графические обозначения элементов схем (схемы можно выполнить в графическом редакторе на компьютере);
* привести список использованых источников литературы в конце контрольной работы;
* произвести все расчеты в системе СИ;
* не допускается применение ксерокопий в контрольной работе.

Все расчеты и выбор электрооборудования должны выполняться с подробными пояснениями и ссылками на литературу.

Контрольные задания разработаны на 30 вариантов. Номер варианта соответствует порядковому номеру зачётной книжки студента.

Контрольные работы, выполненные небрежно, с нарушениями предъявляемых требований, и несоответствующие заданному варианту, не зачитываются.

**6.1 Расчет токов короткого замыкания**

В электрических установках могут возникать различные виды коротких замыканий, сопровождающихся резким увеличением тока. Поэтому электрооборудование, устанавливаемое в системах электроснабжения, должно быть устойчивым к токам короткого замыкания и выбираться с учетом величин этих токов.

Согласно ПУЭ - силы токов короткого замыкания рассчитывается в тех точках сети, при коротком замыкание в которых аппараты и токоведущие части будут находиться в наиболее тяжёлых условиях. Для вычисления силы токов короткого замыкания составляется расчетная схема, на которую наносится все данные, необходимые для расчета, и точки, где следует определить токи короткого замыкания.



Рисунок 1. Расчётная схема



Рисунок. 2. Схема замещения

Все расчетные данные приводятся к базисному напряжению и базисной мощности. За базисное напряжение по шкале средних напряжений, принимаются ниже приведенные значения (таблица 1).

Таблица 1- Шкала средних напряжений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, кВ | 0,22 | 0,38 | 0,66 | 3 | 6 | 10 | 20 | 35 | 110 | 220 |
| Uн, кВ | 0,23 | 0,4 | 0,69 | 3,15 | 6,33 | 10,5 | 21 | 37 | 115 | 230 |

1. **Порядок расчета токов короткого замыкания (Iкз) в относительных единицах.**

Этот метод применяется для определения величин Iкз в сетях напряжением выше 1000 В.

1.1 Составляется расчетная схема и намечаются расчетные точки. (обычно расчетная точка берется на шинах РУ).

1.2По расчетной схеме составляется схема замещения, заменяя элементы их сопротивлениями.

1.3 Задаются базисными условиями Sб и Uб:

Sб – базисная мощность, МВА, принимается равной сумме номинальных мощностей источников питания (генераторов) – если это известно, но если этих данных нет, то Sб принимается условно равной числу, удобному для расчетов. Чаще всего это 100 МВА или 1000 МВА;

Uб–базисное напряжение, это напряжение больше на 5% от номинального напряжения в расчетной точке, его еще называют средним напряжением, принимается по таблице 1.

* 1. Определяется величина базисного тока, кА:

 ; (1)

1.5 Величину относительных сопротивлений (Х\*) элементов можно определить по формулам:

*- для энергосистемы:*

а)  , (2)

где SK - мощность короткого замыкания системы, МВА;

б)  , (3)

где Х\*г — относительное сопротивление генератора;

Хd- сверхпроводное индуктивное сопротивление генератора.

в) если Sc = ∞, то Хс = 0;

*- для двухобмоточного трансформатора:*

, (4)

где *uк*- напряжение короткого замыкания трансформатора.

*- для линии:*

 , (5)

где U*cp*- среднее значение напряжения от рабочего напряжения линии, кВ;

*L* – длина линии электропередач, км.

 , (6)

где rо, хо – соответственно активное и индуктивное сопротивление 1 км длины, определяется по справочной литературе **[ Л 6д, 8д ]**

.

1.6. Определяется суммарное относительное сопротивление от энергосистемы до расчётной точки Х\*К∑, преобразуя схему замещения. Для этого находится эквивалентные сопротивления последовательно и параллельно включенных элементов:

для последовательно соединения элементов:

 ; (7)

1.7. Рассчитывается значения токов короткого замыкания по формулам:

а) установившийся ток короткого замыкания, кА:

 ; (8)

или



б) ударный ток короткого замыкания, кА:

 , (9)

где К*уд*- ударный коэффициент, зависящий от места точки короткого замыкания в энергосистеме, его значение принимается равным 1,8.

в) мощность короткого замыкания в расчётной точке, МВА:

 . (10)

**6.2. Выбор электрооборудования подстанции**

В данном разделе необходимо указывать назначение каждого электрооборудования, марку выбранного типа оборудования расшифровываются.

1.*Условия выбора и проверки шин со стороны низшего напряжения ГПП.*

[ Л 3,4,6д,11д]

1.1Выбор площади сечения по нагреву длительным током:

Iдоп. ≥ Iрасч

 . (11)

1.2 Выбранное сечение шин проверяется на динамическую устойчивость к току короткого замыкания, Н:

 , (12)

где Fм- максимальное усилие, Н;

l - длина пролёта между соседними опорами, см;

*а* - расстояние между осями шин, см, принимается равной 100, 150, 200мм;

iуд – ударный ток в точке КЗ, кА;

Расчетное напряжение в шине, Н/см2:

 , (13)

где Мmax- наибольший изгибающий момент шин, определяется следующим образом: при одном или двух пролётах, Н\*см:

 *;* (14)

при трёх и более пролётах:

.(15)

Рассчитывается момент сопротивления сечения, см3:

-при расположение шин широкими сторонами друг к другу (на ребро):

 ; (16)

- при расположении шин плашмя:

 , (17)

где b- толщина шины, см;

h- ширина шины, см.

Шины будут работать надёжно, если выполнено условие: σр< σдоп

Допустимое напряжение в шинах:

σдоп =7\*103 Н/см2 – для алюминия;

σдоп =14\*103 Н/см2  - для меди;

σдоп =16\*103 Н/см2  - для стали.

Если при расчёте оказалось, что σр>σдоп, то выполнения условия необходимо увеличить расстояние между шинами (а) или уменьшить пролёт между опорами – изоляторами.

Ток короткого замыкания вызывает дополнительный нагрев токоведущих частей и аппаратов. Повышение температуры сверх допустимой снижает прочность изоляции, так как время действия тока короткого замыкания до срабатывания защиты не велико (доли секунды), то согласно [3] допускается кратковременное увеличение температуры токоведущих частей .

1.3 Проверка шин на термическую устойчивость производится по формуле; мм2

 , (18)

где α – термический коэффициент, принимается:

α = 6 – для меди;

α =11 – для алюминия;

α=15 – для стали;

Iк - установившийся трёх фазный ток КЗ, кА;

tпр - приведённое время действия тока КЗ, 0,2- 1,2с.

Sт.у. ≤ Sш = h·*b.* (19)

По полученным расчетам выбирается марка и сечение шин.

При выборе и проверке электрооборудования составляются таблицы с расчетными и паспортными данными аппаратов.

Таблица 2Условия выбора и проверки изоляторов [Л 4,7, 9д,11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Допустимое усилие на головку изолятора, Н | Fрасч | ≤ | Fдоп |
| Допустимый ток термической стойкости для проходных изоляторов и линейных выводов, кА | Iу,кА | ≤ | Imax,кА |

Наибольшая расчётная нагрузка на головку изолятора определяется по формуле, Н

 , (20)

где *l* – длина пролёта между изоляторами, м;

*а*- расстояние между осями шин, м.

Для проходных изоляторов наибольшая расчётная нагрузка рассчитывается по формуле, Н

*Fдоп* = 0,6 · *Fразр*, (21)

где *Fразр* – минимальное разрушающее усилие на изгиб, Н.

Сравнивая расчетные и паспортные данные, принимают решения о выборе данного типа изоляторов (марка выбранного типа изолятора расшифровывается).

Таблица 3- Условия выбора и проверки разъединителей, отделителя [Л7,9д,11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Динамическая стойкость, кА | iу | ≤ | Imax |
| Предельный ток термической стойкости, кА2с | Iк2∙tпр | ≤ | Iт2∙tт |

За действительное время протекания тока короткого замыкания принимается время, в течение которого установившийся ток Iк, выделяет такое же количество тепла, как и изменяющийся во времени тока короткого замыкания за действительное время короткого замыкания tд,, с:

tд = tз+tв , (22)

где tз- время действия защиты, с;

tв- время действия выключателя, с.

Значение времени tд указывается в технических характеристиках КРУ (указываются в инструкциях или руководстве по эксплуатации). При отсутствии данных значение tд принимают равным 0,12...0,17 с, причем большее время относится к КРУ, установленным в ГПП, а меньшее - в РП-6(10).

Таблица 4Условия выбора и проверки короткозамыкателей [Л 4,7,9д, 11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Динамическая стойкость, кА | iу | ≤ | Imax |
| Предельный ток термической стойкости, кА2с | Iк2∙tпр | ≤ | Iт2∙tт |

*Условия выбора и поверка разрядников*

1.Номинальное напряжение разрядника Uном.разр. должно соответствовать номинальному напряжению сети Uном.сети, В.

Uуст ≤ Uном.разр.

Токи короткого замыкания, возникающие при срабатывании разрядника, должны находиться в пределах токов, отключаемых разрядником.

Таблица 5Условия выбора и проверки трансформатора тока и напряжения [Л7,9д,11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Электродинамическую стойкость, кА | *i*y / (√2 Iном) | ≤ | Кд |
| Предельный ток термической стойкости, кА2с | Iк2∙tпр | ≤ | Iт2∙tт |
| Сопротивление нагрузки, Ом | Z2 | ≤ | Zном |

1) Номинальный первичный ток ТА берется в соответствии со шкалой токов, рекомендованной ГОСТ. Если ток уставки не соответствует этой шкале, то берется трансформатор с ближайшим большим током.

2) Класс точности ТА выбирается в зависимости от назначения. Трансформаторы, предназначенные для питания счетчиков электроэнергии, должны иметь класс точности не ниже 0,5. Допускается для этой цели использование ТА класса точности 1,0, но при условии, что фактическая погрешность со­ответствует классу 0,5 (благодаря пониженной вто­ричной нагрузке). К этим трансформаторам не предъ­является требование высокой предельной кратнос­ти. Иногда даже полезно насыщение магнитопровода для уменьшения термического и электродинами­ческого воздействия на измерительные приборы.

3)Трансформатор, предназначенный для систем защиты от коротких замыканий, должен иметь по­грешность, обеспечивающую устойчивую работу релейной защиты. Для оценки работы ТА в этом ре­жиме используются кривые предельной кратности.

При заданной вторичной нагрузке Z2 предельная кратность трансформатора должна быть выше рас­четной кратности *m*расч (отношение тока короткого замыкания, при котором срабатывает защита, к но­минальному току ТА). Трансформаторы, комплек­туемые для дифференциальной защиты, должны иметь одинаковую предельную кратность при сквоз­ном токе короткого замыкания. Значение *m*расч за­висит от принципа действия защиты.

Сопротивление нагрузки Z2 должно быть не более Z2hom , и для простейшей однофазной схемы включения ТА, Ом,

 , (23)

где Zк- сопротивление контакторов, раное 0,05 - 1 Ом;

Zпр - сопротивление подключённых измерительных приборов, для измерительных приборов принимается равным 0,02 Ом, для счётчиков учёта электроэнергии – 0,1 Ом;

Zпров -сопротивление проводов, Ом.

Сечение соединительных проводов при данной длине *l*, м, определяется из выражения, мм2

S = ρ· l \*Kсх/ Zпров , (24)

где ρ- удельная проводимость материала, равная 0,0283Ом·мм2/м;

l- длина соединительных проводов, м

Ксх- коэффициент схемы всключения ТА.

 (25)

Обмотки тока всех приборов фазы соединяются последовательно. По условиям механической прочности сечение медных проводов должно быть не менее 1,5 мм2, а алюминиевых — не менее 2,5 мм2.

При соединении ТА в трехфазные группы по различным проводам протекают различные токи. Поэтому для расчета сечения соединительных проводов необходимо выбрать такой режим, при котором на­грузка на ТА получается наибольшей.

Схему соединения обмоток и класс точности трансформатора напряжения выбирают в зависимости от назначения.

Таблица 6. Условия выбора предохранителей [Л 7,9д, 11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Номинальная мощность отключения, МВА | Sк | ≤ | Sном.откл |
| Номинальный отключаемый ток, кА | Iк | ≤ | Iном.откл |

Таблица 7. Условия выбора и проверки высоковольтных выключателей [Л 6,7,9д, 11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Номинальная мощность отключения, МВА | Sк | ≤ | Sном.откл |
| Ток отключения (динамическая стойкость), кА | iу | ≤ | Iотк |
| Предельный ток термической стойкости, кА2с | Iк2∙tпр | ≤ | Iт2∙tт |

Таблица 8.Условия выбора и проверки выключателя нагрузки [Л 6,7,9д, 11д]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Расчетные данные цепи | Условие | Паспортные данные |
| Номинальное напряжение, кВ | Uраб | ≤ | Uном |
| Номинальный ток, А | Iраб | ≤ | Iном |
| Номинальная мощность отключения, МВА | Sк | ≤ | Sном.откл |
| Ток отключения (динамическая стойкость), кА | iу | ≤ | Iск |
| Предельный ток термической стойкости, кА2с | Iк2∙tпр | ≤ | Iт2∙tт |

**2.3 Расчёт и выбор сечения линии** [Л 4,7,9д, 11д]

С учетом технологического процесса и условий окружающей среды выбирается марка проводника.

Определяются поправочные коэффициенты:

Кт - поправочный коэффициент на температуру земли и воздуха, приведенный в таблице [3];

Кп - поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом, приведен в таблице [3].

**2.5.** Определяется сечение проводника, исходя из условия

Iр < Iд.доп. Кт Кп (26)

где Iд.доп .- ток длительно допустимый, приведенный в справочной таблицы для нормальных условий прокладки проводников температура воздуха +25 С; температура земли +15 С.

Расчетный ток, А, определяется по формуле:

 (27)

где Sр- мощность передаваемая по двум ВЛ от энергосистемы к предприятию, кВА.

б) выбранное сечение проверяется по экономической плотности тока, мм2:

 (28)

где jэк - нормированное значение экономической плотности тока(А/мм2) определяется по справочной литературе в зависимости от числа часов использования максимума нагрузки в год Тмах [3]

Согласно ПУЭ, проверке по экономической плотности тока не подлежат:

сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 кВ при числе часов использования максимума нагрузки предприятий до 4000-5000;

ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1 кВ, а также осветительные сети промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых распределительных устройств всех напряжений;проводники, идущие к резисторам, пусковым реостатам и т.п.;сети временных сооружений, а также устройства со сроком службы 3-5 лет.

в) по допустимой потере напряжения в линии, для КЛ сечение кабельных линий напряжением выше 1000 В, питающих ТП потребителей от ГПП, выбираются:

Δ (29)

где rо , xо- удельное активное и реактивное сопротивление линии, определяется по справочной литературе, Ом/км.

г) сечение кабельной линии, от ГПП к ТП потребителя, проверяется на термическую устойчивость к току короткого замыкания по формуле, мм2:

 (30)

где *с* - термический коэффициент, составляющий разности выделенной теплоты в проводнике до и после короткого замыкания.

- для кабелей с медными жилами С=141;

- для кабеля с алюминиевыми жилами С=85.

tпр- приведенное время действия тока короткого замыкания.

**Пример:**

*Расчет токов короткого замыкания*

Для уменьшения последствий аварий в электрической сети при коротком замыкании необходимо обеспечить быстрое отключение повреждённого элемента сети, выбирать аппаратуру таким образом, чтобы она была устойчивой при кратковременном воздействии токов короткого замыкания.

Коротким замыканием называется нарушение нормальной работы электрической установки, вызванное замыканием фаз между собой, а также замыканием фаз на землю.

Причинами коротких замыканий (КЗ) обычно являются нарушения изоляции, вызванные её механическими повреждениями. При КЗ токи в повреждённых фазах увеличиваются в несколько раз по сравнению с их нормальным значением, а напряжения снижаются, особенно вблизи места повреждения.

Расчет токов КЗ проводится в именованных единицах. Для расчета токов КЗ составляют расчётную схему (рис.1). Намечают расчетные точки для определения токов КЗ. Составляется схема замещения для участка расчётной схемы.



Рисунок 3 – Схема замещения для точки К1

Расчет выполняется в именованных единицах.

Задаётся базисное напряжение Uб1, кВ.

Uб1 = 10,5кВ.

Определяется сопротивление системы XC, Ом. Так как SC = ∞, то принимается XC= 0.

Определяется рабочий ток Iр1, А:

,

где Uб1 – базисное напряжение, кВ;

Sн.тр – номинальная мощность трансформатора, кВА.

.

Рассчитывается сопротивление кабельной линии Xкл, Ом:

Xкл = Xо \* L,

где Xо–удельное сопротивление кабеля, принимается равным 0,11 Ом/км

[6д];

L – длина кабельной линии, км.

Xкл = 0,11 \* 2 = 0,22 Ом.

Определяется суммарное сопротивление для точки К1 Х∑к1, Ом:

,

XΣк1 = 0,22 Ом.

Рассчитывается значение установившегося тока короткого замыкания в первой точки *I*к1, кА:

,

.

Рассчитывается значение ударного тока в точке К1 *i*уд1, кА:

,

где Куд1 – коэффициент ударный, принимается равным 1,8

.

Определяется значение мощности короткого замыкания в точке К1 Sк1, МВА:

,

МВА.

*Выбор электрооборудования подстанции*

В распределительном устройстве подстанции необходимо выбрать электрические аппараты и шинопроводы шкафов распределительных устройств (РУ). РУ высокого напряжения 10кВ имеет 2 вводных шкафа. В каждой ячейке установлены выключатель нагрузки Q и заземляющие ножи. Выключатель нагрузки выполняют коммутирующие функции (включение, выключение линии).

Все выбираемое электрооборудование изначально выбирается по условиям нормального режима (Iраб; Uуст ).

Определяется величина тока в обмотках трансформаторе на стороне высокого напряжения, А:

,

55,1А.

Предварительно выбирается выключатель нагрузки типа LF2.

Выключатели серии LF производства Merlin Gerin – трехфазные выключатели внутренней установки, в качестве изолирующей и дугогасящей среды которых использован элегаз – шестифтористая сера SF6.

Выключатели серии LF предназначены для коммутации номинальных токов и отключения токов коротких замыканий в распределительных электрических сетях и системах электроснабжения 6, 10 кВ. Оборудование соответствует нормам

МЭК 56 и ГОСТ 687.

Таблица 5 – Условия выбора выключателя Q

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетные данные | Условие | Паспортные данные Q |
| Uуст = 10 кВ | ≤ | Uном = 10кВ |
| Iрасч = 55,1А | ≤ | Iном = 630А |
| Iк12 \* t = 27,42  \* 0,5 = 370 кА2·с | ≤ | Iтер2 \* tпр = 31,52  \* 3 = 2977кА2·с |
| iуд1 = 69,8 кА | ≤ | Iдс = 81 кА |

Окончательно выбирается выключатель нагрузки типа LF2 Iном = 630А.

*Выбор и проверка шин* 0,4

Шины выбираются по нагрузке рабочего тока, условиям окружающей среды и проверятся на термическую и динамическую устойчивость к воздействию токов короткого замыкания.

Определяется расчетный ток *Iрасч*, А, преддварительно выбираются алюминиевые шины размером (60×6) мм, по условию нагрева электрическим током.

Расстояние между осями смежных фаз принимается: а = 20см, длина шин, *lш* = 8м:

*Iрасч.* ≤ *Iдоп*,

*Iрасч.* = 717А < *Iдоп*. = 870 А.

Сечение шин *Sш* = 60×6 мм;

Шины располагаются плашмя:

Определяется приведенное время короткого замыкания *tпр*., с:

*tпр*. = *tз + tв*,

где *tз* – время действия релейной защиты, с;

*tв* – время отключения выключателя, с.

*tпр*. = 0,4 + 0,25 = 0,65с.

Определяется минимальная площадь термически устойчивого сечения шин *Sт.у*, мм;

*Sт.у* = ,

где *Iк* – сила установившегося тока короткого замыкания в точке *К2*, кА;

*tпр* – приведенное время короткого замыкания, в течение которого установившийся ток короткого замыкания выделяет то же количество теплоты, что и изменяющийся во времени;

*С* – термический коэффициент, соответствующий разности выделенной теплоты в проводнике после и до короткого замыкания, для алюминиевых шин, равен - 88.

*Sт.у*  =  = 82,8 мм.

*Sш* = 360 мм> *Sт.у*. =82,8 мм.

Выбранное сечение шин проверяется по динамической устойчивости к воздействию тока короткого замыкания. Динамическая устойчивость характеризуется допустимым напряжением для данного металла шин на изгиб σрасч, МПа:

,

где W – момент сопротивления, см3;

*l* – расстояние между опорными изоляторами, см;

*a* – расстояние между осями шин смежных фаз, см;

*iуд*2 – сила ударного тока короткого замыкания, кА.

Определяется момент сопротивления при расположении шин плашмя W,см:

W = ,

где b и h – ширина и высота шина, см.

W =  = 0,36 см.

Определяется расчетное сопротивление в металле шин σрасч, МПа:

σрасч == 46 МПа,

σрасч = 75МПа > = 46 МПа

Таким образом, выбранные шины марки ШМА размером (60×6) мм термически и динамически устойчивы к воздействию токов короткого замыкания.

*Выбор и проверка опорных изоляторов*:

Изоляторы для установки шин выбираются по номинальному напряжению и току, типу и роду установки и проверяются на разрушающее воздействие от короткого замыкания.

Определяется расчетная нагрузка *Fр*, Н, по формуле:

*Fр* =,

где *iуд2* – сила ударного тока в точке короткого замыкания К2, кВ;

*l* – расстояние между опорными изоляторами, к которым жестко прикреплена, см; *а* – расстояние между осями шин разных фаз, см.

*Fр* = = 62,1 Н.

Выбираются опорные изоляторы типа ОФ-1-250 УТЗ.

Определяется допустимое усилие, Н, на изолятор при установке шин плашмя по формуле:

*Fдоп* = 0,6 · *Fразр*,

где *Fразр* – минимальное разрушающее усилие на изгиб, Н.

*Fдоп* = 0,6 · 250 = 150 Н.

Выбранные изоляторы устойчивы к воздействию тока короткого замыкания, так как:

*Fр* = 62,1 Н< *Fдоп* = 150 Н

Выбор трансформаторов тока:

Трансформаторы тока выбираются по номинальному напряжению, первичному и вторичному токам, по типу и роду установки.

Таблица 7 – Выбор и проверка трансформатора тока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчётные  данные | Условие | Паспортные  данные |
| Uраб = 0,4 кВ | ≤ | Uном= 0,66 кВ |
| Iраб = 1637,3А | ≤ | Iном= 2000А |
| Iуд/(√2⋅Iном) =  =26,1/(√2⋅1637,3)=11,13 | ≤ | К (при Iном 1500-3000) 11 |
| Iк2⋅tпр= 11,752⋅0,65=89,74 | ≤ | Iт2⋅tт= =252⋅3=1875 |
| Sгр=15 В•А | ≤ | Sном2=20 В•А |

Таблица 8 - Выбор предохранителей 6кВ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчетные  данные | Условие  выбора | Паспортные  данные |
| FU1,FU2 |  | ПКТ 102-6-80-20-У3 |
| Uр = 6 кВ |  | Uн = 6 кВ |
| Iр = 58 А |  | Iн = 80 А |
| Iуд = 7,4 кА |  | Iоткл = 20 кА |

Расшифровка предохранителя марки ПКТ 102-6-80-20-У3[18]:

- П - предохранитель высоковольтный;

- К - с кварцевым наполнителем в патроне;

- Т - используется для защиты силовых трансформаторов;

- 102 - обозначение конструктивного исполнения (101,102,103,104);

- 6 - обозначение номинального напряжения предохранителя в кВ;

- 80 - обозначение номинального тока предохранителя в А;

- 20 - обозначение номинального тока  отключения предохранителя в кА;

- У - обозначение климатического исполнения;

- 3 - категория размещения предохранителя - в помещении.

Производится расчёт и выбор кабельных линий

KI·KII·Iдоп ≥ Ip,

Iдоп ≥ 118А

Принимается кабель марки CW 3˟35+1˟25, Iдоп = 158А.

Выполняется проверка выбранного кабеля на допустимую потерю напряжения ∆U,%:

∆U = 100% ˂ 5%,

Для кабельной линии электродвигателя дутьевого вентилятора №1

∆U = 100% = 0,77% ˂ 5%

Выбранное сечение кабеля проходит, поэтому принимается к установке кабельная линия марки CW 3˟35+1˟25.

**Задание к выполнению контрольной работы**

1. Расчитайте токи короткого замыкания в относительных единицах на высоком и низком напряжениях, для своего варианта, выберите электрооборудование

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | Sгпп, МВА | Uк ГПП % | Параметры ЦТП, кВА | | | Длина кабельной линии от ГПП до ЦТП, км | Uвн, кВ | Uнн, кВ | ТСН, кВА | Разъединиталь ГПП ВН | Ввводной аппарат на ГПП ВН | Ввводной аппарат на ГПП НН | Трансформатор тока ГПП НН | Трансформатор напряжения ГПП НН | Магистральный шинопровод ГПП НН | Выключатель нагрузки ЦТП ВН | Распределительная кабельная линия | Sк, МВА |
| Но  Мер | Количество\* мощность, кВА | Uк % |
| **1** | 2,5 | 6,5 | ТП-1 | 2\*1600 | 5,5 | 0,8 | 35 | 10 | 2\*  16 | РНД-35 | ? | ВВТЭ-10 | ТОЛ | НОЛ | 3(100\*10) | ВНРп | ? | 220 |
| **2** | 16 | 10,5 | ТП-2 | 2-1000 | 6,5 | 1,2 | 110 | 10 | 2\*  25 | ? | LTB-D | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НАМИТ | 2(3\*(100\*10) | ? | СИП | 200 |
| **3** | 10 | 10,5 | ТП-3 | 2\*630 | 5,5 | 3 | 110 | 6 | 2\*  10 | РНД-110 | ВВУ-110Б | ? | ТВЛМ | ЗНОЛ | ? | LF2 | СИП | 250 |
| **4** | 6,3 | 7,5 | ТП-4 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 35 | 6 | 2\*  16 | РНД-35 | ВВУ-35А | ? | ТВЛМ | НАМИТ | 3\*120\*10 | ВНРп | ? | 280 |
| **5** | 25 | 10,5 | ТП-5 | 2\*2500 | 6,5 | 6,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | ? | ЯЭ-110Л | ВБТЭ | ? | НТМИ-10 | 2(3(100\*10) | LF2 | СИП | 160 |
| **6** | 40 | 10,5 | ТП-6 | 2\*630 | 5,5 | 2,2 | 110 | 6 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ЭВОЛИС | ТВЛМ | ? | 2(3(120\*10) | ? | СИП | 150 |
| **7** | 4 | 7,5 | ТП-1 | 2\*630 | 5,5 | 0,8 | 35 | 10 | 2\*  10 | РНД-35 | ВВУ-35А | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НТМИ-10 | ? | ? | СИП | 260 |
| **8** | 10 | 8 | ТП-2 | 2\*400 | 5,5 | 1,8 | 35 | 6 | 2\*  10 | ? | ВВУ-35А | ВВТЭ-10 | ? | НТМИ-6 | 3\*80\*10 | ВЭ | СИП | 250 |
| **9** | 63 | 10,5 | ТП-3 | 2\*2500 | 6,5 | 4,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ЭВОЛИС | ТВЛМ | ? | 2(3(120\*10) | ВМПЭ | ? | 180 |
| **10** | 80 | 10,5 | ТП-4 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 110 | 6 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ВЭС | ТВЛМ | НТМИ | ? | ? | СИП | 120 |
| **11** | 25 | 10,5 | ТП-5 | 2\*2500 | 6,5 | 6,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | ? | ВБТЭ | ТОЛ | НТМИ-10 | 2(3(100\*10) | LF2 | ? | 160 |
| **12** | 40 | 10,5 | ТП-6 | 2\*630 | 5,5 | 2,2 | 110 | 6 | 2\*  25 | ? | LTB-D | ЭВОЛИС | ТВЛМ | Y12G | ? | ВНР | СИП | 150 |
| **13** | 4 | 7,5 | ТП-1 | 2\*630 | 5,5 | 0,8 | 35 | 10 | 2\*  10 | РНД-35 | ? | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НТМИ-10 | 3\*80\*4 | ВНР | ? | 260 |
| **14** | 10 | 8 | ТП-2 | 2\*400 | 5,5 | 1,8 | 35 | 6 | 2\*  10 | РНД-35 | ? | ВВТЭ-10 | ТПОЛ | НТМИ-6 | 3\*80\*10 | ? | СИП | 250 |
| **15** | 63 | 10,5 | ТП-3 | 2\*2500 | 6,5 | 4,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ? | ТВЛМ | НОМ | ? | ВМПЭ | СИП | 180 |
| **16** | 80 | 10,5 | ТП-4 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 110 | 6 | 2\*  25 | РНД-110 | ? | ВЭС | ТВЛМ | НТМИ | 2(3(100\*10) | LF2 | ? | 120 |
| **17** | 16 | 10,5 | ТП-2 | 2-1000 | 6,5 | 1,2 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НАМИТ | ? | ? | СИП | 200 |
| **18** | 10 | 10,5 | ТП-3 | 2\*630 | 5,5 | 3 | 110 | 6 | 2\*  10 | РНД-110 | ВВУ-110Б | ? | ТВЛМ | ЗНОЛ | 3\*80\*6 | LF2 | ? | 250 |
| **19** | 6,3 | 7,5 | ТП-4 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 35 | 6 | 2\*  16 | РНД-35 | ? | ВВ/TEL | ТВЛМ | НАМИТ | 3\*120\*10 | ? | СИП | 280 |
| **20** | 25 | 10,5 | ТП-7 | 2\*2500 | 6,5 | 6,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД | ? | ВБТЭ | ТПОЛ | ? | 3\*100\*8 | LF2 | СИП | 160 |
| **21** | 40 | 10,5 | ТП-6 | 2\*630 | 5,5 | 2,2 | 110 | 6 | 2\*  25 | ? | LTB-D | ЭВОЛИС | ТВЛМ | НАМИ | 2(3(120\*10) | ВНП | ? | 150 |
| **22** | 4 | 7,5 | ТП-8 | 2\*630 | 5,5 | 0,8 | 35 | 10 | 2\*  10 | РНД-35 | ? | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НТМИ-10 | 3\*90\*4 | ? | СИП | 260 |
| **23** | 10 | 8 | ТП-2 | 2\*400 | 5,5 | 1,8 | 35 | 6 | 2\*  10 | РНД-35 | ? | ВВТЭ-10 | ТОЛ | НТМИ-6 | 3\*80\*10 | ВЭ | ? | 250 |
| **24** | 63 | 10,5 | ТП-3 | 2\*2500 | 6,5 | 4,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | ? | ЭВОЛИС | ТВЛМ | ЗНОЛ | ? | ВМПЭ | СИП | 180 |
| **25** | 80 | 10,5 | ТП-4 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 110 | 6 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ВЭС | ? | НТМИ | 2(3(120\*10) | ВНП | ? | 120 |
| **26** | 16 | 10,5 | ТП-2 | 2-1000 | 6,5 | 1,2 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | ? | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | НАМИТ | 2(3(100\*10) | IML | ? | 200 |
| **27** | 10 | 10,5 | ТП-3 | 2\*630 | 5,5 | 3 | 110 | 6 | 2\*  10 | ? | ВВУ-110Б | ВВТЭ-10 | ТВЛМ | ЗНОЛ | ? | LF2 | СИП | 250 |
| **28** | 6,3 | 7,5 | ТП-8 | 2\*1600 | 5,5 | 2,5 | 35 | 6 | 2\*  16 | РНД-35 | ? | ВВБЭС | ТВЛМ | НАМИТ | 3\*120\*10 | ВКЭ-М | ? | 280 |
| **29** | 25 | 10,5 | ТП-5 | 2\*2500 | 6,5 | 6,0 | 110 | 10 | 2\*  25 | РНД-110 | ЯЭ-110Л | ВБТЭ | ТПОЛ | НТМИ-10 | ? | ? | СИП | 160 |
| **30** | 40 | 10,5 | ТП-7 | 2\*630 | 5,5 | 2,2 | 110 | 6 | 2\*  25 | РНД-110 | LTB-D | ? | ТВЛМ | ЗНОЛ | 2(3(120\*10) | ? | СИП | 150 |

2 Начертите от руки или в графическом редакторе схему электрическую однолинейную электроснабжения ЦТП от ГПП (приложение 1), согласно своего варианта с обозначением типа элетрооборудования ГПП и ЦТП.