МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Техническое и профессиональное образование

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ 1-2  
И ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
С ПРОГРАММОЙ И КРАТКИМИ  
МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ**  
(по заочной форме обучения)

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ:**

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОДСТАНЦИИ»**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ:

0904000 «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

Алматы, 2017г

Программа разработана преподавателем

Алматинского колледжа железнодорожного транспорта Нуржанова Г.Е.

Обсуждено и одобрено Учебно-методическим объединением по специальностям железнодорожного транспорта.

Ответственный за выпуск Нуржанова Г.Е.

Уважаемые коллегии! Все Ваши замечания и предложения по улучшению качества типовой учебной программы, просим высылать по адресу: г.Алматы, ул.Достык 108, Алматинский колледж железнодорожного транспорта Учебно-Методическое объединение по железнодорожным специальностям.

Программа без оригинальной печати Алматинского колледжа железнодорожного транспорта не действительна

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Программой предмета предусматривается изучение принципов действия и устройства- электрического оборудовании и аппаратуры, схем, компоновок распределительных устройств, монтажа и эксплуатации электрооборудования, правил содержания тяговых и трансформаторных подстанций, а также условий, обеспечивающих электробезопасность.

Основное внимание следует сосредоточить на изучении электроаппаратуры и устройств, которые эксплуатируются в настоящее время или получат широкое применение на железнодорожном транспорте в ближайшем будущем.

Большое значение имеет ознакомление с новейшими научно-техническими достижениями в РК и за рубежом в области создания новых типов аппаратуры, принципов и схем автоматизации управления, а также монтажа и эксплуатации электроснабжающих устройств.

С этой целью необходимо постоянно следить за вновь выходящей технической литературой и периодической пе­чатью, изучать все новое, прогрессивное в области техниче­ского оснащения, монтажа и эксплуатации электроустановок.

При рассмотрении отдельных элементов устройств электрооборудования тяговых и трансформаторных подстанций следует обстоятельно изучать правила техники безопасности при их обслуживании, используя при этом свой практический опыт работы на электроустановках.

В результате изучения предмета учащийся должен знать: принципы действия и конструкции аппаратов; компоновку электроустановок различного напряжения и назначения; расчет токов короткого замыкания и выбор оборудования; принципы действия основных релейных защит и методику их расчета; технику безопасности при эксплуатации и ремонте оборудования электроустановок; способы технико-экономических расчетов по выбору аппаратуры.

В брошюре приводится полный список лабораторных работ. Конкретный перечень лабораторных работ определяет цикловая комиссия техникума в соответствии с учебным планом.

После изучения материала каждого задания необходимо выполнить контрольную работу.

Задания на контрольные работы 1-2 составлены в 50 вариантах. Номер варианта определяется двумя последними цифрами шифра учащегося. Для определения номеров задач и вопросов, соответствующих заданному варианту, следует пользоваться табл. 1.

Задание на курсовой проект помещено в конце брошюры.

Программой предмета предусмотрено выполнение лабораторных работ и сдача зачета по ним. Лабораторные работы выполняются в сроки, предусмотренныеучебным планом.

Полный перечень лабораторных работ и практических занятий:

**Лабораторная работа № 1**

Осмотр, регулировка и оперативные переключения камерой КСО (КВВО)=10кВ.

**Лабораторная работа № 2**

Осмотр и настройка высоковольтного выключателя переменного тока.

**Лабораторная работа № 3**

Осмотр и настройка разъединителя с дистанционным управлением.

Таблица №1 - варианты заданий на контрольные работы 1, 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Две  последние  цифры  шифра | | вариант | №№ задач и вопросов | | | | | Две  последние  цифры  шифра | | вариант | №№ задач и вопросов | | | | |
| 01 | 51 | 1 | 1а | 2а | За | 4а | 5а | 26 | 76 | 26 | 1е | 2з | Зк | 4б | 5и |
| 02 | 52 | 2 | 1б | 2б | 3б | 4б | 5б | 27 | 77 | 27 | 1ж | 2б | За | 4в | 5к |
| 03 | 53 | 3 | 1в | 2в | Зв | 4в | 5в | 28 | 78 | 28 | 1з | 2е | 36 | 4г | 5д |
| 04 | 54 | 4 | 1г | 2г | Зг | 4г | 5г | 29 | 79 | 29 | 1 и | 2в | Зв | 4д | 5ж |
| 05 | 55 | 5 | 1д | 2д | Зд | 4д | 5д | 30 | 80 | 30 | 1 к | 2г | Зг | 4е | 5з |
| 06 | 56 | 6 | 1е | 2е | Зе | 4е | 5е | 31 | 81 | 31 | 1а | 2д | Зж | 4к | 5и |
| 07 | 57 | 7 | 1 ж | 2ж | Зж | 4ж | 5е | 32 | 82 | 32 | 1б | 2е | Зз | 4а | 5г |
| 08 | 58 | 8 | 1з | 2з | Зз | 4з | 5з | 33 | 83 | 33 | 1в | 2е | Зи | 4б | 5а |
| 09 | 59 | 9 | 1 и | 2и | Зи | 4и | 5и | 34 | 84 | 34 | 1г | 2а | Зк | 4в | 5з |
| 10 | 60 | 10 | 1 к | 2к | Зк | 4к | 5к | 34 | 85 | 35 | 1д | 2б | За | 4г | 56 |
| 11 | 61 | 11 | 1а | 2в | Зв | 4з | 5д | 36 | 86 | 36 | 1е | 2д | 36 | 4д | 5ж |
| 12 | 62 | 12 | 16 | 2г | Зг | 4и | 5е | 37 | 87 | 37 | 1 ж | 2в | Зв | 4е | 5е |
| 13 | 63 | 13 | 1в | 2д | Зд | 4г | 5а | 38 | 88 | 38 | 13 | 2е | Зг | 4а | 5в |
| 14 | 64 | 14 | 1г | 2е | Зе | 4д | 5к | 39 | 89 | 39 | 1и | 2и | Зд | 4з | 5г |
| 15 | 65 | 15 | 1д | 2ж | Зж | 4з | 5б | 40 | 90 | 40 | 1 к | 2е | Зе | 4и | 5д |
| 16 | 66 | 16 | 1е | 2з | Зз | 4ж | 5а | 41 | 91 | 41 | 1а | 2з | Зи | 4в | 5к |
| 17 | 67 | 17 | 1ж | 2и | Зи | 4з | 5е | 42 | 92 | 42 | 1б | 2д | Зк | 4г | 5а |
| 18 | 68 | 18 | 1з | 2к | Зк | 4и | 5з | 43 | 93 | 43 | 1в | 2е | За | 4д | 5з |
| 19 | 69 | 19 | 1 и | 2а | За | 4к | 5и | 44 | 94 | 44 | 1г | 2б | 36 | 4е | 5в |
| 20 | 70 | 20 | 1 к | 26 | 36 | 4а | 5в | 45 | 95 | 45 | 1д | 2а | Зв | 4з | 56 |
| 21 | 71 | 21 | 1а | 2д | Зд | 46 | 5д | 46 | 96 | 46 | 1е | 2в | Зг | 4и | 5и |
| 22 | 72 | 22 | 1б | 2е | Зе | 4в | 5б | 47 | 97 | 47 | 1 ж | 2г | Зд | 4к | 5ж |
| 23 | 73 | 23 | 1в | 2ж | Зж | 4ж | 5з | 48 | 98 | 48 | 1з | 2и | Зе | 4а | 5г |
| 24 | 74 | 24 | 1г | 2з | Зз | 4з | 5к | 49 | 99 | 49 | 1и | 2з | Зж | 4б | 5е |
| 25 | 75 | 25 | 1д | 2и | Зи | 4и | 5а | 50 | 00 | 50 | 1 к | 2а | Зз | 4а | 5д |

**ЗАДАНИЕ 1**

**ПРОГРАММА**

**ВВЕДЕНИЕ**

Краткие сведения о развитии электроэнергетики РК.

Электрификация железнодорожного транспорта и ее роль в создании материально-технической базы коммунизма.

Значение изучаемого предмета и его связь с другими предметами.

1. **Краткие сведения об источниках электроэнергии**

Типы электростанций. Основные сведения о производственных процессах на электростанциях. Трансформаторные подстанции, их назначение и классификация. Основные сведения об энергетических и электрических системах.

Номинальные мощности, напряжение и токи электрического оборудования электростанций и подстанций.

1. Аппаратура и токоведущие части распределительных устройств Назначение и конструкция изоляторов, шин, кабелей и проводов.

Назначение и конструкция электрических контактов, эксплуатационные требования к ним

Гашение электрической дуги при разрыве цепи постоянного и переменного тока.

Коммутационная аппаратура напряжением до 1000 В: назначение, конструкция, прилип действия рубильников и переключателей, магнитных пускателей, контакторов, автоматических выключателей.

Предохранители напряжением до и выше 1000В назначение, конструкция, принцип действия.

Высоковольтные выключатели переменною тока: назначение, конструкция, принцип действия многообъемных и малообъемных масляных, выключателей, воздушных, электромагнитных, вакуумных и элегазовых выключателей.

Приводы высоковольтных выключателей: назначение, конструкция, принцип действия.

Выключатели нагрузки: назначение, конструкция, принцип действия.

Быстродействующие автоматические выключатели постоянною тока: назначение, конструкция, принцип действия. Конструкция дугогасящих устройств; схемы управления.

Разъединители внутренней .и наружной установок: назначение, конструкция, принцип действия. Приводы разъединителей.

Короткозамыкатели: и быстродействующие

отделители: назначение, конструкция, принцип действия. Приводы к ним, совместная работа короткозамыкателя и быстродействующего отделителя.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения: назначение, конструкция и принцип действия. Схемы включения трансформаторов тока и напряжения. Контроль изоляции фаз.

Разрядники и реакторы переменного и постоянного тока: назначение, конструкция и принцип действия.

Техника безопасности при эксплуатации аппаратуры.

1. **Принципиальные схемы трансформаторных подстанций**

Общие сведения о принципиальных схемах электрических соединений, их классификация.

Схемы понижающих подстанций напряжением до и выше 1000В. Технико-экономические показатели при выборе схем понижающих подстанций. Правила и порядок оперативных переключений. Техника безопасности при оперативных переключениях.

Схемы вторичной коммутаций: назначение,

маркировки, принципы построения.

1. Распределительные устройства переменного тока и компоновки трансформаторных подстанций

Классификация распределительных устройств и основные требования, обеспечивающие их безаварийное и безопасное обслуживание. Технико-экономические показатели при выборе конструктивных элементов распределительных устройств.

Конструкция комплектных камер распределительных устройств переменного тока напряжением до 10 кВ.

Конструктивное выполнение открытых и закрытых распределительных устройств. Комплектные

распределительные устройства (КРУ). Компоновка трансформаторных подстанций Комплектные

трансформаторные подстанции.

Техника безопасности при производстве ремонтных работ в распределительных устройствах.

1. Определение мощности трансформаторных подстанций

Основные потребители электроэнергии на железнодорожном транспорте.

Графики нагрузок подстанций. Типовые графики.

Коэффициенты, характеризующие режимы работы электрических установок.

Расчет мощности понижающих подстанций.

Коэффициент мощности и его влияние на мощность электроустановок. Методы повышения коэффициента мощности.

1. **Токи короткого замыкания (КЗ) в системах переменного тока, их расчет и выбор оборудования**

Виды, причины и последствия коротких замыканий. Изменение тока трехфазного короткого замыкания при питании от электрической системы неограниченной мощности. Изменение тока трехфазного КЗ при питании от генераторов ограниченной мощности.

Основные положения при расчетах сопротивления КЗ. Вычисление относительных сопротивлений цепи КЗ. Расчет токов трехфазного короткого замыкания аналитическим методом. Расчет токов КЗ по кривым по общему и индивидуальным изменениям. Схемы прямой, обратной и нулевой последовательности и значения реактивных сопро­тивлений при несимметричном КЗ. Расчет токов КЗ методом симметричных составляющих.

Упрощенный метод расчета токов двухфазного КЗ. Расчет токов КЗ в установках напряжением до 1000В. Электродинамическое действие токов короткого замыкания. Термическое действие токов короткого замыкания.

Ограничение токов короткого замыкания и определение уровня остаточного напряжения на шинах.

Выбор токоведущих частей и аппаратуры электроустановок: шин, кабелей, изоляторов,

высоковольтных выключателей и разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, реакторов и предохранителей.

1. **Заземляющие устройства**

Защитные и рабочие заземления, их назначение.

Распределение потенциалов на поверхности земли при прохождении тока замыкания в земле.

Конструкция заземляющих устройств.

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1**

**Вопросы 1а - 1к**

1а. Поясните условия гашения электрической дуги постоянного и переменного тока и особенности ее гашения Поясните факторы, способствующие гашению дуги.

16. Укажите коммутационную и защитную аппаратуру напряжением до 1000В, типы аппаратов Поясните назначение каждого аппарата Поясните устройство и работу контактора постоянного тока и автоматического воздушного выключателя.

1в. Поясните назначение высоковольтных выключателей переменного тока Опишите конструкцию выключателя С-35, поясните принцип гашения дуги. Поясните основные параметры выключателя. Укажите типы многообъемных масляных выключателей, применяемых в установках напряжением 35 кВ, 110 кВ и 220 кВ.

1г. Приведите классификацию высоковольтных выключателей переменного тока. Поясните конструкцию, принцип действия и гашение дуги выключателя ВМП-10. Укажите типы малообъемных масляных выключателей, применяемых Б установках напряжением 10 кВ, 35 кВ; 27,5 кВ. Начертите условное обозначение ВВ па электрической схеме.

1д. Поясните назначение быстродействующих

автоматических выключателей постоянного тока. Укажите основные элементы конструкции выключателя на выбор: ВАБ-43, ВАБ-28 или АБ2/4. Начертите эскиз

магнитопровода выключателя, покажите расположение катушек, направление магнитных потоков при включении и автоматическом отключении. Поясните процесс включения, оперативного и автоматического отключения.

1е. Поясните назначение защитного, рабочего

заземлений и зануления. Приведите примеры рабочих и защитных заземлений на подстанциях Дайте определение напряжения прикосновения и шага с приведением соответствующих рисунков; поясните что влияет на величины напряжений прикосновения и шага

1ж. Укажите номинальные параметры выключателя

ВВФ-27,5 его назначение. Выполните чертеж кинематической схемы выключателя с указанием принципа ее работы. Назовите типы дугогасительной камеры воздушного выключателя и принцип гашения дуги в ней.

1з. Поясните назначение разъединителей, отделителей и короткозамыкателей. Укажите их типы, применяемые в установках напряжением 35кВ, 110 и 220кВ. Начертите схему взаимодействия отделителя и короткозамыкателя, поясните действие элементов схемы.

1и. Поясните назначение разрядников. Укажите основные элементы конструкции разрядника переменного тока и их назначение. Опишите особенности конструкции разрядника переменного тока типа РВС-110, поясните принцип действия Укажите типы разрядников, применяемых в установках переменного тока напряжением 10 кВ, 35 кВ и ПО кВ.

1к Поясните требования Правил устройства электроустановок (ПУЭ) к сооружению закрытых и открытых РУ

**Вопросы 2а - 2к**

2а. Начертите схему ОРУ- И б кВ промежуточной тяговой подстанции постоянного тока, включенной в рассечку ЛЭП-11СЦ. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы, поясните назначение каждого элемента схемы. Укажите порядок оперативных переключений при выводе в ремонт понижающего трансформатора. Поясните как обеспечивается безопасность работы на трансформаторе.

26. Начертите схему распределительного

устройства 10 кВ тяговой подстанции постоянного тока. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы, поясните назначение каждого элемента схемы. Укажите основные мероприятия по технике безопасности, обеспечивающие безопасное обслуживание оборудования РУ-10 кВ

2в. Начертите схему распределительного

устройства 35 кВ тяговой подстанции. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы, поясните назначение каждого элемента схемы. Поясните порядок оперативных переключений при выводе в ремонт высоковольтного выключателя питающей линии. Укажите блокировки, используемые в РУ-35 кВ.

2г. Поясните назначение и конструкцию

измерительного трансформатора тока типа ТПЛ-10. Начертите схемы соединения вторичных обмоток ТТ, поясните особенности, область применения каждой схемы. Расшифруйте обозначение ТПОЛ-Ю 0,5/3-800 и рассчитайте коэффициент трансформации ТТ.

2д. Поясните назначение и конструкцию измерительного трансформатора напряжения типа НТМИ-10, объясните его обозначение, рассчитайте коэффициент трансформации. Начертите схему соединения его обмоток, поясните ее. Укажите, какие приборы могут подключаться к вторичным обмоткам ТН.

2е. Начертите схему электрических соединений

распределительного устройства 35 кВ понижающей подстанции 35/10 кВ. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы. Поясните назначение каждого элемента схемы Укажите порядок оперативных переключений при подготовке рабочего места для ремонта первой секции шин.

2ж. Начертите схему электрических соединений

распределительною устройства 10 кВ понижающей подстанции 35/10 кВ. Укажите на схемы типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы. Поясните назначение элементов схемы. Укажите порядок оперативных переключений при подготовке рабочего места для ремонта выключателя линии.

2з. Начертите схему электрических соединений

однотрансформаторной понижающей подстанции 110/0,4кВ. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы, укажите назначение применяемого оборудования. Поясните порядок оперативных переключений при выводе в ремонт трансформатора.

2и. Начертите схему однотрансформаторной

понижающей подстанции 10/0,4 кВ, укажите на схеме типы применяемого оборудования. Дайте описание схемы. Поясните назначение каждого элемента схемы.

2к. Начертите схемы электрических соединений в комплектных камерах на 10 кВ типов КСО, КВВО, КРУН-10. Поясните особенность конструктивного выполнения каждой камеры и ее схемы, укажите назначение каждого элемента схемы. Укажите основные положения техники безопасности при выводе в ремонт масляного выключателя.

Задачи За — Зк

Определите максимальную активную мощность каждого из потребителей Ртах, питающихся от шин вторичного напряжения Us понижающей трансформаторной подстанции. Характеристика потребителей дается в табл 2.

На основании типовых графиков нагрузок (рис. 1) и максимальных мощностей отдельных потребителей вычислить активные нагрузки для каждого часа суток и нагрузку суммарного потребления. Результаты вычислений свести в таблицу.

По данным таблицы построить график суммарной нагрузки и определить наибольшую суммарную расчетную

МОЩНОСТЬ ΣРmax.расч ВЫЧИСЛИТЬ Коэффициент

разновременности Крm

Определить наибольшую полную мощность потребителей на шинах вторичного напряжения подстанции с учетом потерь в высоковольтных сетях и трансформаторах потребителей. Определить наибольшую полную мощность на шинах подстанции с учетом мощности трансформатора собственных нужд Shom\_tch. Вычислить расчетную мощность трансформатора Spacч.тр , по справочнику выбрать тип трансформатора. Выписать электрические характеристики трансформатора Исходные данные для расчетов

заданы в табл. 2

Таблица 2 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Задачи | | | | | | | | | |
| За | 3б | Зв | Зг | Зд | Зе | Зж | Зз | Зи | Зк |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Номинальное напряжение питающей сети  Ultojul кВ | 35 | 11 | 35 | 110 | 35 | 110 | 110 | 35 | 110 | 35 |
| Номинальное напряжение потребителей **ином2** кВ | 6 | 10 | 10 | 35 | б | 10 | 35 | 10 | 10 | 10 |
| Характеристика  потребителей |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Потребитель 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Установленная мощность **Pvcm,** кВт | 1600 | 4200 | 3000 | 20000 | 6000 | 8800 | 15000 | 10000 | 12000 | 8000 |
| Коэффициент спроса **Ке** | 0,6 | 0,5 | 0,25 | 0,6 | 0,35 | 0,25 | 0,4 | 0,42 | 0,45 | 0,3 |
| Коэффициент мощности **Кв** | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,?2 | 0,93 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | 0,93 |
| Категория | I | II | II | I | II | II | II | II | I | II |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Продолжение таблицы 2 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Потребитель 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Установленная мощность **Pwm,** КВТ | 500 | 3500 | 500 | 7000 | 2000 | 4000 | 3000 | 3000 | 6000 | 3800 |
| Коэффициент спроса **Kt** | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0,45 | 0,25 | 0,2 | 0,25 | 0,33 | 0,55 | 0,5 |
| Коэффициент мощности **Км** | 0,92 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,92 |
| Категория | II | II | II | I | II | II | II | II | I | II |
| Потребитель 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Установленная мощность Л™, кВт | 2000 | 16000 | 1000 | 11000 | 3000 | 12000 | 14000 | 6400 | 18000 | 4600 |
| Коэффициент спроса **Kt** | 0.3 | 0.62 | 0.45 | 0.44 | 0.02 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.4 |
| Коэффициент мощности **Км** | 0.93 | 0,93 | 0,94 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | 0,93 |
| Категория | II | I | II | II | II | I | II | I | II | I |
| Мощность трансформатора собственных НУЖД **S** ил» шел кВА | 40 | 100 | 25 | 250 | 40 | 63 | 100 | 40 | 160 | 40 |

Задачи 4а - 4к

Определить потребную мощность компенсирующего устройства для потребителя с максимальной нагрузкой Ртах и фактическим коэффициентам мощности соз(рфакт. При заданном типе конденсаторов рассчитать количество конденсаторов в компенсирующей установке и в каждой фазе. Определить емкость, создаваемую батареей при номинальном напряжении конденсаторной установки UHOM и промышленной частоте тока.

Пояснить назначение конденсаторной установки Начертить принципиальную схему трехфазной конденсаторной установки.

Необходимые исходные величины для расчета даны в табл 3.

Таблица 3 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Задачи | | | | | | | | |
| 4а | 46 | 4в | 4г | 4д | 4е | 4ж | 4з | 4и |
| Максимальная активная мощность потребителя **Ртах,** КВт | 340 | 720 | 200 | 1200 | 190 | 680 | 580 | 230 | 90 |
| Номинальное напряжение **Uhom„** кВ | 0,38 | 6,3 | 10,5 | 0,38 | 0,22 | 6,3 | 10,5 | 0,38 | 0,22 |
| Коэффициенты  мощности |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| COSVimm- | 0,7 | 0,81 | 0,72 | 0,8 | 0,76 | 0,78 | 0,74 | 0,75 | 0,71 |
| cos<ponm. | 0,93 | 0,94 | 0,92 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,94 |
| Тип конденсатора | КМ-0,39-13 | КМ-6,3-13 | КМ-2-10,5-26 | КМ-2-,38-26 | Os  (N  N  О\*  £  2 | КМ-6,3-26 | ГО 022 | КС-0,38-18 | КС-0,22-6 |

Задачи 5а -5к

Выполните расчет защитного заземления подстанции с первичным напряжением U\ и вторичным С/г. В результате расчета определите:

* сопротивление одного заземлителя заданного типа;
* количество электродов без учета экранирования и с учетом экранирования;
* количество электродов, забиваемыъ по периметру подстанции.

Поясните, почему необходимо выполнить контурное размещение заземлителей.

Исходные величины для расчета соответствующего варианта даны в табл. 4.

Таблица 4 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Задачи | | | | | | | | | | | | |
| 5а | 5б | 5в | | 5г | | 5д | | 5е | 5ж | 5з | 5и | 5 |
| Тип  подстанции | Тяговая  постоянного  тока | | Тяговая  переменного  тока | | | | Т рансформаторная | | | | | | |
| Первичное напряжение U,, кВ | 110 | 35 | 110 | 220 | | 35 | 110 | 35 | | 11О | 35 | 10 | |
| Вторичное напряжение Ui, кВ |  |  |  |  | | 6 | 10 | 35 | | 35 | 0,4 | 0,4 | |
| Периметр  подстанции,м | 350 | 250 | 380 | 440 | | 150 | 160 | 120 | | 250 | 90 | 60 | |
| Тип  заземлителя | Труба  б=50мм | Уголок 60x60мм | Уголок 50x50мм | Труба  б=50мм | | Уголок  50x50мм |  | Уголок  50x50мм | | Уголок  да • | Уголок  50x50мм | Уголок  50x50мм | |
| Грунт | Суглинок | Глина | Глина | Суглинок | | Песок  влажный | чернозем | Песок  влажный | | Суглинок | Супесок | Суглинок | |
| Длина  заземлителя, 1, м | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | | 2,5 | 2,5 | 2,5 | |
| Расстояние  между  заземлителями, а, м | 2,5 | 5 | 7,5 | 5 | | 7,5 | 5 | 7,5 | | 2,5 | 2,5 | 7,5 | |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ НАД МАТЕРИАЛОМ  
ЗАДАНИЯ 1

Перед выполнением контрольной работы № 1 следует внимательно изучить материал первых пяти глав учебника Прохорского А. А.

При изучении главы 1 следует дополнительно ознакомиться с планами развития энергетики и электрификации в XII пятилетке, знать крупнейшие электрические станции различных типов, которые сооружаются и будут сооружаться, их мощности.

При ответе на вопрос 1а обратите внимание на причину возникновения коммутационных перенапряжений при гашении дуги постоянного тока, от чего зависит величина перенапряжения.

Для ответа на вопросы 16—1з следует внимательно изучить конструкцию коммутационных аппаратов напряжением до и выше 1000 В, их принцип действия, область применения, номинальные параметры, условное графическое обозначение и типы аппаратов. При описании конструкции выключателей желательно давать упрощенный конструктивный чертеж.

При ответе на вопрос 1и обратите внимание на конструктивное отличие разрядников постоянного тока. Чем вызвана необходимость установки в них постоянных магнитов?

При изучении главы 2 недостаточно ограничиться только материалом учебника, необходимо изучать на производстве новую коммутационную и защитную аппаратуру. В настоящее время в участки энергоснабжения поступают масляные колонковые выключатели ВК-10, вакуумные выключатели на 10 кВ, 35 кВ и 27,5 кВ.

Для ответа на вопросы 2в, 2ж следует воспользоваться рис. 82 учебника, но начертить надо только схему заданного распределительного устройства 10 кВ или 35 кВ. Необходимо разобраться в понятии «распределительное устройство»; пояснить систему сборных шин, ее особенности, понять какие присоединения составляют PiV; пояснить в целом как подключается линия, трансформатор напряжения, трансформатор собственных нужд, а также пояснить назначение каждого элемента схемы.

При ответе на вопрос 2з, 2и следует воспользоваться рисунком 81 учебника, но из этого рисунка начертить только требующуюся в вопросе схему. Необходимо пояснить как подключаются первичная и вторичная обмотки к шинам подстанции, как подключаются линии потребителей 0,4 кВ. Следует четко указать назначение каждого элемента схемы и тип аппарата.

При изучении главы 4 следует иметь в виду, что РУ- ЮкВ переменного тока выполняется из комплектных ячеек внутренней или наружной установки, в которых масляные выключатели установлены стационарно или на выкатных тележках. Поэтому при ответе на вопрос 2к следует изучить конструкцию камер типов КСО, КВВО и ячейки наружной установки, разобраться в расположении оборудования и в схеме электрических соединений. В контрольной работе надо начертить «поясняющие схемы» на рис. 87, 88, 89. Обратите внимание на технику безопасности при работах в камерах.

Для решения задачи 3 необходимо изучить материал главы V.

Обратите внимание на особенность типовых графиков потребителей, в которых мощность указана в процентах, за 100% принимается максимальная мощность потребителя.

Поэтому прежде всего вычисляется наибольшая

активная мощность потребителя по формуле

Рmax=Руст\*Кс

Руст - установленная мощность потребителя, кВт;

где

Кс - коэффициент спроса, учитывающий режим работы, загрузку и к.п.д. потребителя.

На основании типовых графиков нагрузки и вычисленных наибольших мощностей отдельных потребителей вычисляются активные нагрузки для каждого часа графика по выражению:

Рп=Рп%/100\* Рmax

где Рп% - число процентов из типового графика для «-го часа;

100 - переводной коэффициент процентов в

относительные единицы.

Рассмотрим пример расчета активных суточных нагрузок для одного потребителя, для которого установленная мощность Руст = 2000 кВт, коэффициент спроса Кс = 0,7, коэффициент мощности Км =0,93. Типовой график нагрузки потребителя дан на рис. 2.

Наибольшая активная мощность составит:

Ртах - Руст. Кс, -2000 0,7=1400 кВт.

Вычислим активную нагрузку для каждого часа суток. Из типового графика видно, что нагрузка в 0 часов, в 1, 2, 3, 4, 5 часов составляет 30%, т. е.

30

Р1- 5 =—1400 = 420 кВт 100

Нагрузка изменилась в 6 часов и составила 60%, тогда

60

Р6  =—1400 = 840 кВт 1 100

Нагрузка снова изменилась в 8 часов и держится неизменной до 12 часов, тогда

Подобным образом рассчитывается нагрузка до 24 часов; аналогично выполняется расчет для двух других потребителей, заданных в задаче

В контрольной работе следует сразу результаты расчетов записать в таблицу, примером которой является табл. 5.

Суммируя активные нагрузки потребителей за каждый час, вычисляем суммарную нагрузку всех потребителей на шинах подстанции. Результаты вычислений записываются в табл. 5 По результатам расчета строится суточный график суммарной нагрузки в прямоугольных осях координат

PΣ =ƒ(t)

В таблице следует определить, а на графике указать

наибольшую суммарную расчетную мощность Σ13расч.мах

Таблица 5- Результаты вычисления активных суточных нагрузок потребителей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы | Активная нагрузка, кВт | | | Суммарная всех потребителей |
| Потреби тель 1 | Потреби тель 2 | Потреби­тель 3 |
| 0-1 | Poi-420 | Р„2=500 | Р03= 1000 | Ро1+Ро2+Роз=1920 |
| 1-2 | 420 |  |  |  |
| 2-3 | 420 |  |  |  |
| 3-4 | 420 |  |  |  |
| 4-5 | 420 |  |  |  |
| 5-6 | 420 |  |  |  |
| 6-7 | 840 |  |  |  |
| 7-8 | 840 |  |  |  |
| 8-9 | 1120 |  |  |  |
| 9-10 | 1120 |  |  |  |
| 10-11 | 1120 |  |  |  |
| 11-12 | 1120 |  |  |  |
| 12-13 | 1400 |  |  |  |
| 13-14 | 1400 |  |  |  |
| 14-15 | 1400 |  |  |  |
| 15-16 | 1400 |  |  |  |
| 16-17 | 1400 |  |  |  |
| 17-18 | 1400 |  |  |  |
| 18-19 | 420 |  |  |  |
| 19-20 | 420 |  |  |  |
| 20-21 | 420 |  |  |  |
| 21-22 | 420 |  |  |  |
| 22-23 | 420 |  |  |  |
| 23-24 | 420 |  |  |  |

Для определения коэффициента разновременности максимумов нагрузок потребителей подстанции вычисляется сумма наибольших мощностей отдельных потребителей

Σ2Рмах= Рмах1 + Рмах2 +Рмах3

Коэффициент разновременности определяется по формуле:

Крм=Σ3 Ррасч,мач/ Σ3 Рмач

Для определения наибольшей полной мощности потребителей необходимо рассчитать реактивные мощности потребителей и суммарную реактивную мощность.

Реактивная мощность отдельного потребителя, соответствующая наибольшей активной мощности, вычисляется по формуле.

Qmax =Рmax

Тангенс угла ср определяется по заданному коэффициенту мощности потребителя.

Расчет выполняется для каждого потребителя:

Qmaxl =Рmax1 tǵφ1

Qmax2 =Рmax2 tǵφ2

Qmax3=Рmax3 tǵφ3

чего определяется суммарная реактивная

Σ1Qmax =Qmax 1=Qmax2= Q max3

Наибольшая полная мощность потребителей на шинах вторичного напряжения с учетом потерь в высоковольтных сетях и трансформаторах

Ориентировочно можно принять Рпост=2%, Рпер=8%.

На трансформаторной подстанции к шинам вторичного напряжения кроме линий потребителей подключены трансформаторы собственных нужд. Нормально в работе находится один ТСН. Тогда наибольшая полная мощность на шинах вторичного напряжения составит:

Sрасч.тах.ш =Spac4 max=SноmTCH.

По этой мощности выбирается мощность трансформатора.

При питании от подстанции потребителей 1-й категории устанавливают, как правило, два трансформатора.

По расчетной мощности трансформатора определяется номинальная мощность трансформатора, исходя из условия

При выборе типа трансформатора необходимо принять во внимание заданные напряжения питающей сети и номинальное напряжение потребителей.

Для выбора типа трансформатора можно воспользоваться данными табл 6.

Для выполнения задачи 4 следует изучить материал на стр. 155-157 учебника Прохорского А. А. Для определения мощности компенсирующего устройства следует воспользо­ваться формулой на стр. 155, а для определения емкости выбранной батареи формулой на стр. 156, при этом значение реактивной мощности Q должно соответствовать принятой конденсаторной установке.

Необходимо вспомнить понятие реактивной мощности и коэффициента мощности из электротехники.

Реактивная мощность генерируется наряду с активной генераторами электрических станций, а также дополнитель­ными источниками емкостью воздушных и кабельных линии, синхронными двигателями, синхронными компенсаторами, батареями конденсаторов.

Потребителями реактивной как и активной мощности являются все электроприемники переменного тока, часть из них, например, лампы накаливания, потребляют незначительную реактивную мощность. На промышленных предприятиях основными потребителями реактивной мощности являются электроприводы машин и механизмов, в первую очередь асинхронные двигатели, трансформаторы, индукционные установки, электросварочное оборудование, преобразовательные установки, дуговые электропечи, электроосветительные установки с газоразрядными лампами.

Следует иметь в виду, что при низких значениях коэффициента мощности повышается потребление реактивной мощности, что вызывает необходимость увеличения сечении проводов и кабелей в электрических сетях. Это приводит к перерасходу цветных металлов. Низкий coscp также приводит к излишней загрузке передачей реактивной мощности понижающих подстанций па промышленных предприятиях, поэтому приходится увеличивать мощность трансформаторов или их число. Повышенная загрузка сетей реактивным током вызывает понижение напряжения, а резкие изменения величины реактивной мощности вызывают колебания напряжения в сети. При повышении коэффициента мощности значительно уменьшаются потери электроэнергии, что дает значительную экономию электроэнергии. Кроме этого при повышении cos(p высвобождаются мощности генераторов на электростанциях, а следовательно, уменьшается расход топлива, затраты на его добычу. Отсюда можно представить экономическую выгоду от уменьшения потребления реактивной мощности.

Наиболее распространенными источниками реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий являются косинусные конденсаторы. Некоторые типы конденсаторов указаны в табл. 3. Буквы и цифры в обозначении типоразмеров конденсаторов означают: К- косинусный; М - пропитка маслом; С - пропитка синтетическими жидкостями; 2- второй габарит корпуса; 0,22; 0,38; 6,3; 10,5 - номинальное напряжение конденсатора в киловольтах; 6, 9, 13 и т. д. - номинальная мощность в квар.

Конденсаторные батареи 6-10 кВ устанавливаются в распределительных устройствах подстанции, включение и отключение их допускается только с помощью выключателей.

Конденсаторы установок напряжением ниже 1000 В устанавливаются в помещениях щитов управления подстанций или у распределительных пунктов в цехах при местной установке и в отдельных шкафах при индивидуальной установке. Подключается батарея с помощью воздушных автоматических выключателей или рубильников с предохранителями.

Конденсаторные установки снабжаются разрядными сопротивлениями. При напряжении выше 1000 В разрядные сопротивления должны быть постоянно подключены. В качестве разрядных сопротивлений обычно применяются трансформаторы напряжения или индуктивные сопротивления. В конденсаторных установках напряжением ниже 1000 В в качестве разрядных применяются активные и индуктивные сопротивления.

Конденсаторные установки снабжаются защитой от токов к. з., действующей без выдержки времени, и при необходимости - также защитой от повышения напряжения.

Последняя отключает КУ при повышении напряжения на 10% выше номинального с установленной выдержкой времени.

Учитывая оказанное выше, а также имея в виду, что конденсаторы в трехфазной установке соединяются треугольником, а в каждой фазе параллельно, следует начертить принципиальную схему К.У.

Для выполнения задач 5а-5к контрольной работы необходимо изучить материал главы 8 «Заземляющие устройства» учебника Прохорского А.А. можно воспользоваться примером расчета заземляющего устройства.

В задачах 5а-5к предлагается рассчитать контурное заземление, которое выполняется из заземлителей длиной /. забиваемых по периметру подстанции на расстоянии а друг от друга. Сопротивление одного заземлителя (трубы или уголка) R3 следует определить по формулам, приведенным в учебнике на стр. 330, удельное сопротивление грунта определяется по таблице 17. Для предварительного расчета количества электродов (без учета экранирования) необходим знать величину допустимого сопротивления защитного заземления R3, которое следует принять в соответствии с указанными нормами на стр. 329. При этом следует помнить, что тяговые подстанции постоянного, переменного тока, трансформаторные подстанции с первичным напряжением 110 кВ и выше являются электроустановками с большим током замыкания на землю. Для установок с распределительными устройствами до 1000 В и выше 1000 В принимается для объединенного защитного заземления наименьшее сопротивление и двух значений. Коэффициент экранирования определяете: по рис. 2046. Обратите внимание, что сложные заземлителисостоящие из полосы или сетки, расположенной на глубин 0,5—0,8 м от поверхности земли с приваренными к ней вертикальными электродами, выполняются для получения требуемого нормами сопротивления заземления и для понижения .напряжений прикосновения и шага до значений, неопасных для человека.

Таблица 6 - Электрические характеристики трехфазных двуобмоточных трансформаторов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  трансформатора | Номинальная  мощность,  КВА | Напряжение обмоток, кВ | | Потери,  кВт | | Напряже­ние КЗ,  % | Ток  XX  % | Схема и ТМ-100/35 группа соединения |
| BE | НН | BE | НН |
| ТМ-1000/35 YI | 1000 | 35 | 10,5 | 2,35 | 11,6 | 6,5 | 1,5 | У/Δ-11 |
| ТМ-1600/35 YI | 1600 | 35 | 6,3 | 3,1 | 16,5 | 6,5 | 2,4 | У/Δ-11 |
| ТМ-2500/35 YI | 2500 | 35 | 6,3 | 4,35 | 23,5 | 6,5 | 1,1 | У/Δ-11 |
| ТМ-4000/35 YI | 4000 | 35 | 11 | 5,7 | 33,5 | 7,5 | 1,0 | У/Δ-11 |
| ТМ-6300/35 YI | 6300 | 35 | 11 | 8,0 | 46,5 | 7,5 | 0,9 | У/Δ-11 |
| ТМН-6300/110 | 6300 | ПО | 11 | 10 | 50 | 10,5 | 1 | У\*/Δ-11 |
| ТМН-10000/110 | 10000 | 110 | 38,5 | 14 | 60 | 10,5 | 0,9 | У\*/Δ-11 |
| ТМН-16000/110 | 16000 | 110 | 38,5 | 21 | 85 | 10,5 | 0,85 | У\*/Δ-11 |

ЗАДАНИЕ 2  
ПРОГРАММА

8 ТЯГОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Схемы питания и типы тяговых подстанций переменного тока. Стоимостные показатели тяговых подстанций. Параллельная работа трансформаторов тяговых подстанций. Схемы распределительных устройств 27,5; 10; 35 и 110-220 кВ. Конструкция тяговых подстанций.

Определение мощности подстанции и выбор оборудования. Измерения и контроль напряжения на шинах

1. кВ.

Защита линий и оборудования тяговой подстанции переменного тока. Электронные защиты фидеров контактной сети.

Тяговые подстанции переменного тока для системы 2x25 кВ.

Техника безопасности при обслуживании устройств тяговых подстанций переменного тока.

1. Собственные нущы электроустановок

Схемы питания установок собственных нужд.

Резервирование питания собственных нужд Питание устройств СЦБ. Контроль работы установок собственных нужд.

Аккумуляторные батареи и режим их работы.

Определение необходимой мощности установок собственных нужд

Техника безопасности при обслуживании установок собственных нужд

1. Передвижные тяговые подстанции, пункты

группировки, посты секционирования и пункты

параллельного соединения

Передвижные тяговые подстанции постоянного и переменною тока назначение, схемы главных электрических соединений, конструктивное выполнение, защита

оборудования

Пункты группировки назначение и схемы главных электрических соединений, оборудование пунктов группировок, конструктивное выполнение, защита

оборудования

Посты секционирования и пункты параллельного соединения постоянного тока назначение и схемы главных электрических соединений, конструктивное выполнение, защита оборудования.

Посты секционирования переменного тока назначение и схемы главных электрических соединений, конструктивное выполнение, защита оборудования Устройства для компенсации реактивной мощности и повышения уровня напряжения тяговой сети Защита компенсирующего устройства

Техника безопасности при обслуживании пунктов группировки и постов секционирования.

Контрольная работа 2

1. Задачи 1а—1к

Вычислите необходимую мощность понижающих трансформаторов тяговой подстанции переменного тока по исходным данным, указанным в табл.7. Выберите количество и тип понижающих трансформаторов, приведите их электротехнические параметры Номинальные напряжения на шинах подстанции указаны в табл 7.

Таблица 7 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Еди  ница  изме  рения |  | Задачи | | | | | | | | |
| 1а | 1б | 1в | 1г | 1д | 1е | 1ж | 1з | 1и | 1к |
| Действующие значения токов: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Наиболее заруженного плеча питания I'd | А | 580 | 560 | 330 | 530 | 570 | 430 | 480 | 350 | 500 | 460 |
| Наименее затру женного плеча питанияl"d | А | 450 | 470 | 300 | 400 | 310 | 350 | 440 | 320 | 430 | 120 |
| Мощность переда ваемая нетяговым потребителям по линиям ДПР  ^дпр | кВА | 600 | 400 | 300 | 500 | 450 | 550 | 650 | 420 | 350 | 580 |
| Мощность переда ваемая нетяговым потребителям от шин напряжением 35(10) кВ 535jo | кВА | 1000 | 8000 | 3000 | 6000 | 9000 | 11000 | 9500 | 5000 | 7000 | 12000 |
| Мощность ТСН Stch | кВА | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Мощность транс форматора подо грева S„ | кВА | 250 | 400 | - | 400 | - | 250 | 250 | - | - | 400 |
| Номинальные напряжения на шинах подстанции |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UHom1 | кВ | ПО | 220 | по | 220 | 110 | 220 | 110 | 220 | 110 | 220 |
| Uhom2 | кВ | 35 | 35 | 27,5 | 27,5 | 35 | 35 | 275 | 27,5 | 271 | 35 |
| Uhom3 | кВ | 27,5 | 27,5 | 10 | 10 | 27,5 | 27,5 | 10 | 10 |  | 27,5 |

1. Вопросы 2а—2к

2а. Начертите схему компенсирующего устройства (КУ), присоединив его к шинам 27,5 кВ поста секционирования.

Опишите назначение КУ и отдельных элементов схемы, виды защиты оборудования КУ

Вычислите ток 1С частоты 50 Гц, протекающий через КУ. мощность, отдаваемую компенсирующей установкой QK установленную мощность конденсаторов КУ Qc. КУ состоит из 128 конденсаторов типа КС А-1,05-37,5, собранных в 4 параллельные группы по 32 конденсатора последовательно в каждой группе, емкость каждого конденсатора 108,3 мкФ, индуктивность реактора 83 мГ.

Значение номинального тока КУ принять равным 1с, в соответствии с этим током принять величину Ki, а Ки = 275.

26. Начертите схему главных электрических соединений ОРУ—2x25 кВ тяговой подстанции

переменного тока для системы электроснабжения 2x25 кВ с указанием типов оборудования. Укажите назначение каждого присоединения и применяемого оборудования, особенности подключения присоединений к шинам РУ. Опишите достоинства и особенности электрификации по указанной системе.

2в. Начертите схему главных электрических соединений питающей линии (фидера) контактной сети 27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока и структурную схему электронной защиты этой линии. Укажите виды защит, опишите принцип действия всех защит и какую зону они защищают.

2г. Начертите схему главных электрических соединении РУ 220 кВ транзитной тяговой подстанции переменного тока. Приведите краткое пояснение схемы.

Объясните способ обеспечения наиболее равномерной загрузки фаз высоковольтной линии, питающей тяговые подстанции переменного тока Ответ сопроводите графическим пояснением.

2д. Начертите схему главных электрических соединений РУ 27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока с указанием типов оборудования. Укажите назначение каждого присоединения и применяемого оборудования, особенности подключения присоединений к шинам РУ Опишите последовательность переключения питания линии контактной сети с основного на запасной выключатель.

2е. Начертите схему главных электрических соединений, показывающую подключения понижающих трансформаторов опорной тяговой подстанции переменного тока к питающим высоковольтным линиям и к шинам РУ

1. кВ. Укажите на схеме типы применяемого оборудования. Поясните схему и назначение оборудования Опишите последовательность переключений с целью подготовки рабочего места для ремонта одного из понижающих трансформаторов.

2ж.Начертите схему присоединения трансформаторов напряжения и собственных нужд тяговой подстанции переменного тока к шинам РУ 27,5 кВ, а также присоединения трансформатора напряжения к приборам и реле. Поясните схему, укажите типы трансформаторов, назначение основного оборудования и приборов. Измерения каких электрических величин выполняются на различных присоединениях подстанции.

2з. Начертите схему главных электрических соединений питающей линии (фидера) контактной сети

1. кВ тяговой подстанции переменного тока и структурную схему электронной защиты этой линии.

Укажите виды защит, объясните, какую зону они защищают. Опишите принцип действия всех защит.

2и. Навертите схему главных электрических соединений поста секционирования (ПСК) двухпутного участка переменного тока. Объясните назначение ПСК. Приведите пояснение начерченной схемы. Укажите, какие виды электронных защит и автоматики применены на присоединениях линий контактной сети, какую зону защищают указанные защиты.

1. **Задачи За - Зк**

Выберите тип аккумуляторной батареи, работающей в режиме постоянного подзаряда, и поясните ее конструкцию. Определите число элементов батареи, питающих шины управления в режиме подзаряда и общее число элементов батареи. Выберите тип зарядно-подзарядного устройства и приведите его данные по каталогу: РНом> Ином» 1ном\* Сравните эти значения с расчетными.

Исходные данные для задач соответствующего варианта приведены в табл. 8. Расчетная длительность аварийного режима для всех вариантов -2 ч.

1. **Вопросы 4а—4к**

4а. Начертите и поясните структурную схему питания шкафов собственных нужд от шин переменного тока 380/220В тяговой подстанции. Перечислите потребители собственных нужд, которые подключены к этим шкафам.

46. Опишите назначение, режим работы и текущее содержание аккумуляторных батарей. Укажите мероприятия, обеспечивающие безопасные условия эксплуатации батареи.

Начертите и поясните схему присоединения аккумуляторной батареи и зарядно-подзарядного устройства к шинам собственных нужд постоянного тока тяговой подстанции. Укажите на схеме и поясните цепи контроля изоляции шин и исправности предохранителей цепей присоединений.

4в. Графики нагрузок электроустановок. Определение по ним коэффициентов, характеризующих режим работ.

Определение мощности понижающей подстанции. Выбор количества и типа трансформаторов по графикам нагрузки потребителей. Влияние коэффициента мощности на работу электроустановки, методы его повышения.

4г. Конструкция, принцип действия и параметры аккумуляторов, применяемых в СН ТП, режимы их работы. Основные положения определения необходимой мощности СН.

4д. Устройства для компенсации реактивной мощности и повышения уровня мощности и повышения уровня напряжения (РПН) в тяговой сети.

4е. Выполнить описание планировки территории подстанции, конструкцию РУ 110/35/27,5 кВ. Вычертить план и разрез ОРУ-35 кВ.

4ж. Выполнить описание планировки территории подстанции, конструкции РУ 110/27,5/10 кВ. Вычертить ОРУ-27,5 кВ с тяговым блоком и разрез блока фидера контактной линии.

4з. Выполнить описание планировки территории и конструкции понижающей подстанции РУ-35/10 кВ. Вычертить план здания подстанции с РУ-10кВ.

4и. Дать общую характеристику системы 2x25 кВ, привести поясняющий чертеж. Назначение автотрансформаторного щитка пункта, схема его подключения к тяговой сети.

4к. Дать характеристику потребителей тяговых подстанций, их категорий. Схема внешнего электроснабжения тяговых подстанций; типы и виды подстанций. Сравнительная характеристика подстанций постоянного и переменно тока.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ**

**МАТЕРИАЛА ЗАДАНИЯ 4 И ВЫПОЛНЕНИЮ  
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Изучение темы 10 целесообразно начать с разбора схемы литания контактной сети электрифицированного участка переменного тока. При этом надо обратить внимание на то, как обеспечивается параллельная работа соседних тяговых подстанций и по возможности равномерная загрузка фаз линии, по которой получают питание тяговые подстанции.

После этого надо подробно ознакомиться со схемой главных электрических соединений тяговой подстанции, с назначением отдельных ее присоединений, с типами применяемого оборудования, обратив особое внимание на РУ 27,5 кВ и особенности присоединения к ею шинам линий контактной сети, ДПР, ТСН, ТН.

Следует понять, как определяется необходимая мощность понижающих трансформаторов, так как в связи с однофазным характером тяговой нагрузки имеется особенность ее определения.

Перспективной схемой электрификации ж. д. является система 2X25 кВ Прежде чем начать изучение схемы главных электрических соединений подстанций, имеющейся в учебнике 121, надо понять, в чем преимущества данной системы электрификации, как осуществляется электроснабжение тяговой сети При изучении схемы подстанции следует в первую очередь остановиться на схеме подключения контактного и питающего проводов к шинам РУ 27,5 кВ, рассмотреть, как присоединяют понижающие трансформаторы к линиям первичного электроснабжения 110 (220) кВ и к шинам ОРУ - 2X25 кВ

Следует иметь в виду, что в связи с выпуском промышленностью трехобмоточных однофазных трансформаторов для этого вида системы тяги, они получат широкое применение на тяговых подстанциях. Схема главных электрических соединений подстанции, где используются такие трансформаторы, приведена в пособии по дипломному проектированию [4]

Начиная изучение темы 11, надо отчетливо разобраться, какие основные потребители собственных нужд питаются от шин переменного тока 380/220 В и шин постоянного тока 220 или 100 В Затем нужно рассмотреть схемы питания этих шин В заключение изучается устройство аккумуляторов и порядок выбора аккумуляторной батареи и зарядно-под-зарядного агрегата При изучении темы 12 надо рассмотреть особенности выполнения передвижных тяговых подстанций. Надо разобраться в назначении, схеме и порядке переключений пунктов группировки, сооружаемых на станциях стыкования систем переменного и постоянного тока.

Для повышения надежности электроснабжения и повышения экономичности работы тяговой сети на электрифицированных участках сооружают посты секционирования и пункты параллельного соединения Необходимо отчетливо представлять их назначение, действие, схему главных электрических соединений, возможные переключения выключателей.

Важную роль в повышении эффективности электрической тяги на переменном токе играют устройства поперечной (КУ) и продольной компенсации реактивной мощности. Необходимо иметь представление об устройстве, действии и расчете КУ.

Для изучения технологических процессов монтажа, испытания и текущих ремонтов электрооборудования подстанций следует помимо учебника воспользоваться рекомендуемой в данной брошюре дополнительной литературой 6, 8, 13, также целесообразно использовать различную техническую документацию, имеющуюся по месту работы.

При решении первой задачи определение необходимой МОЩНОСТИ SpaC4.max ТрвХОбмОТОЧНЫХ понижающих трансформаторов тяговой подстанции переменного тока выполняется по расчетным формулам, приведенным в п. 112 учебника. Необходимую мощность одного из двух установленных на подстанции трансформаторов целесообразно принять такой, чтобы при отключении одного из них обеспечивалось бы надежное электроснабжение потребителей оставшимся в работе трансформатором. В то же время завышать мощность трансформаторов экономически невыгодно. Мощность понижающего трансформатора рекомендуется определять исходя из условия аварийного режима:

Sном тр ≥Spac.max (n-1)

где Кав - коэффициент допустимой перегрузки трансформатора по отношению к его номинальной мощности в аварийном режиме, равный 1,4;

п - количество трансформаторов (в данном случае п = 2).

По полученному значению SHOM.mpi учитывая необходимые напряжения обмоток трансформатора, следует выбрать тип трансформатора по табл. 19 учебника [21], пояснить его параметры и значения букв в обозначении его типа.

К ответу на второй вопрос контрольной работы можно приступить, изучив устройство и схемы тяговых подстанций.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПРИ  
ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Развитие электроэнергетики в РК. Перспективы электрификации железнодорожного транспорта.
2. Классификация электрических станций. Краткие сведения о производственных процессах на электростанциях.
3. Энергетическая и электрическая системы, их структура. Назначение трансформаторных подстанций, их классификация.
4. Назначение и конструкция изоляторов, шин, кабелей. Типы изоляторов, маркировка кабелей.
5. Возникновение и гашение электрической дуги переменного и постоянного тока. Факторы, способствующие гашению дуги.
6. Назначение, принцип действия, конструкция магнитных пускателей, контакторов, автоматических воздушных выключателей.
7. Назначение предохранителей. Конструкция предохранителей напряжением выше 1000 В и до 1000 В.
8. Назначение высоковольтных выключателей переменного тока. Конструкция выключателя С-35, принцип гашения дуги. Основные параметры выключателя.
9. Классификация высоковольтных выключателей переменного тока. Конструкция выключателя МКГМ10. Принцип гашения дуги.
10. Назначение, типы, конструкция и принцип действия малообъемных масляных выключателей.
11. Назначение, конструкция, принцип действия воздушных выключателей и выключателей нагрузки.
12. Назначение, конструкция, принцип работы электромагнитных и вакуумных выключателей.
13. Приводы высоковольтных выключателей, назначение, классификация. Устройство и работа привода ПЭ-11.
14. Назначение, конструкция, принцип действия пружинно-грузового привода.
15. Назначение быстродействующих выключателей постоянного тока. Основные требования к БВ, типы. Основные параметры БВ. Устройство дугогаситсльных камер.
16. Определение мощности понижающих подстанций и выбор количества и типов понижающих трансформаторов по суточным графикам нагрузки потребителей.
17. Влияние коэффициента мощности на работу электроустановки и методы его повышения.
18. Причины возникновения и виды коротких замыканий в системах переменного тока.
19. Изменение тока трехфазного короткого замыкания при питании от электрической системы неограниченной мощности.
20. Изменение тока трехфазного КЗ при питании от генератора ограниченной мощности.
21. Система относительных единиц, применяемая при расчетах токов КЗ, Относительные сопротивления элементов цепи КЗ и приведение их к базисным условиям.
22. Порядок вычисления токов КЗ по расчетным кривым,
23. Порядок вычисления токов КЗ аналитическим методом.
24. Порядок вычисления токов КЗ в установках напряжением до 1000 В.
25. Упрощенный метод расчета токов двухфазного КЗ.
26. Электродинамическое действие токов короткого замыкания и проверка аппаратуры по условиям динамической стойкости,
27. Термическое действие токов короткого замыкания, проверка аппаратуры по условиям термической стойкости.
28. Выбор шин, кабелей и их проверка на термическую и динамическую стойкость.
29. Выбор высоковольтных выключателей и разъединителей и их проверка на динамическую и термическую стойкость.
30. Выбор измерительных трансформаторов напряжения и их проверка па соответствие классу точности.
31. Выбор измерительных трансформаторов тока и их проверка на термическую, динамическую стойкость и на соответствие классу точности.
32. Выбор опорных и проходных изоляторов, их проверка на стойкость токам КЗ.
33. Выбор высоковольтных предохранителей для защиты силовых и измерительных трансформаторов.
34. Схема распределительного устройства 10 кВ тяговой подстанции постоянного тока. Назначение элементов схемы, типы применяемого оборудования. Техника безопасности при обслуживании РУ.
35. Схема распределительного устройства 35 кВ тяговой подстанции постоянного тока. Назначение элементов схемы, типы применяемого оборудования Оперативные блокировки.
36. Схема распределительного устройства 110 кВ транзитной тяговой подстанции постоянного тока Назначение элементов схемы, типы применяемого оборудования.
37. Схема распределительного устройства 220 кВ транзитной тяговой подстанции постоянного тока. Назначение элементов схемы, типы применяемого оборудования.
38. Конструктивное выполнение закрытых РУ тяговых подстанции постоянного тока. Основные требования при сооружении ЗРУ, обеспечивающие их безопасное обслуживание.
39. Конструктивное выполнение открытых распределительных устройств тяговых подстанций постоянного тока. Основные требования при сооружении ОРУ, обеспечивающие их безопасное обслуживание.
40. Контрольно-измерительная аппаратура, места ее установки на тяговой подстанции постоянного тока.
41. Защита преобразовательных агрегатов с выпрямителем ПВЭ-3 Виды защит, их назначение.
42. Защиты преобразовательных агрегатов с выпрямителем ПВЭ-5 Виды защиту их назначение.
43. Защиты понижающих трансформаторов, трансформаторов собственных нужд питающих линий 3,3 кВ тяговых подстанций постоянного тока.
44. Схемы питания тяговых подстанций переменного тока, присоединение понижающих трансформаторов к питающей высоковольтной линии ВЛ и к контактной сети для обеспечения равномерной загрузки фаз питающей ВЛ и параллельной работы тяговых подстанций.
45. Схема главных электрических соединений РУ 27,5кВ тяговой подстанции переменного тока. Назначение отдельных присоединений и типы применяемого оборудования.
46. Принципиальные схемы и применяемое оборудование для питания потребителей собственных нужд подстанции переменного тока и нетяговых потребителей по линии ДПР.
47. Схема присоединения однофазных измерительных трансформаторов напряжения к РУ-27,5 кВ и подключения к ним измерительных приборов и реле

Виды электрических измерений на присоединениях тяговой подстанции переменного тока и способы присоединения электроизмерительных приборов.

1. Конструкция тяговых подстанций переменного

тока.

1. Определение мощности тяговой подстанции переменного тока, выбор понижающих трансформаторов и прочего электрооборудования.
2. Защита питающих линий ВЛ и понижающих трансформаторов тяговых подстанций переменного тока.
3. Схема и принцип действия электронной защиты питающей линии (фидера) контактной сети тяговой подстанции переменного тока.
4. Схема главных электрических соединений присоединения тяговой подстанции переменного тока для системы электроснабжения 2X25 кВ к питающей линии ВЛ. Особенности присоединения и типы оборудования.
5. Схема главных электрических соединений ОРУ-2х25 кВ тяговой подстанции переменного тока для системы электроснабжения 2x25 кВ. Особенности подключения отдельных присоединений к шинам. Типы оборудования.
6. Техника безопасности при обслуживании устройств тяговых подстанций переменного тока.
7. Схема питания установок собственных нужд постоянного тока подстанции. Контроль наличия напряжения и изоляции.
8. Схема литания установок собственных нужд переменного тока подстанции и определение необходимой мощности для питания потребителей собственных нужд. Питание устройств СЦБ.
9. Конструкция свинцово-кисл отлых аккумуляторов, их технические характеристики и режим работы аккумуляторной батареи.
10. Выбор аккумуляторной батареи и зарядно- подзарядной установки.
11. Схема и назначение оборудования компенсирующего устройства поста секционирования переменного тока. Защита компенсирующего устройства.
12. Назначение, принципиальная схема,

применяемое оборудование и конструкция пункта группировки станции стыкования.

1. Назначение, принципиальная схема,

применяемое оборудование и конструкция постов секционирования электрифицированных участков переменного тока.

1. Назначение, принципиальная схема,

применяемое оборудование и конструкция постов секционирования и пунктов параллельного соединения электрифицированных участков постоянного тока.

**ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Каждый учащийся выполняет курсовой проект по одной из трех тем.

Тема и вариант задаются преподавателем- консультантом.

**Темы курсового проекта:**

1. Расчет и выбор, оборудования и аппаратуры

тяговой подстанции переменного тока

электрифицированной железной дороги.

1. Расчет и выбор оборудования и аппаратуры трансформаторной подстанции.

**Оформление курсового проекта**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и чертежа.

Пояснительная записка должна быть написана четким почерком по одной стороне писчей бумаги форматом А4 (297X210). Каждая страница должна иметь рабочую рамку, на расстоянии от края листа слева - 20 мм, справа, снизу и сверху - 5 мм. В правом нижнем ее углу проставляется номер листа.

Изложение материала должно быть кратким, ясным и последовательным. Объем записки не должен превышать 15-20 страниц. Для уменьшения объема пояснительной записки вычисления токов КЗ и выбор оборудования целесообразно оформить в виде таблиц.

Пояснительную записку разбивают па разделы и подраздели, которые нумеруются арабскими цифрами:

разделы одиночными цифрами, подразделы - двойными, первая из которых обозначает номер раздела, вторая - номер подраздела.

Рекомендуются следующие разделы

1. Расчет мощности подстанции и выбор понижающих трансформаторов.
2. Расчет токов короткого замыкания.
3. Выбор оборудования.
4. Технологический процесс эксплуатации (указать конкретно).

Название разделов следует писать, отступив 15 мм от рабочей рамки. Их записывают в виде заголовков прописными буквами чертежным шрифтом № 7. Разделы начинаются с нового листа. Наименование подразделов записывают строчными буквами с первой прописной. Заголовки должны быть краткими, перенос слов в заголовках не допускается.

Точку в конце заголовка не ставят. Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равно 15 мм. Такое же расстояние выдерживают между заголовками раздела и подраздела и между окончанием предыдущего подраздела и очередным заголовком.

Отдельные фразы теиста, схожие по содержанию, записывают с абзаца, отступив три буквы от начала строки. Текст записки ограничивается: 10 мм сверху от рабочей рамки, 5 мм - слева, 3 мм - справа. Расстояние между строчками текста - 10 мм. Сокращение слов, за исключением общепринятых, не допускается. Изложение материала должно идти от первого лица множественного числа («определяем», «принимаем») или может быть использована неопределенная форма («определяется», «принимается» и т. п.).

Формулы следует вынести в отдельную строку, обычно посередине страницы. Расшифровку буквенных значений и числовых коэффициентов в формуле дают непосредственно за формулой. Если буквенные обозначения были использованы ранее и их смысл не изменился, то повторять разъяснение не требуется.

Имеющиеся в тексте таблицы и рисунки должны иметь порядковые номера. Ссылку на таблицу в тексте делают сокращенно. Например: «По данным табл. 2...». Нумерацию рисунков и их наименование располагают под иллюстрациями. В тексте ссылки на иллюстрации дают по типу «рис. 2». Иллюстрации в пояснительной записке выполняют на листах, размеры которых кратны форме А4, но рабочую рамку не вычерчивают.

По ходу изложения материала следует ссылаться на литературу, откуда заимствовано содержание или формула. Например, [4], где в скобках —^ порядковый номер литературы, согласно перечню литературы, приведенному в конце пояснительной записки.

Графическую часть проекта надо выполнять в соответствии с требованиями ГОСТов на форматы, линии, шрифты, условные графические обозначения электрических величин. Схему главных электрических соединений проектируемой подстанции чертят на листе формата А1 (841x594).

Пояснительную записку брошюруют в следующем порядке:

1. Титульный лист.
2. Бланк-задание на курсовой проект, заполненный и подписанный преподавателем и заведующим отделением или УКП.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Текст пояснительной записки.
6. Литература.

При составлении перечня использованной литературы следует придерживаться следующих правил:

весь перечень располагают в алфавитном порядке и нумеруют арабскими цифрами;

на первом месте указывают фамилию автора, затем его инициалы. Если авторов больше трех, то указывают только первого, а затем пишут «и др.»; затем пишут название книги, издательство и год издания; в конце приводят полное количество страниц.

Например- 2. Прохорский А А. Тяговые и трансформаторные подстанции. М Транспорт, 1983,496 с.

При составлении содержания записки необходимо в точности повторить каждое название и номера разделов и подразделов. Числа, обозначающие номера листов, где начинаются разделы, пишут по вертикали на одной линии на, расстоянии 15 мм от правого края рабочей рамки.

**Документы, подлежащие представлению по каждой теме:**

1. Схема главных электрических соединений проектируемой подстанции.
2. Пояснительная записка с необходимыми расчетами, схемами, обоснованием выбора оборудования и описанием технологического процесса эксплуатации заданного вида оборудования

Таблица №8 Характеристика нетяговых потребителей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п |  | Установ­ленная мощность Рус пи кВт | Катег  ория  потре  бите- | Коэффициент | |
| спроса | Мощно  -сти |
|  | Потребители 35 кВ |  |  |  |  |
| 1. | Машиностроительный завод | 12000 | 1 | 0,6 | 0,93 |
| 2. | Завод строительных матепияттп |  |  |  |  |
| 4. | Текстильная фабрика | 4500 | 2 | 0,65 | 0,93  0,92 |
| 5. | Сельскохозяйственные  потребители | 4000 | 2 | 0,5 | 0,92 |
| 6. | Завод электрического оборудования | 6000 | 1 | 0,55 | 0,93 |
| 7. | Локомотиворемонтный завод | 10000 | 1 | 0,45 | 0,92 |
| 8. | Тепловозное депо | 4000 | 1 | 0,25 | 0,93 |
|  | Потребители 10 кВ |  |  |  |  |
| 9. | Металлообрабатывающий завод | 10000 | 1 | 0,6 | 0,93 |
| 10. | Завод сельскохозяйственных машин | 6500 | 2 | 0,55 | 0,93 |
| 11. | Предприятие пищевой промышленности | 2200 | 2 | 0,55 | 0,92 |
| 12. | Фабрика по переработке сельскохозяйственных продуктов | 1500 | 2 | 0,5 | 0,92 |
| 13. | Деревообрабатывающая фабрика | 2000 | 2 | 0,35 | 0,92 |
| 14. | Вагоноремонтный завод | 7500 | 1 | 0,4 | 0,92 |
| 15. | Электровозное депо | 6000 | 1 | 0,25 | 0,93 |
| 16. | Вагонное депо | 3000 | 1 | 0,93 | 0,93 |
| 17. | Ремонтные мастерски | 2000 | 2 | о,з | 0,92 |
| 18. | Моторвагонное депо | 3200 | 1 | 0,25 | 0,93 |
| 19. | Наружное освещение | 1200 | 2 | 0,8 | 0,98 |

**ТЕМА 1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**И АППАРАТУРЫ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ  
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ  
ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

**Содержание задания**

По заданной схеме питания тяговых подстанций (рис.4 и 5), а также нагрузкам тяговой подстанции (табл. 10), требуется:

1. Составить схему главных электрических соединений тяговой подстанции на листе формата А1 (841x594).
2. Определить мощность тяговой нагрузки.
3. Определить максимальные мощности отдельных нетяговых потребителей, в том числе питающихся по линии ДПР.
4. Вычислить суммарную полную мощность

нетяговых потребителей для напряжения (35 или 10 кВ) с

учетом потерь в электрических сетях и трансформаторах.

1. Вычислить необходимую мощность понижающего трансформатора на стороне 27,5 кВ.
2. Вычислить необходимую полную мощность понижающих трансформаторов подстанции.
3. Выбрать количество, тип и мощность понижающих трансформаторов.
4. Определить мощность на шинах первичного напряжения подстанции.
5. Произвести расчет максимальных токов

короткого замыкания для характерных точек тяговой

подстанции (согласно заданию преподавателя).

1. Вычислить максимальные рабочие токи на шинах и по присоединениям PY-27,5 кВ или РУ-35 кВ (РУ-10 кВ) (согласно заданию преподавателя).
2. Произвести выбор и проверку по токам короткого замыкания основного оборудования и токоведущих частей одного из распределительных устройств: 27,5 кВ, 35 или 10 кВ (согласно заданию преподавателя) и указать их на схеме главных электрических соединений:

а) сборных шин и изоляторов;

б) выключателей;

в) разъединителей;

г) трансформаторов тока;

д) трансформаторов напряжения.

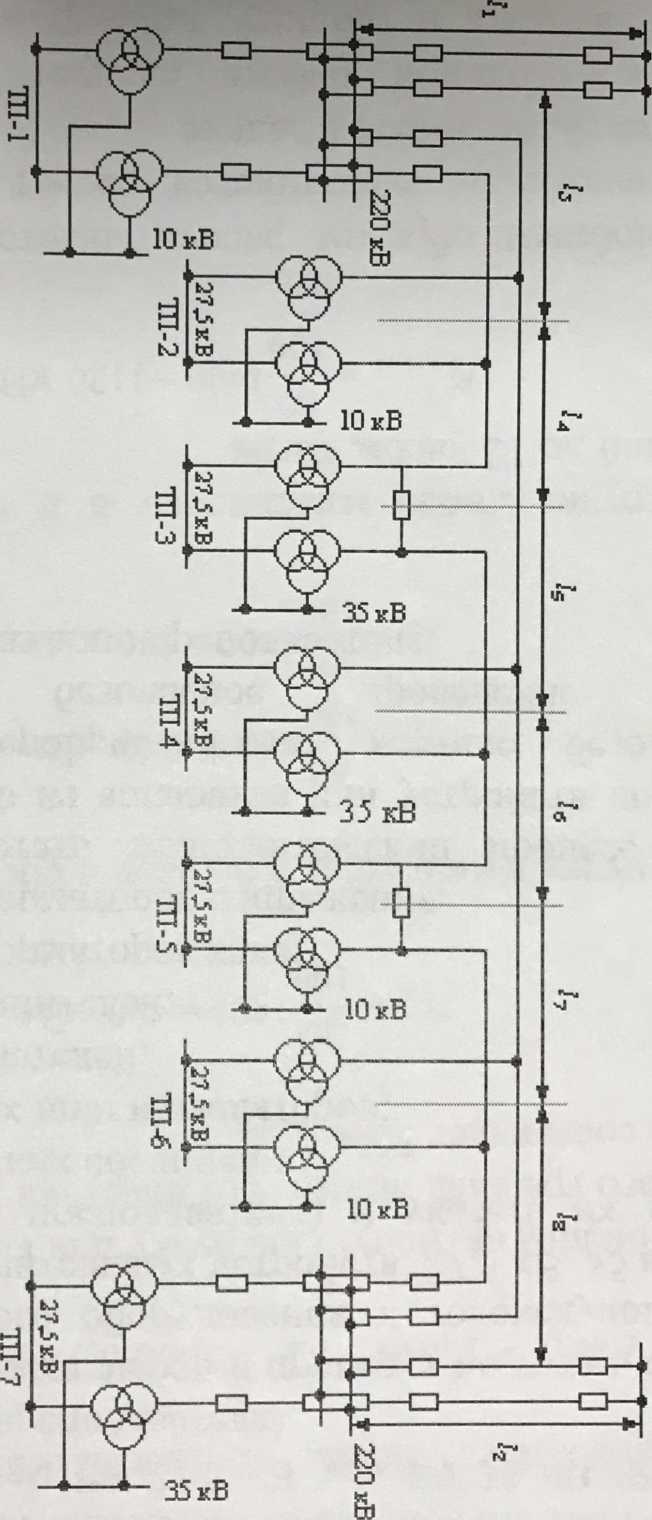
1. Разработать технологический процесс ремонта (испытаний) одного из аппаратов или устройств подстанции (табл. 11) и мероприятий по технике безопасности, обеспечивающих безопасное проведение ремонта (испытаний). По указанию преподавателя.

Рис.1 114

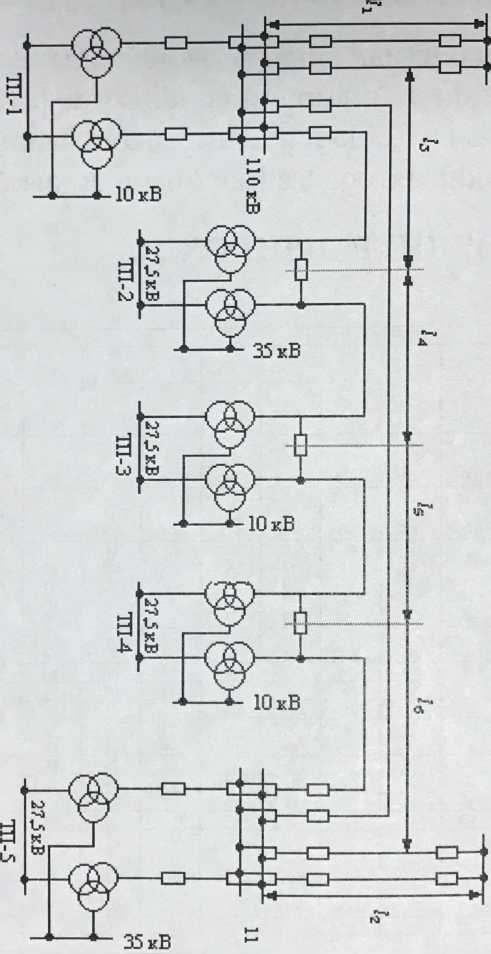


Рис.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица №9 - Параметры схемы питания и нагрузки тяговых подстанций | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 |
| Схема питания | | Рис 1 | | | | | | | Рис 2 | | | | | | | | | | |
| Номер тяговой подстанции | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Мощность КЗ на шинах 220 или 11 кВ районной подстанции | РП-1 S„,MB А | 5500 | 400 | 2500 | 4200 | 4500 | 5000 | 3500 | | 800 | | 1000 | | 1000 | | 2000 | | 2500 | |
| РП-2 Su, МВ А | 4000 | 4500 | 3000 | 6000 | 5000 | 6500 | 2000 | | 1250 | | 1400 | | 750 | | 2500 | | 4000 | |
| Длина воздушной линии 220 или 110 кВ, км | 1 | 15 | 60 | 100 | 25 | 90 | 40 | 35 | | 25 | | 20 | | 30 | | 40 | | 30 | |
| 2 | 25 | 90 | 80 | 50 | 30 | 20 | 70 | | 20 | | 35 | | 15 | | 12 | | 10 | |
| 3 | 45 | 60 | 55 | 40 | 55 | 50 | 40 | | 45 | | 55 | | 50 | | 45 | | 50 | |
| 4 | 50 | 50 | 55 | 40 | 60 | 45 | 35 | | 50 | | 55 | | 60 | | 45 | | 50 | |
| 5 | 55 | 55 | 60 | 50 | 65 | 40 | 45 | | 55 | | 50 | | 55 | | 40 | | 45 | |
| 6 | 40 | 60 | 60 | 50 | 60 | 45 | 40 | | 45 | | 40 | | 60 | | 40 | | 55 | |
| 7 | 60 | 50 | 55 | 55 | 45 | 40 | 45 | |  | |  | |  | |  | |  | |
| 8 | 50 | 60 | 60 | 55 | 55 | 40 | 50 | |  | |  | |  | |  | |  | |
| Тяговая  нагрузка  подстанции | I г. А | 450 | 380 | 420 | 520 | 700 | 650 | 360 | | 400 | | 550 | | 350 | | 500 | | 600 | |
| I д, А | 400 | 320 | 350 | 470 | 600 | 500 | 330 | | 300 | | 500 | | 300 | | 450 | | 550 | |
| Нетяговые потребители, питающиеся от тяговой подстанции (согласно табл  8) | | 9,  11. 14, 15 | 10,  13,  18,  20,  22 | 2,  5 | 1,  6,  7,  8 | 12,  14,  18,  23,  25 | 9,  11,  15,  19,  24 | 4,  6,  8 | | 15,  19, 21 | | 3,  5,  8 | | 10,  14,1  7,  20,  24 | | 9,  11,  14,  18,  19 | | 1,  7,  8 | |
| Нетяговые потребители, питающихся по линии ДПР от шин 27,5 кВ, Snm, кВ А | | 350 | 550 | 300 | 450 | 600 | 300 | 500 | | 350 | | 300 | | 250 | | 450 | | 600 | |
| Номинальная мощность трансформатора собствен­ных нужд, **Src, кВ '** А | | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | | 400 | | 400 | | 400 | | 400 | | 400 | |
| Номинальная мощность трансформаторов подогрева, кВ' А | | 250 |  |  |  |  |  | 400 | | 2550 | |  | |  | |  | | 400 | |
| Число питающих линий контактной сети | | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | | 5 | | 4 | | 5 | | 4 | | 6 | |
| Специальное задание | | Из таблицы 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Исходные данные для разработки проекта берутся из табл. 10 данные потребителей берутся из табл. 4. Схема питания трансформаторной подстанции приведена на рис 5. Содержание специального задания указано в табл. 10.

Таблица 10 Содержание специального задания

|  |  |
| --- | --- |
| № п/п | Разработать технологический процесс |
| 1 | 2 |
| 1. | Текущий ремонт масляного выключателя в РУ 35 кВ |
| 2. | Текущий ремонт и испытание распределительного устройства 27,5 кВ |
| 3. | Текущий ремонт понижающего трансформатора 220/35 (10) /27,5 кВ или 110/35(10)/27,5 кВ |
| 4. | Частичная проверка защиты питающей линии (фидера) 10 (или 35) кВ |
| 5. | Текущий ремонт масляного выключателя в РУ 35 или РУ 10 кВ |
| 6. | Капитальный ремонт и испытание измерительных трансформаторов тока (или напряжения) 10 кВ или 35 кВ |
| 7. | Текущий ремонт трансформатора собственных нужд |
| 8. | Текущий ремонт разъединителей, отделителя и короткозамыкателя РУ 220 кВ или РУ-110 кВ |
| 9. | Текущий ремонт и испытание распределительного устройства 10 (или 35) кВ |
| 10. | Разделка кабеля напряжением 10 кВ и монтаж кабельной муфты |
| 11. | Очистка трансформаторного масла без слива из трансформатора |
| 12. | Текущий ремонт и испытания устройств заземления и зашиты от перенапряжений тяговой подстанции |

**ТЕМА 2 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И  
АППАРАТОВ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

**Содержание задания**

По заданной схеме питания трансформаторных подстанций (рис. 6) и нагрузкам подстанции (табл. 12), требуется:

1. Составить схему главных электрических соединений трансформаторной подстанции на листе формата А1.
2. Выбрать типы и установить выдержки времени

релейных защит всех присоединений подстанции вводов в распределительные устройства, понижающих

трансформаторов, питающих линии и трансформаторов собственных нужд.

1. Определить максимальные активные мощности отдельных потребителей.
2. Вычислить суммарную полную мощность потребителей для каждого напряжения (35 или 10 кв) с учетом потерь в электрических сетях и трансформаторах.
3. Выбрать количество, тип и мощность понижающих трансформаторов.
4. Определить мощность на шинах первичного напряжения подстанции.
5. Произвести расчет максимальных токов короткого замыкания для характерных точек подстанции (согласно заданию преподавателя).
6. Вычислить максимальные рабочие токи на шинах и по присоединениям одного распределительного устройства (РУ-35 кВ или РУ-10 кВ — по заданию преподавателя).
7. Произвести выбор и проверку по токам короткого замыкания основного оборудования и токоведущих частей одного распределительного устройства (РУ-35 кВ или РУ-10 кВ - по заданию преподавателя) и указать их на схеме главных электрических соединений.

а) сборных шин и изоляторов;

б) выключателей,

в) разъединителей,

г) трансформаторов тока,

д) трансформаторов напряжения

1. Разработать технологический процесс ремонта или профилактических испытаний одного из аппаратов или устройств подстанции (специальное задание по усмотрению преподавателя)

Таблица № 12 - Параметры схемы питания и нагрузки трансформаторных подстанций

Наименование Варианты

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Схема питания | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Номер |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| трансформаторной | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| подстанции |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Мощность короткого замыкания на шинах ПОкВ | РП-1  SK,MBA | 400 | 800 | 650 | 450 | 700 | 1000 | 500 | 750 | 550 | 600 | 900 | 850 | 700 | 350 |
| РП-2 SK |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| подстанции | MBA | 950 | 1000 | 870 | 620 | 970 | 770 | 890 | 920 | 430 | 780 | 1100 | 430 | 830 | 740 |
| Длина | 11 | 42 |  |  |  |  |  |  |  | 45 |  |  |  |  |  |
| воздушной | 12 |  |  |  |  |  | 38 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| или 110 кВ, км | 13 | 20 | 28 | 29 | 30 | 27 | 33 | 25 | 23 | 21 | 24 | 26 | 31 | 22 | 34 |
| 14 | 22 | 35 | 31 | 36 | 22 | 19 | 31 | 39 | 37 | 30 | 24 | 23 | 38 | 20 |
|  | 15 | 28 | 21 | 24 | 20 | 25 | 29 | 22 | 30 | 27 | 33 | 37 | 28 | 31 | 38 |
|  | 16 | 30 | 20 | 28 | 33 | 31 | 27 | 24 | 20 | 22 | 21 | 23 | 25 | 20 | 22 |
|  | 17 | 25 | 22 | 30 | 23 | 24 | 20 | 21 | 25 | 28 | 27 | 26 | 25 | 21 | 24 |
|  | 18 |  |  |  |  |  |  | 41 | 35 |  |  |  |  |  |  |
|  | 19 |  |  |  |  |  |  |  | 28 |  |  |  |  |  |  |
|  | 110 |  |  |  |  |  |  |  |  | 20 |  |  |  |  |  |
|  | 111 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 25 |  |  |  |  |
|  | 112 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 21 |  |  |  |
|  | 113 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 27 |  |  |
|  | 114 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 30 |  |
|  | 115 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 24 |
| Нетяговые потребители, | | 2, | к | 13, | 3, | 2, | 3, | 9, | 1, | 19, | 13, | 12, | 21, | 10, | 17, |
| питающиеся от тяговой | | 5, | 3, | 14, | 4, | 4, | 8, | П, | 3, | 20, | 16, | 13, | 23, | П, | 20, |
| подстанции табл. 9) | (согласно | 6, | 7, | 15, | 7, | 5, | if | 16, | 5, | 22, | 18, | 15, | 24, | 12, | 22, |
|  | 7 | 9, | 19, | ю, | 8 | 12, | 18, | 6, | 24 | 20, | 16, | 25 | 15, | 24 |
|  |  |  | 10 | 21 | 14 |  | 17 | 19 | 8 |  | 24 | 19 |  | 17 |  |
| Мощность |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 10 | 25 | 25 | 16 | 40 | 16 |
| трансформаторов понижающей подстанции, | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| от которой | питается |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| проектируемая |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| подстанция, S„oMTO, кВ А | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Напряжение | КЗ |  |  |  |  |  |  |  |  | 10,5 | 17 | 17 | 10,5 | 17 | 10,5 |
| трансформатора | , ur, % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Мощность |  | 100 | 250 | 63 | 160 | 63 | 100 | 100 | 160 | 40 | 25 | 40 | 25 | 63 | 40 |
| трансформаторов собственных нужд, | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sic», кВ А |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Специальное задание Из табл 13, по указанию преподавателя

Исходные данные

Исходные данные для разработки проекта берутся из табл. 12 данные потребителей берутся из табл 9

Схема питания трансформаторной подстанции приведена на рис .6.

Содержание специального задания указано в табл. 13. Тема специального задания выбирается по согласованию с преподавателем.

|  |  |
| --- | --- |
| Таблица № 12 - Темы специального задания | |
| п/п | Разработать технологический процесс |
| 1. | Текущий ремонт масляного выключателя в РУ 35 кВ |
| 2. | Текущий ремонт масляного выключателя в РУ 10 кВ |
| 3. | Частичная проверка защиты фидера 10 кВ |
| 4. | Текущий ремонт трансформатора собственных нужд |
| 5. | Текущий ремонт и испытание измерительного трансформатора тока или напряжения (10 или 35 кВ) |
| 6. | Частичная проверка защиты фидера 35 кВ |
| 7. | Текущий ремонт и испытание распределительного устройства 10 кВ |
| 8. | Текущий ремонт отделителя, короткозамыкателя (с приводом) |
| 9. | Частичная проверка защиты понижающего трансформатора |
| 10. | Текущий ремонт понижающего трансформатора 35/10 кВ |
| 11. | Текущий ремонт и испытание устройств заземления и защиты от перенапряжения подстанций |
| 12. | Текущий ремонт и испытание распределительного устройства 35 кВ |
| 13. | Испытание кабелей |
| 14. | Восстановление трансформаторного масла |

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Типы релейных защит следует указать по всем присоединениям подстанции, начиная с питающих линий подстанции, далее пояснить защиты главных понижающих трансформаторов, сборных шин 10 кВ или 35 кВ, защиты преобразовательных агрегатов, трансформаторов собственных нужд, питающих линий 10 или 35 кВ, защиту РУ 3,3 кВ и питающих линий контактной сети.

Значения времени срабатывания наиболее медленно действующей защиты каждого присоединения понадобятся в дальнейшем при расчете токов КЗ.

Зная эффективный ТОК подстанции Id.nodcm.Ud.HOM9 можно определить мощность тяговой нагрузки,

S'тяг =1,05 Id.nodc\*Udhom

где UdHOM - номинальное выпрямленное напряжение на шинах подстанции.

Наибольшую активную мощность отдельного потребителя Ртах следует определять по выражению (16) учебника. Суммируя результаты расчета Ртах отдельных потребителей, можно определить суммарную наибольшую

МОЩНОСТЬ ЛРтах.

Для вычисления полной мощности потребителей 10 кВ или 35 кВ с учетом потерь в сетях и трансформаторах следует воспользоваться выражением (21) учебника. Предварительно необходимо вычислить реактивные мощности каждого потребителя Qmax=Pmax tgφ(где tgφ определяется по заданному значению cosφ и суммарную реактивную мощность ΣQmax• При вычислении суммарной полной мощности следует учесть неодновременность наступления наибольших нагрузок потребители введением коэффициента Крт = 0,95 / 0,98

По определенной таким образом потной мощности можно выбрать понижающие трансформаторы 35/10 кВ для питания районных потребителей на подстанции с первичным напряжением 35 кВ Количество установленных трансформаторов зависит от категории потребителей. При выборе одного трансформатора его номинальная мощность SHoM.mP ≥ Sрасч.тах.При выборе двух рабочих трансформаторов их мощность можно определить из выражения

учитывая необходимость питания потребителей первой категории при выходе из работы одного трансформатора за счет аварийной длительной перегрузки трансформатора на 40%. При выборе двух трансформаторов, из которых один рабочий, а второй резервный мощность каждого трансформатора можно определить из выражения

SHoM.mP ≥ Sрасч.тах.

Для подстанций с первичным напряжением 110 кВ мощность главного понижающего трансформатора на стороне 110 к В, можно определить по формуле

S тах\*110=(Sw max +Sрасч.тах35)Kp

для трехобмоточного трансформатора,

где SpaC4 тах35 - значение максимальной полной мощности

районных потребителей 35 кВ с учетом потерь;

SM max ю - максимальная полная мощность на шинах 1 ОкВ, определяемая по выражению

S ш тах10=(Sтяг +Sw max 10+SТСН) К'р

Кр - коэффициент, учитывающий разновременность наступления наибольших нагрузок обмоток 35 кВ и 10 кВ ориентировочно Кр= 0,9-Ю,95;

К'р - коэффициент, учитывающий разновременность наступления наибольших нагрузок тяговых и нетяговых потребителей, ориентировочно К'р= 0,95—0,98.

При установке двухобмоточных трансформаторов

S тах\*110= S ш тах10

На тяговой подстанции устанавливаются обычно два главных понизительных трансформатора, мощность которых можно определить по значению £тахцо как указано выше. Тип трансформатора выбирается по справочнику.

Мощность опорной или транзитной подстанции на шинах первичного напряжения 110 кВ определяется по выражению (201) учебника Прохорокого [2].

Мощность отпаечной или тупиковой подстанции определяется по выражению

Мощность на шинах опорной или транзитной подстанции с первичным напряжением 35 кВ определяется по выражению (199) учебника [2].

При определении мощности тупиковой подстанции в выражении (199) не следует учитывать мощность транзитных подстанций

Методические указания по расчету токов КЗ и выбору оборудования приведены ниже

**Тема 1.**

При составлении схемы главных электрических соединений тяговой подстанции следует воспользоваться схемами, приведенными на стр. 408, 411-413 учебника Поохорского [2].

Для определения мощности тяговой нагрузки 5^, наибольшей мощности на шинах 27,5 кВ и наибольшей расчетной мощности понижающих трансформаторов следует воспользоваться формулами на спр. 419 учебника Прохорского.

При этом определение суммарной полной мощности районных потребителей выполняется как и для тяговой подстанции постоянного тока (тема 1). Аналогично определяется мощность, отдаваемая по фидерам ДПР.

При выборе мощности и типа тяговых трансформаторов следует воспользоваться методическими указаниями к теме 1.

Мощность подстанции определяется согласно указаниям на стр. 419 учебника [2].

Методические указания по расчету токов КЗ и выбору оборудования приведены ниже.

**Тема 2.**

При составлении схемы главных электрических соединений трансформаторной подстанции следует воспользоваться схемами, приведенными на стр. 122, 372, 375, 413 учебника Прохорского, а также учесть

методические указания руководителя курсового проектирования.

При определении наибольшей мощности районных потребителей 10 кВ и 35 кВ, мощности понижающего трансформатора и подстанции следует воспользоваться указаниями к теме 1 (в расчетах не учитывается мощность тяговой нагрузки £тяг).

Темы 1,2. Вычисление токов КЗ необходимо начать с составления расчетной схемы, согласно заданной схеме питания подстанции На ней указываются мощность КЗ на шинах районной подстанции, напряжения всех ступеней, длина линий, мощность и напряжение КЗ понижающих трансформаторов, обозначаются точки, в которых необходимо вычислить токи КЗ и время срабатывания релейных защит на вводе в распределительное устройство и на отходящих присоединениях.

На основании расчетной схемы составляется схема замещения цепи КЗ, на которой каждый элемент цепи представляют в виде эквивалентного индуктивного сопротивления; им присваивают порядковые номера, которые проставляются в числителе дроби, стоящей около соответствующего элемента. После этого приступают к вычислению относительных базисных сопротивлений элементов цепи КЗ по формулам: 40 -43 учебника [2].

Так как мощность, питающей энергосистемы не задана, ее относительное базисное сопротивление следует вычислить по заданной мощности КЗ на шинах районной подстанции по формуле (45).

В случае применения трехобмоточных трансформаторов следует вычислить напряжения короткого замыкания каждой из обмоток трансформатора по формулам (44), а затем относительные сопротивления этих обмоток по формуле (43) учебника [2].

После вычисления относительных базисных сопротивлений каждого и элементов цепи КЗ, их величины указываются на схеме замещения в знаменателе соответствующей дроби. В дальнейшем, последовательно преобразуя схему замещения, определяют относительные сопротивления до заданных точек КЗ.

Результаты по вычислению токов КЗ следует оформить в виде таблицы. С примером расчета токов КЗ можно ознакомиться в пособии по дипломному проектированию 141. Учитывая различное время отключения токов КЗ выключателями ввода в РУ и отходящих присоединений, следует определить полный, тепловой импульс как для шин, так и для всех присоединений по выражению (90) учебника. Время отключения тока КЗ можно определить

tоткл =tрз +tср +tсв

где tp3 - время срабатывания (уставки) релейной защиты, указанное на расчетной схеме для каждого присоединения РУ и ввода;

tcp - собственное время срабатывания всех реле защиты;

tce - собственное время отключения выключателя.

Выбор оборудования необходимо начать с расчета наибольших рабочих токов шин и всех присоединений проектируемого РУ. Для этой цели можно использовать расчетные формулы из учебника Прохорского стр. 207—208 или пособия [4].

Чтобы избежать завышенных значений 1раб.тах на присоединении вводов, и на шинах РУ-10 кВ в случае применения трехобмоточных понижающих трансформаторов мощностью SHOMmp = 25 тыс. кВА и более, допускается токи для указанных присоединений, вычислить по фактической мощности Smax всех присоединенных потребителей к РУ-10 кВ. Наибольшие рабочие токи первичной стороны трансформатора преобразовательного агрегата и трансформатора собственных нужд можно определить из выражений

Выбор выключателей, разъединителей,

трансформаторов тока необходимо оформить в таблицах, вид которых приведен на стр. 209—210 учебника Прохорского. В таблицах следует указать оборудование всех присоединений проектируемого РУ, даже в случае применения одинаковых типов аппаратов. Перед каждой таблицей должно быть приведено описание условия выбора соответствующего аппарата, согласно учебнику Прохорского (стр. 202—204).

Условия выбора и проверки аппаратов также можно оформить в виде таблиц, как указано в пособии [14].

У выбранного трансформатора тока должна быть проверена па соответствие классу точности обмотка класса 0,5. Для этого необходимо составить расчетную схему присоединения приборов к вторичной обмотке. Пример схемы имеется в учебнике [2] на рис. 123.

Проверка трансформатора напряжения на соответствие классу точности также должна содержать соответствующую-расчетную схему, на основании которой заполняется таблица и вычисляется полная мощность всех приборов, присоединяемых к измерительному трансформатору.

Следует иметь в виду, что для однофазных трансформаторов напряжения, соединенных в звезду, номинальной мощностью S2H0M в выражении (109) является мощность трансформаторов всех трех фаз S2HOM= 3 SH0M.mp, где SH0M.mp - номинальная мощность однофазного трансформатора. Значения мощности, потребляемой катушкой тока и катушкой напряжения приборов можно взять из Пособия (41 или из табл. 13 на стр. 210 учебника Прохорского.

Катушки напряжения счетчиков имеют cos(p - 0,38, а у других приборов coscp= 1. Счетчики активной энергии и ваттметры имеют по две катушки напряжения, а счетчики реактивной энергии - три катушки.

При выборе оборудования РУ можно воспользоваться методическими указаниями к заданию 2 данной брошюры или рекомендациями пособия.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Основная

1. ПрохорскийА. А. Тяговые и трансформаторные подстанции. М., «Транспорт», 1983.

Дополнительная

1. Быков Е. И. и др. Электроснабжение метрополитенов. М., «Транспорт», 1977.
2. Гринберг-Басин М. М. Тяговые подстанции. Пособие по дипломному проектированию. М., «Транспорт», 1986.
3. Давыдова И.К., Попов В.И., Эрлих В.М. Справочник по эксплуатации тяговых подстанций и постов. М., «Транспорт», 1978.
4. Инструкция по техническому обслуживанию оборудования тяговых подстанций и постов секционирования электрифицированных железных дорог. М.: «Транспорт», 1976.
5. Панфиль Л.С. и др. Эксплуатация и ремонт тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. М., «Транспорт», 1975.
6. Правила устройств электроустановок. М., «Энергоатомиздат», 1985.
7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники- безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., «Атомиздат», 1985.
8. Под редакцией К.Г. Марквардта. Справочник по электроснабжению железных дорог. М., «Транспорт», 1981.
9. Сердинов С.М. Анализ работы и повышение

надежности устройств электроснабжения

электрифицированных железных дорог. М., «Транспорт», 1985.

1. Справочник по наладке электрооборудования электростанций и подстанций. Под редакцией Мусаэляна Э. С. М., «Энергоатомиздат», 1984..
2. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения. «Энергоиздат», 1981.
3. Электротехнический справочник т. 1-3. М.: «Энергия», 1986—1987.