

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

**Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта –
структурное подразделение ФГБОУ ВО ПГУПС**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

и контрольные задания

для студентов

заочной формы обучения

по МДК01.04 Устройство и техническое обслуживание тяговых подстанций

ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования

электрических подстанций и сетей

специальность № 13.02.07

Электроснабжение (по отраслям)

(для железнодорожного транспорта)

Санкт-Петербург

2017

Методические указания составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ 01. Техническое обслуживание электрических подстанций и сетей. Методические указания предназначены для подготовки и выполнения контрольных работ обучающимися по заочной форме обучения.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Протокол № 11 от 19.05.2017
Председатель _____
Ройзен О.Г.

Методические рекомендации согласованы и зарегистрированы в методическом кабинете.

№ регистрации 7 от 16.06. 2017

Зав.методическим кабинетом

Божук Г.А.

Составители: Алексеев А.А.

Рецензенты: Ройзен О.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Рабочая программа междисциплинарного курса	8
2. Перечень вопросов к дифференциальному зачету	27
3. Задание на контрольную работу	32
4. Методические указания к выполнению контрольной работы	36
5. Перечень практических и лабораторных занятий	50
6. Перечень рекомендуемой литературы	51

ВВЕДЕНИЕ

Программой междисциплинарного курса **01.04. Устройство и техническое обслуживание тяговых подстанций** в рамках обучения по программе профессионального модуля **01. Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей** предусматривается освоение профессиональных компетенций:

ПК 1.1 Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 1.2 Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 1.3 Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматических систем;

ПК 1.5 Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию;

ПК 1.6 Выполнять основные виды работ по обслуживанию специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог.

В процессе изучения материала, выполнения практических работ и подготовки контрольной работы обучающиеся осваивают общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную 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. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 6. Работать в коллективе и в 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.

Содержание учебного материала базируется на новейших научно-технических достижениях в области устройства тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, предназначенных для электроснабжения тяговых и нетяговых потребителей, и может быть полезно при подготовке ремонтного и оперативного персонала тяговых подстанций, а также работников по техническому обслуживанию и ремонту тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств тягового электроснабжения.

Для успешного освоения междисциплинарного курса необходимы теоретические знания, полученные ранее студентами при изучении дисциплин «Математика», «Инженерная графика», «Электротехника и электроника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Материаловедение», «Общий курс железных дорог». В дальнейшем освоение компетенций будет продолжено в рамках прохождения производственной практики.

В результате изучения междисциплинарного курса студент должен иметь практический опыт: составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей, модернизации схем электрических устройств подстанций, технического обслуживания трансформаторов и преобразователей электрической энергии, применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов, технического обслуживания специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог;

уметь: разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей, вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств, обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии, обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок; использовать нормативную техническую документацию и инструкции, выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование, оформлять отчеты о проделанной работе, производить расчеты для выбора специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог, обеспечивать выполнение работ по обслуживанию специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог;

знать: устройство оборудования электроустановок, условные графические обозначения элементов электрических схем, логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок, виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей, виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств, основные положения правил технической эксплуатации электроустановок, виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения, схемы и устройство тяговых подстанций переменного и постоянного тока, конструкцию, типы и принцип

действия специального оборудования тяговых подстанций, технологию работ по техническому обслуживанию специального оборудования тяговых подстанций.

В Методических указаниях представлены рабочая программа междисциплинарного курса, краткие указания по изучению материала, перечень вопросов для подготовки к дифференцированному зачету.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения практического опыта в расчетах программой предусмотрены практические занятия и лабораторные работы. Практические и лабораторные работы выполняются под руководством преподавателя в сроки, предусмотренные учебным графиком.

После изучения программного материала выполняется контрольная работа. Задание на контрольную работу составлено в 50 вариантах. Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра студента по таблице 1.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА

Раздел 6. Устройство тяговых подстанций

Тема 6.1 Общие сведения о тяговых подстанциях

Назначение, классификация, схемы питания тяговых подстанций.
Нормы присоединения тяговых подстанций к питающей сети.

Методические указания

При ссылке в дальнейшем на литературу указывается ее номер согласно приведенному в конце брошюры библиографическому списку, например, [1].

Назначение, классификацию и схемы внешнего электроснабжения тяговых подстанций электрифицированных железных дорог можно изучить по учебнику [1], § 8.1 на страницах 361-364.

Тяговые подстанции электрифицированных железных дорог обеспечивают электроснабжением электрическую тягу поездов (самый мощный потребитель), устройства СЦБ, железнодорожные нетяговые потребители, собственные нужды подстанции, районные потребители (районных потребителей может не быть). После изучения материала необходимо знать классификацию тяговых подстанций, уметь начертить схему внешнего электроснабжения тяговых подстанций, на которой отразить опорные, транзитные, отпаечные и тупиковые подстанции, а также знать нормы присоединения тяговых подстанций к питающей сети. Под нормами присоединения подстанций понимается количество промежуточных подстанций (транзитных, отпаечных), расположенных между опорными.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая электрическая подстанция называется тяговой?
2. Приведите классификацию тяговых подстанций:
 - по роду тока (системе электрической тяги);
 - по способу управления;
 - по способу обслуживания;

- по возможности перемещения.

3. Какими бывают тяговые подстанции в схеме внешнего электроснабжения? (пояснить схемой питания)?
4. Электроснабжение тяговых подстанций осуществляется по двухцепной ЛЭП напряжением 220 кВ. Сколько допускается расположить промежуточных подстанций при электротяге на переменном токе?
5. Электроснабжение тяговых подстанций осуществляется по двухцепной ЛЭП напряжением 220 кВ. Сколько допускается расположить промежуточных подстанций при электротяге на постоянном токе?
6. Электроснабжение тяговых подстанций осуществляется по двухцепной ЛЭП напряжением 110 кВ. Сколько допускается расположить промежуточных подстанций при электротяге на переменном токе?
7. Электроснабжение тяговых подстанций осуществляется по двухцепной ЛЭП напряжением 220 кВ. Сколько допускается расположить промежуточных подстанций при электротяге на постоянном токе?

Тема 6.2 Тяговые подстанции постоянного тока

Общие сведения о тяговых подстанциях постоянного тока. Схема питания тяги и нетяговых потребителей от тяговой подстанции постоянного тока. Однолинейная схема тяговой подстанции постоянного тока. Силовые полупроводниковые приборы. Технические характеристики, параметры и конструкция преобразовательных агрегатов, схемы выпрямления. Сглаживающие устройства. Схема РУ-3,3 кВ. Конструкция тяговых подстанций постоянного тока, расчет мощности. Устройства защиты от перенапряжений тяговой подстанции постоянного тока.

Методические указания

Основной теоретический материал о тяговых подстанциях постоянного тока приведен в главе 8 [1] на страницах 364-407. В результате изученного материала необходимо знать схему тягового электроснабжения на

постоянном токе, схемы подключения нетяговых потребителей, особенности электроснабжения устройств СЦБ на тяговой подстанции постоянного тока. Схема питания потребителей приведена в учебнике [1] рисунок 8.5 на странице 365.

При рассмотрении вопросов, связанных с силовыми полупроводниковыми приборами и выпрямителями, следует повторить материал, изученный в дисциплине Электротехника и электроника, Раздел 2 Электронная техника. После изучения материала необходимо знать состав преобразовательных агрегатов, их конструкцию, марки и технические характеристики тяговых трансформаторов и выпрямителей.

Однолинейные схемы распределительных устройств изучаются в МДК01.01. Раздел1. Устройство электрических подстанций и составление их схем. Схема РУ-3,3 кВ представлена в учебнике [1], рисунок 8.17 на странице 393.

Для задержания высших гармонических составляющих на тяговой подстанции между «плюс» и «минус»- шинами подключено сглаживающее устройство. Его назначение, конструкцию, основное оборудование рассматривается в учебнике [1] на страницах 388-392. Значения емкостей колебательных контуров, расчет индуктивностей этих контуров приведены в литературе [4] на страницах 69-70.

Для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений на тяговых подстанциях постоянного тока применяются разрядники и ограничители перенапряжений. Их назначение, конструкцию, параметры, принцип действия рассматривается в учебнике [1] на страницах 239-245.

Современное оборудование распределительных тяговых подстанций постоянного тока, требования к его установке можно изучить, используя литературу [2], [6], [5] а также интернет - ресурсы. Оперативные переключения для подготовки рабочего места с целью выполнения ремонтных работ производятся в соответствии с техническими мероприятиями, которые представлены в литературе [7].

Целью проведения практических и лабораторных занятий - «Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока АБ-2/4», «Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-28», «Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-43», «Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-49», «Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-206», «Изучение конструкции РДШ», «Сборка схемы управления быстродействующего выключателя постоянного тока», «Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-28», «Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-43», «Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-49», «Изучение конструкции выпрямителя», «Расчет выпрямителя», «Расчет мощности тяговой подстанции постоянного тока», «Изучение конструкции разрядников постоянного тока», «Расчет сглаживающего устройства» - является закрепление знаний и умений в области тяговых подстанций постоянного тока электрифицированных железных дорог путем практического изучения основного оборудования распределительных устройств, их схем, выполнения расчетов мощности подстанции и выбора силовых трансформаторов.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите оборудование, входящее в состав преобразовательного агрегата.
2. Как называются обмотки тягового трансформатора?
3. С какой схемой выпрямления преобразовательный агрегат ТДП-12500/10Ж + ПВЭ5АУ1? Укажите схемы соединения обмоток тягового трансформатора.

4. С какой схемой выпрямления преобразовательный агрегат ТРДП-12500/10Ж + ТПЕД-3150-3,3? Укажите схемы соединения обмоток тягового трансформатора.
5. С какой целью вторичная обмотка тягового трансформатора ТРДП-12500/10Ж расщеплена на две части?
6. Назовите конструктивное отличие тягового трансформатора ТРДП-12500/10Ж от тягового трансформатора ТРСЗП-12500/10Ж.
7. Укажите порядок оперативных переключений при вводе в работу (при выводе из работы) преобразовательного агрегата.
8. Расшифруйте маркировку силового полупроводникового прибора ДЛ161-200-8.
9. Какие из параметров силового полупроводникового прибора определяют количество параллельных ветвей в выпрямителе и последовательно соединенных полупроводниковых приборов в каждой ветви выпрямителя?
10. Сколько и какие диоды работают в каждый момент времени в выпрямителе с шестипульсовой схемой выпрямления?
11. Сколько и какие диоды работают в каждый момент времени в выпрямителе с двенадцатипульсовой схемой выпрямления?
12. Какое по форме и номинальное по величине напряжение на выходе выпрямителя?
13. Как называется присоединение (участок схемы) между выпрямителем и плюс шиной?
14. Как называется присоединение между «плюс» шиной и контактной подвеской?
15. Как называется присоединение между средней точкой дроссель-трансформатора и «минус» шиной?
16. Как называется и почему так быстродействующий выключатель постоянного тока, установленный на вводе в РУ-3,3 кВ?

17. Как называется быстродействующий выключатель постоянного тока, установленный на фидере контактной сети?
18. Назначение ШСА.
19. Сколько выключателей допускается выводить в ремонт через ШСА?
20. С какой целью на фидерах контактной сети устанавливают два последовательно соединенных быстродействующих выключателя постоянного тока?
21. Почему на фидерах контактной сети выключатели постоянного тока устанавливают последовательно, а не параллельно?
22. Дайте определение номинального тока отключения быстродействующего выключателя постоянного тока.
23. Дайте определение тока уставки быстродействующего выключателя постоянного тока.
24. Какими элементами фидерного быстродействующего выключателя постоянного тока регулируется ток уставки? (ВАБ-43, ВАБ-49, ВАБ-206).
25. Назовите способы гашения электрической дуги быстродействующим выключателем постоянного тока.
26. Назовите назначение катушки и сердечника магнитного дутья быстродействующего выключателя постоянного тока.
27. Сколько пар контактов имеют быстродействующие выключатели постоянного тока? Их названия.
28. Назовите основные элементы блока быстродействующего привода выключателя постоянного тока.
29. Назначение державной катушки быстродействующего выключателя постоянного тока. Какой по величине по ней протекает ток и какое по роду и величине приложено напряжение? Что является источником этого напряжения?
30. Назначение катушки включения быстродействующего выключателя постоянного тока. Какой по величине по ней протекает ток и какое по

- роду и величине приложено напряжение? Что является источником этого напряжения?
31. Назначение якорька с механизмом свободного расцепления у выключателей постоянного тока.
 32. Назначение, конструкция, принцип работы РДШ.
 33. Укажите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт одного из фидерных выключателей через ШСА без перерыва в электроснабжении участка контактной сети.
 34. Какой потенциал по знаку в контактной подвеске, рельсовой цепи?
 35. Укажите особенность подключения амперметров в РУ-3,3 кВ. Почему в РУ-3,3 кВ амперметры не подключают к трансформаторам тока, как это выполнено в РУ-10 кВ?
 36. Укажите особенность подключения вольтметров в РУ-3,3 кВ. Почему в РУ-3,3 кВ вольтметры не подключают к трансформаторам напряжения, как это выполнено в РУ-10 кВ?
 37. Назначение ИКЗ на фидерах контактной сети.
 38. Назначение ОПН, установленных на фидерах контактной сети.
 39. Назначение разрядников, установленных в РУ-3,3 кВ в непосредственной близости от выпрямителей.
 40. В выпрямителе короткое замыкание. Какая защита придет в режим тревоги и что отключит?
 41. Укажите назначение запасной плюс шины в РУ-3,3 кВ.
 42. На шинах РУ-3,3 кВ короткое замыкание. Какая защита придет в режим тревоги, что отключит и в какой последовательности?
 43. Назначение короткозамыкателя, установленного в обратном фидере.
 44. По какому прибору определяется общий тяговый ток подстанции?
 45. Значение какого тока показывают амперметры, установленные:
 - на вводе в РУ-3,3 кВ;
 - на питающем фидере контактной сети;
 - в обратном фидере контактной сети.

46. Что является источниками высших гармоник частотой 100, 200, 300, 400, 500, 600, 900, 1200 Гц?
47. Какое влияние и на что оказывают гармоники частотой 100, 200, 300, 400, 500, 600, 900, 1200 Гц?
48. Назначение и состав сглаживающего устройства.
49. Назначение и состав фильтрующего устройства. На каком явлении основана работа фильтрующего устройства?
50. В распределительном устройстве какого напряжения и через какой коммутационный аппарат подключают фильтрующее устройство?
51. Из чего (из каких мощностей) складывается полная мощность тяговой подстанции постоянного тока?
52. К шинам какого напряжения на тяговой подстанции постоянного тока подключают трансформаторы собственных нужд. Сколько ТСН устанавливают на подстанции и почему именно таково их количество?

Тема 6.3 Тяговые подстанции переменного тока

Общие сведения о тяговых подстанциях переменного тока. Схема питания тяги и нетяговых потребителей от тяговой подстанции переменного тока. Тяговые трансформаторы, условия их параллельной работы. Конструкция тяговых подстанций переменного тока. Схема РУ-27,5 кВ. Расчет мощности и выбор оборудования тяговой подстанции переменного тока. Общие сведения о тяговых подстанциях переменного тока для системы 2x25 кВ, РУ-2x25 кВ. Общие сведения о компенсирующих устройствах. Продольная и поперечная компенсации реактивной мощности.

Методические указания

Основной теоретический материал о тяговых подстанциях переменного тока приведен в главе 8 [1] на страницах 408-436. В результате изученного материала необходимо знать схему тягового электроснабжения на переменном токе, схемы подключения нетяговых потребителей, особенности

электроснабжения устройств СЦБ на тяговой подстанции переменного тока. Схема питания потребителей приведена в учебнике [1], рисунок 8.21 на странице 409.

Конструкция, марки и технические характеристики тяговых трансформаторов тяговых подстанций переменного тока приведены в параграфе 8.14 учебника [1] на страницах 414-418. Из теории электрических машин (раздел Трансформаторы) необходимо повторить условия параллельной работы трансформаторов, изучить схему фазировки тяговых подстанций переменного тока, которая применяется с целью выравнивания нагрузки на вторичной (тяговой) обмотки. Схема и пояснения к ней рассматриваются в учебнике [1] рисунок 8.24 на страницах 416-418.

Однолинейные схемы распределительных устройств изучаются в МДК01.01. Раздел1. Устройство электрических подстанций и составление их схем. Схема РУ-27,5 кВ представлена в учебнике [1] рисунок 8.25 на странице 420.

Перед изучением компенсирующего устройства рекомендуется повторить материал дисциплины «Электротехника и электроника» по теме Коэффициент мощности и его технико-экономическое значение. Схема установки поперечной емкостной компенсации представлена на рисунке 273 страница 462 учебника [3], продольной емкостной компенсации – на рисунке 274 страница 463 того же учебника.

Современное оборудование распределительных тяговых подстанций постоянного тока, требования к его установке можно изучить, используя литературу [2], [6], [5] а также интернет - ресурсы. Оперативные переключения для подготовки рабочего места с целью выполнения ремонтных работ производятся в соответствии с техническими мероприятиями, которые представлены в литературе [7].

Целью проведения практических и лабораторных занятий - «Изучение конструкции РУ-27,5 кВ», «Изучение конструкции масляного

выключателя фидера контактной сети переменного тока 27,5 кВ», «Изучение конструкции вакуумного выключателя фидера контактной сети переменного тока 27,5 кВ», «Расчет мощности тяговой подстанции переменного тока и выбор силовых трансформаторов» - является закрепление знаний и умений в области тяговых подстанций переменного тока электрифицированных железных дорог путем практического изучения основного оборудования распределительных устройств, их схем, выполнения расчетов мощности подстанции и выбора силовых трансформаторов.

Вопросы для самоконтроля

1. В каком году и какой участок железной дороги в России был впервые электрифицирован на однофазном переменном токе?
2. Какие потребители получают электроснабжение по линии ДПР? Какое напряжение по роду и величине в этой линии?
3. Какова особенность электроснабжения устройств СЦБ на тяговой подстанции переменного тока?
4. Какая линия является резервной для электроснабжения устройств СЦБ?
5. Расшифруйте маркировку тягового трансформатора ТДТНЖ-25000/110.
6. Укажите назначение вторичной обмотки тягового трансформатора напряжением 10 или 35 кВ.
7. Поясните подключение фаз А, В, С тяговой обмотки трансформатора в РУ-27,5 кВ.
8. Какая фаза тяговой обмотки является наиболее загруженной? Назовите способы выравнивания нагрузки по фазам.
9. Перечислите условия параллельной работы трансформаторов.
10. Укажите назначение обходной шины в РУ-27,5 кВ. Потенциал какой фазы может быть подан на обходную шину?

11. Укажите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт одного из фидерных выключателей без перерыва в электроснабжении участка контактной сети.
12. Укажите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт трансформатора собственных.
13. Укажите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт выключателя на фидере ДПР.
14. Укажите назначение установки продольной и поперечной емкостной компенсации.
15. Указать назначение двух выключателей переменного тока, трансформатора напряжения, реактора, разрядника, резистора в установке поперечной емкостной компенсации реактивной мощности.

Тема 6.4 Тяговые подстанции метрополитенов.

Передвижные тяговые подстанции

Особенности тяговых подстанций метрополитенов, основное оборудование, схемы распределительных устройств. Назначение, оборудование передвижных тяговых подстанций постоянного и переменного тока. Схемы и оборудование постов секционирования и пунктов параллельного соединения постоянного и переменного тока.

Методические указания

Общие сведения о тяговых подстанциях метрополитенов можно получить, изучив материал §107 [3]. При изучении материала обратить внимание на классификацию тяговых подстанций метрополитенов, категории и виды потребителей электроэнергии от тяговых подстанций метрополитенов, уровни напряжений на шинах подстанций.

Назначение постов секционирования, пунктов параллельного соединения постоянного и переменного тока, их конструкцию и схемы рекомендуется рассмотреть по учебнику[3] §122, 123 на страницах 453-457.

Назначение передвижных тяговых подстанций постоянного и переменного тока, варианты размещения оборудования этих подстанций рассматриваются в §8.20 на страницах 440-448 учебника [1].

Вопросы для самоконтроля

1. Какие потребители получают электроэнергию от тяговых подстанций метрополитенов?
2. Как классифицируются тяговые подстанции метрополитенов в зависимости:
 - от выполняемых функций;
 - от места расположения?
3. Укажите уровни напряжений на шинах тяговой подстанции Метрополитена.
4. Назовите основное оборудование распределительных устройств тяговых подстанций метрополитенов.
5. Укажите назначение постов секционирования постоянного тока, их основное оборудование, схему ПС.
6. Исходя из какого условия выбирается ток уставки быстродействующего выключателя постоянного тока?
7. Укажите назначение постов секционирования переменного тока, их основное оборудование, схему ПС.
8. Укажите назначение пунктов параллельного соединения постоянного тока, их основное оборудование, схему ППС.
9. Укажите назначение пунктов параллельного соединения переменного тока, их основное оборудование, схему ППС.
10. Укажите назначение передвижных тяговых подстанций.
11. Начертите схему размещения оборудования передвижной тяговой подстанции постоянного тока.
12. Начертите схему размещения оборудования передвижной тяговой подстанции переменного тока.

Раздел 7. Техническое обслуживание специального оборудования тяговых подстанций

Тема 7.1 Эксплуатация электрооборудования тяговых подстанций постоянного тока

Эксплуатация и техническое обслуживание распределительных устройств постоянного тока. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Эксплуатация и техническое обслуживание быстродействующих выключателей постоянного тока. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Опробования. Межремонтные испытания. Особенности технического обслуживания выключателей ВАБ-49. Особенности технического обслуживания выключателей ВАБ-206. Особенности технического обслуживания быстродействующих выключателей выкатного типа. Эксплуатация и техническое обслуживание тяговых трансформаторов. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Межремонтные испытания. Эксплуатация и техническое обслуживание полупроводниковых преобразователей (выпрямителей и инверторов). Осмотры, их содержание и порядок проведения. Межремонтные испытания. Эксплуатация и техническое обслуживание сглаживающих устройств. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Межремонтные испытания.

Методические указания

Для оборудования тяговых подстанций, согласно Правилам [8], в наиболее общем случае устанавливаются следующие виды технического обслуживания и ремонта:

- плановые: осмотр без вывода из работы; текущий ремонт; тепловизионное обследование; межремонтные испытания; капитальный ремонт; испытания изоляционного масла; газохроматографический контроль;
- внеплановый - ремонт после отказа.

При техническом обслуживании тяговых подстанций без дежурного персонала основными методами контроля технического состояния

электроустановки являются осмотры и опробование коммутационной аппаратуры и резервного оборудования.

Периодичность осмотров без вывода в ремонт:

- при дежурствах оперативно-ремонтным персоналом в светлое время суток – ежедневно при приеме-сдаче смены, в темное время суток – 2 раза в год, без персонала – 1 раз в 3 месяца.

При осмотрах распределительных устройств и подстанций проверяются: соответствие собранной схемы нормально установленной для каждого РУ; состояние помещений РУ электроустановок, исправность окон и дверей, отсутствие течей в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличие и исправность замков; исправность отопления, вентиляции, освещения помещений РУ и сети заземления электрооборудования; состояние кабельных каналов; состояние оборудования, ошиновки, контактных соединений, кабельных муфт; состояние изоляции; - уровень, температура и давление масла, отсутствие течи в аппаратах; отсутствие течи в конденсаторах сглаживающих и компенсирующих устройств; наличие пломб у счетчиков и реле; исправность системы общеподстанционной и охранной сигнализации; наличие и состояние средств пожаротушения.

При осмотре без приближения к токоведущим частям должны быть проверены: внешнее состояние сборных шин, соединительных шин, контактных соединений шин, проводов и грозозащитных тросов, отсутствие признаков нагрева контактных соединений и недопустимого увеличения или уменьшения стрелы провеса гибкой ошиновки; состояние изоляторов (целостность изоляции, отсутствие загрязнения); состояние функционального и защитного заземлений; отсутствие неравномерного шума и потрескивания в помещении закрытого распределительного устройства или на территории открытого.

При техническом обслуживании быстродействующих выключателей должны быть выполнены следующие операции:

1. Осмотр без вывода из работы без приближения к токоведущим частям.

2. Очистка элементов конструкции выключателя и камеры (шкафа), в которых он размещен.
3. Контроль износа, зачистка контактов, дугогасительных рогов, перегородок, экранов, устья дугогасительной камеры.
4. Проверка основных механических параметров.
5. Удаление загрязнений из труднодоступных полостей выключателя.
6. Проверка всех механических параметров.
7. Проверка сопротивления изоляции вторичных цепей, включающей и отключающей катушек мегаомметром на напряжение 1000 В.
8. Проверка сопротивления изоляции деталей в узле крепления магнитопровода магнитного дутья мегаомметром на 500 В (выполняется только для ВАБ-43).
9. Проверка тока держащей катушки (выполняется только для ВАБ-43).
10. Проверка уставок выключателя и датчиков тока (кроме катодных).
11. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.
12. Восстановление смазки трущихся частей механизма выключателя и привода.
13. Ремонт дугогасительных камер с полной разборкой.
14. Обследование на предмет выявления мест повышенного нагрева.

При межремонтных испытаниях (1 раз в год) выполняются все вышеперечисленные работы, кроме п.13 и п.14., а также: измерение сопротивления изоляции мегаомметром, испытание повышенным напряжением, измерение нажатия главных контактов, измерение нажатия дугогасительных контактов, измерение лимитирующих зазоров и расстояний, измерение тока и напряжения держащей катушки, измерение площади прилегания якоря к магнитопроводу, измерение площади прилегания главных контактов, проверка работы механизма свободного расцепления, проверка токов уставки прямым током, проверка работы схемы управления,

проверка работы автоматического повторного включения (АПВ) и искателя коротких замыканий (ИКЗ).

После настройки всех механических и электрических параметров выключателей ВАБ-43, ВАБ-49 выполняются 20 контрольных оперативных включений и отключений, а для других выключателей – 10 операций, после чего необходимо убедиться, что все регулировочные параметры остались неизменными.

Тепловизионное обследование. К подлежащим обследованию узлам относятся: контактные соединения соединительных шин с выводами главной цепи выключателя; контактная система; контактные соединения внутри выключателя. Следует убедиться в отсутствии локальных нагревов на корпусе выключателя в зоне устья дугогасительной камеры

При техническом обслуживании преобразователей выполняются следующие технологические операции:

1. Осмотр без приближения к токоведущим частям.
2. Очистка элементов конструкции преобразователя и камер (шкафов), в которых он размещен.
3. Проверка сопротивления изоляции токоведущих частей.
4. Испытание повышенным напряжением изоляции главных цепей преобразователя относительно корпуса и изоляции между цепями, электрически не связанными между собой.
5. Проверка коэффициентов неравномерности распределения тока и напряжения.
6. Проверка отсутствия пробоя тиристоров.
7. Проверка отсутствия обрыва в полупроводниковых приборах.
8. Опробование защит от пробоя полупроводниковых приборов и от прекращения обдува.
9. Испытание разрядников или ограничителей перенапряжений.
10. Проверка внутреннего теплового сопротивления штывевых диодов.
11. Контроль исправности системы охлаждения.

12. Проверка осевого усилия сжатия полупроводниковых приборов таблеточной конструкции.
13. Контроль исправности системы управления тиристорами.
14. Снятие рабочих, регулировочных, динамических и других характеристик.
15. Для межремонтных испытаний – выполняется все, кроме п.14.

При осмотре тяговых трансформаторов без вывода из работы без приближения к токоведущим частям должны быть проверены: режим работы трансформатора, фактическое значение его нагрузки по отношению к номинальной мощности или номинальному току всех обмоток (по показаниям постоянно включенных измерительных приборов); уровень масла в расширителе и соответствие показаний маслоуказателя или термометра, измеряющего температуру масла, фактическому значению температуры окружающего воздуха; уровень масла (в негерметичных вводах) или давление масла (в герметичных вводах); состояние изоляторов вводов (целостность изоляции, отсутствие загрязнения); состояние и отсутствие течей масла в местах уплотнения разъемных элементов, баке, расширителе, радиаторах, вентилях; состояние подходящих к трансформатору ошиновки и кабелей, отсутствие признаков нагрева контактных соединений и недопустимого увеличения или уменьшения стрелы провеса гибкой ошиновки; состояние функционального и защитного заземлений; целостность корпусов пробивных предохранителей; исправность устройств сигнализации; цвет индикаторного силикагеля и состояние влагопоглощающих патронов; целостность мембраны выхлопной трубы; отсутствие неравномерного шума и потрескивания внутри бака (корпуса) трансформатора; состояние маслоборных, маслоохлаждающих устройств, фундаментов, маслоприемников, трансформаторного помещения; работа обдува (в летнее время); состояние средств постоянного технического диагностирования, которыми оборудован трансформатор.

Сглаживающие устройства. При осмотре сглаживающих устройств без вывода из работы без приближения к токоведущим частям должны быть

проверены: отсутствие течи диэлектрика, признаков нагрева и деформации корпуса конденсаторов; состояние изоляции выводов.

Целью проведения лабораторных занятий - «Осмотр и опробование быстродействующего выключателя постоянного тока», «Проверка работы и настройка реле РДШ», «Проверка технического состояния полупроводникового выпрямителя», - является формирование профессиональных компетенций, закрепление знаний и умений в области технического обслуживания специального оборудования тяговых подстанций постоянного тока путем практического проведения осмотров и проверки технического состояния быстродействующих выключателей и выпрямителя.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью выполняются осмотры и опробования быстродействующих выключателей?
2. Какие технические мероприятия выполняются при подготовке рабочего места на быстродействующих выключателях фидеров контактной сети?
3. Что входит в проверку механических параметров быстродействующего выключателя?
4. Назовите состав работ при проведении осмотров тяговых трансформаторов.
5. Что выявляется при проверке состояния конденсаторов сглаживающего устройства?
6. Какие параметры измеряются при проведении периодических осмотров выпрямителей?

Тема 7.2 Эксплуатация электрооборудования тяговых подстанций переменного тока

Эксплуатация и техническое обслуживание вакуумных выключателей тягового распределительного устройства. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Межремонтные испытания. Особенности технического

обслуживания выключателей выкатного типа. Эксплуатация и техническое обслуживание компенсирующих устройств. Осмотры, их содержание и порядок проведения. Межремонтные испытания.

Методические указания

При осмотре вакуумных выключателей без вывода из работы без приближения к токоведущим частям должны быть проверены: соответствие сигнализации о положении выключателя его фактическому положению; состояние изоляторов вводов (целостность изоляции, отсутствие загрязнения); состояние подходящих к выключателю ошиновки и кабелей, отсутствие признаков нагрева контактных соединений и недопустимого увеличения или уменьшения стрелы провеса гибкой ошиновки; состояние заземляющих проводников; работа обогрева привода выключателя и его баков (в зимнее время); показания счетчика количества аварийных отключений. Состав работ при обслуживании компенсирующих устройств аналогичен работам по проверке сглаживающих устройств тяговой подстанции постоянного тока.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие неисправности можно выявить при осмотрах шин и контактных соединений?
2. Перечислите этапы проверки силовых конденсаторов компенсирующего устройства.
3. Подлежат ли ремонту вакуумные дугогасительные камеры?
4. Назовите отличия в технических мероприятиях при подготовке рабочего места на выключателях стационарного и выкатного типа.
5. Составьте возможный перечень работ для технического обслуживания компенсирующего устройства.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ

1. Приведите назначение, классификацию нормы присоединения к питающей сети тяговых подстанций постоянного тока.
2. Приведите назначение и основные элементы конструкции преобразовательного агрегата тяговой подстанции постоянного тока. Укажите, каким образом осуществляется подключение преобразовательного агрегата к шинам постоянного и переменного тока.
3. Назовите силовые кремниевые приборы, применяемые в выпрямителях. Укажите их назначение, классификацию, приведите основные параметры.
4. Приведите основные элементы схемы выпрямления «две обратные звезды с уравнительным реактором», принцип ее работы, характеристику выпрямителя.
5. Приведите основные элементы мостовой шестипульсовой схемы выпрямления, принцип ее работы, характеристику выпрямителя.
6. Приведите основные элементы мостовой двенадцатипульсовой схемы выпрямления, принцип ее работы, характеристику выпрямителя.
7. Опишите процесс возникновения и гашения электрической дуги постоянного тока. Приведите характеристику дугогасительных камер быстродействующего выключателя постоянного тока.
8. Приведите назначение, основные элементы конструкции, принцип действия быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-43, укажите его номинальные параметры.
9. Приведите назначение, основные элементы конструкции, принцип действия быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-28, укажите его номинальные параметры.
10. Приведите назначение, основные элементы конструкции, принцип действия быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-49, укажите его номинальные параметры.

11. Приведите назначение, основные элементы конструкции, принцип действия быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-206, укажите его номинальные параметры.
12. Расшифруйте обозначение «РДШ». Приведите назначение, конструкцию и принцип действия этого устройства.
13. Укажите назначение, основное оборудование и назначение каждого элемента питающего фидера контактной сети постоянного тока.
14. Укажите назначение, основное оборудование и назначение каждого элемента обратного фидера контактной сети постоянного тока.
15. Приведите назначение, конструкцию и принцип работы сглаживающего устройства.
16. Опишите распределительное устройство постоянного тока тяговой подстанции постоянного тока: его назначение, состав оборудования.
17. Приведите назначение, схему и принцип работы земляной защиты РУ-3,3 кВ.
18. Приведите назначение передвижных тяговых подстанций постоянного тока. Укажите их основное оборудование и порядок его размещения.
19. Приведите назначение и состав оборудования постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети постоянного тока. Начертите схему поста секционирования постоянного тока.
20. Приведите назначение, классификацию и нормы присоединения к питающей сети тяговых подстанций переменного тока.
21. Приведите назначение, основное оборудование и назначение каждого элемента питающего фидера контактной сети переменного тока.
22. Укажите основное оборудование на схеме РУ-27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока.
23. Опишите схему главных электрических соединений тяговой подстанции для системы 2х25 кВ.
24. Приведите назначение и состав оборудования постов секционирования и пунктов параллельного соединения контактной сети переменного тока.

25. Опишите принцип организации электроснабжения железнодорожных нетяговых потребителей на дорогах постоянного и переменного тока.
26. Опишите принцип организации электроснабжения устройств СЦБ на дорогах постоянного и переменного тока. Укажите, каким образом осуществляется резервирование питания устройств СЦБ.
27. Опишите организацию питания собственных нужд на тяговых подстанциях постоянного и переменного тока.
28. Опишите защиту фидеров контактной сети постоянного тока от токов короткого замыкания в тяговой сети.
29. Опишите защиту фидеров контактной сети переменного от токов короткого замыкания в тяговой сети.
30. Приведите назначение, основное оборудование и назначение каждого элемента обратного фидера контактной сети переменного тока.
31. Опишите схемы распределительных устройств тяговых подстанций постоянного тока, нормы подключения потребителей.
32. Опишите схемы распределительных устройств тяговых подстанций переменного тока, нормы подключения потребителей.
33. Перечислите состав осмотров распределительного устройства 3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока.
34. Перечислите состав осмотров преобразовательного агрегата тяговой подстанции постоянного тока.
35. Приведите перечень технологических операций, выполняемых при межремонтных испытаниях преобразовательного агрегата тяговой подстанции постоянного тока.
36. Опишите порядок измерения сопротивления изоляции при техническом обслуживании полупроводниковых выпрямителей.
37. Опишите порядок испытания повышенным напряжением изоляции при техническом обслуживании полупроводниковых выпрямителей.
38. Опишите порядок проведения очистки элементов конструкции полупроводниковых выпрямителей.

39. Приведите последовательность проверки состояния дугогасительных камер при техническом обслуживании быстродействующих выключателей.
40. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании быстродействующих выключателей ВАБ-43.
41. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании быстродействующих выключателей ВАБ-28.
42. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании быстродействующих выключателей ВАБ-49.
43. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании быстродействующих выключателей ВАБ-206.
44. Перечислите технологические операции, выполняемые при регулировке РДШ.
45. Опишите порядок проверки механических параметров быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-43.
46. Опишите порядок проверки механических параметров быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-49.
47. Перечислите этапы проверки технического состояния сглаживающих устройств.
48. Перечислите виды испытаний, выполняемых при техническом обслуживании распределительных устройств постоянного тока.
49. Приведите порядок проверки токоведущих частей и контактных соединений распределительных устройств.
50. Опишите порядок проверки и регулировки главных и дугогасительных контактов быстродействующих выключателей.
51. Опишите порядок проверки и регулировки зазоров при техническом обслуживании быстродействующего выключателя ВАБ-43.
52. Перечислите виды технического обслуживания масляных выключателей на напряжение 27,5 кВ.
53. Приведите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании вакуумных выключателей на напряжение 27,5 кВ.

54. Приведите состав осмотров РУ-27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока.
55. Приведите порядок проверки сопротивления изоляции в РУ-27,5 кВ.
56. Опишите порядок проверки изоляционных конструкций в РУ-27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока.
57. Приведите порядок проведения испытания изоляции повышенным напряжением в РУ-27,5 кВ.
58. Перечислите состав осмотров заземляющих устройств.
59. Перечислите состав осмотров трансформаторов собственных нужд тяговых подстанций постоянного и переменного тока.
60. Опишите порядок проверки механизма свободного расцепления быстродействующего выключателя ВАБ-49.
61. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании компенсирующих устройств.
62. Перечислите состав осмотров тяговых трансформаторов тяговых подстанций переменного тока.
63. Перечислите состав осмотров преобразовательных трансформаторов тяговых подстанций постоянного тока.
64. Перечислите технологические операции, выполняемые при техническом обслуживании конденсаторов сглаживающих и компенсирующих устройств.

3. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Таблица 1- Номера задач и вопросов контрольной работы

Две последние цифры шифра	Вариант	Номера задач и вопросов	Две последние цифры шифра	Вариант	Номера задач и вопросов
01 51	1	1 11 21 31	26 76	26	6 19 28 32
02 52	2	2 12 22 32	27 77	27	7 20 29 31
03 53	3	3 13 23 31	28 78	28	8 11 30 31
04 54	4	4 14 24 32	29 79	29	9 12 23 32
05 55	5	5 15 25 31	30 80	30	10 13 24 31
06 56	6	6 16 26 32	31 81	31	1 14 25 32
07 57	7	7 17 27 31	32 82	32	2 15 26 31
08 58	8	8 18 28 32	33 83	33	3 16 27 32
09 59	9	9 19 29 31	34 84	34	4 17 28 31
10 60	10	10 20 30 32	35 85	35	5 18 29 31
11 61	11	1 12 22 31	36 86	36	6 19 30 32
12 62	12	2 13 23 32	37 87	37	7 20 21 31
13 63	13	3 14 24 31	38 88	38	8 11 22 32
14 64	14	4 15 25 32	39 89	39	9 12 23 31
15 65	15	5 16 26 31	40 90	40	10 13 24 32
16 66	16	6 17 27 32	41 91	41	1 14 25 31
17 67	17	7 18 28 31	42 92	42	2 15 26 32
18 68	18	8 19 29 32	43 93	43	3 12 27 31
19 69	19	9 20 30 31	44 94	44	4 11 28 32
20 70	20	10 11 22 32	45 95	45	5 16 29 31
21 71	21	1 14 23 31	46 96	46	6 17 30 32
22 72	22	2 15 24 32	47 97	47	7 18 21 31
23 73	23	3 16 25 31	48 98	48	8 19 22 32
24 74	24	4 17 26 32	49 99	49	9 20 23 31
25 75	25	5 18 27 31	50 100	50	10 11 24 32

Задачи 1-10

Определите количество работающих преобразовательных агрегатов тяговой подстанции постоянного тока. Рассчитайте мощность подстанции и произведите выбор силовых трансформаторов.

Рассчитайте наибольший ток короткого замыкания на шинах 3,3 кВ. Начертите схему подключения преобразовательного агрегата к шинам переменного и постоянного тока. На схеме укажите марки оборудования.

Таблица 2 - Исходные данные первого задания

Данные для расчета	Номера задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эффективный ток подстанции I_{Σ} , А	4000	5000	6000	5600	6500	3600	4200	4800	5400	6300
Мощность районных потребителей $S_{РП}$, кВА	9500	11000	10200	8500	9800	10500	11000	10800	7800	8600
Мощность железно-дорожных нетяговых потребителей $S_{ПЭ}$, кВА	220	180	200	240	190	230	170	250	210	220
Мощность КЗ на шинах, от которых питаются преобразовательные агрегаты S_K , МВА	160	150	180	200	220	190	200	195	185	195
Номинальное напряжение сетевой обмотки тягового трансформатора $U_{Н1}$, кВ	10	35	10	35	10	35	10	35	10	35
Марка выпрямителя	ТПЕД-3150-3.3					ПВЭ-5АУ1				
Напряжение первичной обмотки главного понижающего трансформатора во всех вариантах принять равным 110 кВ										

Задачи 11-20

Вычислите мощность тяговой подстанции однофазного переменного тока промышленной частоты. Выберите силовые трансформаторы. Начертите схему подключения тягового трансформатора к шинам первичного и вторичного напряжений.

Таблица 3- Исходные данные второго задания

Данные для расчета	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Действующее значение тока наиболее загруженного плеча питания $I'_д$, А	470	520	580	560	340	500	350	540	380	440
Действующее значение тока наименее загруженного плеча питания $I''_д$, А	400	420	460	480	300	430	310	380	320	340
Мощность, передаваемая нетяговым потребителям по линии ДПР, $S_{дпр}$, кВА	600	400	550	420	320	630	440	500	410	590
Мощность, районных потребителей, $S_{рп}$, кВА	11000	8000	2000	9000	3000	9400	5000	6000	9300	12000
Номинальные напряжения на шинах подстанции ТП- $U_{н1}/U_{н2}/U_{н3}$, кВ	220/35/ 27,5	110/10/ 27,5	110/35/ 27,5	220/35/ 27,5	110/10/ 27,5	110/10/ 27,5	220/35/2 7,5	220/35/2 7,5	110/ 35/ 27,5	220/35/ 27,5

Задания 21-30

Вопросы 21, 26

Приведите назначение, конструкцию, номинальные параметры, принцип действия быстродействующего выключателя ВАБ-49.

Вопросы 22, 27

Приведите назначение, конструкцию, номинальные параметры, принцип действия быстродействующего выключателя ВАБ-43.

Вопросы 23, 28

Приведите назначение, конструкцию, номинальные параметры, принцип действия быстродействующего выключателя ВАБ-206.

Вопросы 24, 29

Приведите назначение, конструкцию, номинальные параметры сглаживающего устройства тяговой подстанции постоянного тока.

Вопросы 25, 30

Приведите назначение, конструкцию, номинальные параметры компенсирующего устройства тяговой подстанции переменного тока.

Задания 31-40

Задачи 31, 33, 35, 37, 39

Начертите схему распределительного устройства напряжением 3,3 кВ.

На схеме:

- выполните подключение двух питающих фидеров контактной сети, ячейки ШСА, обратного фидера контактной сети, сглаживающего устройства;
- укажите марки оборудования.

Опишите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт фидерного выключателя без перерыва в электроснабжении участка контактной сети.

Задачи 32, 34, 36, 38, 40

Начертите схему распределительного устройства напряжением 27,5 кВ.

на схеме:

- выполните подключение двух питающих фидеров контактной сети, ТСН, фидера ДПР, запасного выключателя и запасной шины;
- укажите марки оборудования.

Опишите алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт фидерного выключателя без перерыва в электроснабжении участка контактной сети.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Перед выполнением задач 1-10 необходимо изучить теоретический материал по учебнику [1] в главе 8, связанный с тяговыми подстанциями постоянного тока электрифицированных железных дорог. Целью данных расчетов является умение определять мощность тяговой подстанции постоянного тока, выбор количества и марок силовых трансформаторов.

Порядок решения задачи

1. Расчет мощности на тягу поездов

$$\begin{aligned} S_{\text{ТЯГ}} &= 1,05 \cdot U_{\text{дНОМ}} \cdot I_{\text{Э}}, \\ S_{\text{ТЯГ}} &= 1,028 \cdot U_{\text{дНОМ}} \cdot I_{\text{Э}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $U_{\text{дНОМ}}$ – номинальное напряжение на шинах, $U_{\text{дНОМ}} = 3,3$ кВ;

$I_{\text{Э}}$ – эффективный ток подстанции, А (см.исходные данные).

Первой формулой необходимо воспользоваться, если задан выпрямитель с шестипульсовой схемой выпрямления марки ПЭВ-5АУ1, второй -, если выпрямитель с двенадцатипульсовой схемой выпрямления марки ТПЕД-3150-3,3.

2. Определение количества работающих преобразовательных агрегатов

$$N_{\text{расч}} = \frac{I_{\text{Э}}}{I_{\text{дНОМ}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{дНОМ}}$ – номинальный ток выпрямителя, $I_{\text{дНОМ}} = 3000$ А у выпрямителя

ПЭВ-5АУ1, $I_{\text{дном}} = 3150$ А у выпрямителя ТПЕД-3150-3,3.

Правила округления N:

- если дробная часть составляет 10% и более от целого числа $N_{\text{расч}}$, то N округляется в большую сторону;
- если дробная часть менее 10% от целого числа $N_{\text{расч}}$, то N округляется в меньшую сторону.

3. Выбор тягового трансформатора

Условие выбора:

$$S_{\text{НОМ.ТТ}} \geq \frac{S_{\text{ТЯГ}}}{N}, \quad (3)$$

где N – число преобразовательных агрегатов, определенное формулой 2;

$S_{\text{НОМ.ТТ}}$ – номинальная мощность тягового трансформатора, кВА.

При выборе тягового трансформатора необходимо учесть заданную схему выпрямления, расчетную мощность, напряжение сетевой обмотки. Тяговый трансформатор выбирается из таблиц 4 или 5.

К установке принимается тяговый трансформатор марки..... (указать полную марку трансформатора)

$$S_{\text{НОМ.ТТ}} = \dots \text{ кВА} > S_{\text{расч.т}} = \dots \text{ кВА.}$$

Таблица 4 - Характеристики тяговых трансформаторов для мостовых шестипульсовых схем выпрямления

Марка тягового трансформатора	Номинальная мощность $S_{\text{НОМ}}$, кВА	Номинальное напряжение сетевой обмотки $U_{\text{НОМ1}}$, кВ	Номинальное напряжение вентильной обмотки $U_{\text{НОМ2}}$, В	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схемы и группы соединения обмоток
ТМП-6300/10Ж	5090	10	1050	9,5	Y/D -11
ТМП-6300/35Ж	4660	35	1250	8,5	Y/D -11
ТДП-12500/10Ж	11900	10	1520	7	Y/D -11
ТСЗП-6300/10	4660	10	1050	6,4	Y/D -11

Таблица 5 - Характеристики тяговых трансформаторов для мостовых двенадцатипульсовых схем выпрямления

Марка тягового трансформатора	Номинальная мощность $S_{НОМ}$, кВА	Номинальное напряжение сетевой обмотки $U_{НОМ1}$, кВ	Номинальное напряжение вентильной обмотки $U_{НОМ2}$, В	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схемы и группы соединения обмоток
ТРМП-6300/35Ж	5700	35	1305	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРМП-6300/10Ж	5700	10	1305	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРДП-12500/35Ж	11400	35	1305	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРДП-12500/10Ж	11400	10	1050	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРДП-16000/35Ж	13430	35	1050	7,35	Y/Y/D -0-11
ТРДП - 16000/10Ж	13430	10	1050	7,35	Y/Y/D -0-11
ТРСЗП-6300/10Ж	5700	10	1050	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРСЗП-12500/35Ж	11400	35	1050	8,2	Y/Y/D -0-11
ТРСЗП-12500/10Ж	11400	10	1050	8,2	Y/Y/D -0-11

4. Расчет мощности собственных нужд подстанции

Мощность собственных нужд подстанции составляет 0,8 – 1,2 процента от мощности на тягу поездов. Учитывая, что устройства автоблокировки питаются через трансформатор собственных нужд, мощность собственных нужд необходимо увеличить на 50 – 100 кВА.

Предположим, что в расчет принимается 0,8 процента от мощности на тягу поездов и мощность автоблокировки составляет 80 кВА, то расчетная мощность собственных нужд будет определяться по формуле:

$$S_{СН} = \frac{0,8}{100} \cdot S_{ТЯГ} + 80 = \dots \text{ кВА}, \quad (4)$$

Условие выбора трансформатора собственных нужд подстанции:

$$S_{Н.ТСН} \geq S_{СН}, \quad (5)$$

где $S_{Н.ТСН}$ – номинальная мощность трансформатора собственных нужд, кВА;

$S_{СН}$ – расчетная мощность собственных нужд подстанции, определенная по формуле 4, кВА.

При выборе трансформатора собственных нужд необходимо учитывать расчетную мощность собственных нужд и напряжение первичной обмотки трансформатора собственных нужд. Выбор ТСН произвести по таблице 6.

К установке принимается трансформатор собственных нужд марки..... (указать марку трансформатора).

$$S_{н.ТСН} = \dots \text{кВА} > S_{СН} = \dots \text{кВА}.$$

Таблица 6 - Характеристики трансформаторов собственных нужд

Марка ТСН	Номинальная мощность $S_{НОМ}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{НОМ1}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{НОМ2}$, кВ	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схемы и группы соединения обмоток
ТСЗ-25/10	25	10	0,4	3,85	Y/Y* - 0
ТСЗ-40/10	40	10	0,4	4,9	Y/Y* - 0
ТСЗ-63/10	63	10	0,4	3,2	Y/Y* - 0
ТСЗ-100/10	100	10	0,4	3,5	Y/Y* - 0
ТСЗ-160/10	160	10	0,4	6	Y/Y* - 0
ТСЗ-250/10	250	10	0,4	6	Y/Y* - 0
ТСЗ-400/10	400	10	0,4	6,3	Y/Y* - 0
ТМГ-25/35	25	35	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМГ-40/35	40	35	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМГ-63/35	63	35	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМГ-100/35	100	35	0,4	6	Y/Y* - 0
ТМГ-160/35	160	35	0,4	6	Y/Y* - 0
ТМГ-250/35	250	35	0,4	6	Y/Y* - 0
ТМГ-400/35	400	35	0,4	6	Y/Y* - 0

5. Расчет полной мощности тяговой подстанции постоянного тока

$$S_{ТП} = (S_{ТЯГ} + S_{РП} + S_{СН} + S_{ПЭ}) \cdot K_p, \quad (6)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий разновременность наступления максимумов нагрузок, $K_p = 0,95$.

6. Выбор главного понижающего трансформатора

Условие выбора:

$$S_{н.ГПТ} \geq S_{расч.ТП}, \quad (7)$$

где $S_{н.ГПТ}$ – номинальная мощность главного понижающего трансформатора, кВА;

$S_{расч.ТП}$ – расчетная мощность тяговой подстанции, кВА.

Расчетная мощность тяговой подстанции определяется по формуле:

$$S_{\text{расч.ТП}} = \frac{S_{\text{ТП}}}{K_{\text{ав}} \cdot (n-1)}, \quad (8)$$

где $K_{\text{ав}}$ – коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме,

$$K_{\text{ав}} = 1,4;$$

n – число трансформаторов, $n = 2$.

При выборе главного понижающего трансформатора необходимо учитывать расчетную мощность подстанции, напряжение первичной и вторичной обмоток трансформатора. Выбор главного понижающего трансформатора произвести по таблице 7.

К установке принимается главный понижающий трансформатор марки..... (указать марку трансформатора).

$$S_{\text{Н.ГПТ}} = \dots \text{кВА} > S_{\text{расч.ТП}} = \dots \text{кВА}.$$

Таблица 7 - Характеристики главных понижающих трансформаторов

Марка главного понижающего трансформатора	Номинальная мощность $S_{\text{НОМ}}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{\text{НОМ1}}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{\text{НОМ2}}$, кВ	Напряжение короткого замыкания $u_{\text{к}}$, %	Схемы и группы соединения обмоток
ТДН-10000/110	10000	115	11	10,5	Y*/D-11
ТМН-10000/110	10000	115	11	10,5	Y*/D-11
ТДН-16000/110	16000	115	11	10,5	Y*/D-11
ТДН-25000/110	25000	115	11	10,5	Y*/D-11
ТДН-25000/110	25000	115	10,5	10,5	Y*/D-11
ТДЦН-25000/110	25000	115	11	10,5	Y*/D-11
ТДН-31500/110	31500	110	10	11,6	Y*/D-11
ТДН-40000/110	40000	115	10,5	10,5	Y*/D-11
ТДН-10000/110	10000	115	34,5	10,5	Y*/D-11
ТМН-10000/110	10000	115	38,5	10,5	Y*/D-11
ТДН-16000/110	16000	115	38,5	10,5	Y*/D-11
ТДН-25000/110	10000	115	38,5	10,5	Y*/D-11
ТДЦН-25000/110	25000	115	38,5	10,5	Y*/D-11
ТДН-40000/110	40000	115	38,5	10,5	Y*/D-11

7. Расчет тока короткого замыкания на шинах РУ-3,3 кВ

$$I_K = \frac{1,1 \cdot I_{дн} \cdot N}{\frac{\Sigma S_{ПА}}{S_K} + \frac{u_K}{100}}, \quad (9)$$

где $I_{дн}$ – номинальный выпрямленный ток одного выпрямителя, А
(см. пояснения к формуле 2);

N – число выпрямителей (определено формулой 2);

$\Sigma S_{ПА}$ – суммарная мощность преобразовательных агрегатов, МВА
(определяется для выбранного тягового трансформатора по
таблице 4 или 5);

S_K – мощность короткого замыкания на шинах, к которым
подключены преобразовательные агрегаты, МВА (см. задание);

u_K – напряжение короткого замыкания тягового трансформатора, %
(определяется по выбранному тяговому трансформатору,
таблицы 4 или 5).

Образец схемы подключения преобразовательного агрегата с шестипульсовой схемой выпрямления к шинам переменного и постоянного тока представлен на рисунке 8.15. стр.386 учебника [1]. Схему необходимо выполнить для преобразовательного агрегата с двенадцатипульсовой схемой выпрямления, с соблюдением требований ГОСТ.

Перед выполнением задач 11-20 необходимо изучить теоретический материал по учебнику [1] в главе 8, связанный с тяговыми подстанциями переменного тока электрифицированных железных дорог. Целью данных расчетов является умение определять мощность тяговой подстанции переменного тока, выбирать количество и марки силовых трансформаторов.

Порядок решения задачи

1. Расчет мощности на тягу поездов

$$S_{ТЯГ} = U_{Ш} \cdot (2 \cdot I'_{д} + 0,65 \cdot I''_{д}) \cdot K_{НР} \cdot K_{КУ} \cdot K_{М}, \quad (10)$$

где $U_{Ш}$ – напряжение на шинах РУ-27,5 кВ;

$I'_д$ – действующее значение тока наиболее загруженного плеча (фазы) питания тяги, А;

$I''_д$ – действующее значение тока наименее загруженного плеча (фазы) питания тяги, А;

$K_{НР}$ – коэффициент неравномерности нагрузки фаз трансформатора, $K_{НР} = 0,9$;

$K_{КУ}$ – коэффициент компенсирующего устройства, учитывающий снижение требуемой мощности на тягу поездов при работе компенсирующего устройства, $K_{КУ} = 0,93$;

K_M – коэффициент влияния неравномерного движения поездов в течение суток на износ изоляции обмоток трансформатора, $K_M = 1,45$ для однопутных участков, $K_M = 1,25$ для двухпутных участков.

2. Расчет мощности собственных нужд тяговой подстанции

Мощность собственных нужд подстанции составляет 0,5 – 0,7 процента от мощности на тягу поездов. Учитывая, что устройства автоблокировки питаются через трансформатор собственных нужд, мощность собственных нужд необходимо увеличить на 50 – 100 кВА.

Предположим, что в расчет принимается 0,5 процента от мощности на тягу поездов и мощность автоблокировки составляет 80 кВА, то расчетная мощность собственных нужд будет определяться по формуле:

$$S_{СН} = \frac{0,5}{100} \cdot S_{ТЯГ} + 80 = \dots \text{кВА}, \quad (11)$$

3. Расчет полной мощности тяговой подстанции переменного тока

$$S_{ТП} = (S_T + S_{РП} + S_{ДПР} + S_{СН}) \cdot K_{PM}, \quad (12)$$

где K_{PM} – коэффициент разновременного наступления максимумов нагрузок, $K_{PM} = 0,95$.

4. Выбор тягового трансформатора

Условие выбора:

$$S_{Н.ТТ} \geq S_{расч.ТП}, \quad (13)$$

где $S_{Н.ГПП}$ – номинальная мощность тягового трансформатора, кВА;

$S_{расч.ТП}$ – расчетная мощность тяговой подстанции, кВА.

Расчетная мощность тяговой подстанции определяется по формуле

$$S_{расч.ТП} = \frac{S_{ТП}}{K_{ав} \cdot (n-1)}, \quad (14)$$

где $K_{ав}$ – коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме, $K_{ав} = 1,4$;

n – число трансформаторов, $n = 2$.

При выборе тягового трансформатора необходимо учитывать расчетную мощность подстанции, напряжение первичной и вторичных обмоток трансформатора. Выбор тягового трансформатора произвести по таблице 8.

К установке принимается тяговый трансформатор марки..... (указать марку трансформатора).

$$S_{Н.ГПП} = \dots \text{кВА} > S_{расч.ТП} = \dots \text{кВА}.$$

Таблица 8 - Характеристики тяговых трансформаторов

Марка тягового трансформатора	Номинальная мощность $S_{НОМ}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{НОМ1}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{НОМ2}$, кВ	Номинальное напряжение тяговой обмотки $U_{НОМ3}$, кВ	Схемы и группы соединения обмоток
1	2	3	4	5	6
ТДТНЖ-16000/110	16000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖУ-16000/110	16000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ-16000/110	16000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ-16000/220	16000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖ-16000/220	16000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖУ-16000/110	16000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ-16000/220	16000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ-25000/110	25000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖ-25000/110	25000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖУ-25000/110	25000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
ТДТНЖУ- 25000/110	25000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ- 25000/220	25000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖ- 25000/220	25000	230	38,5	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 25000/220	25000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 25000/220	25000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТН-31500/110	31500	110	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ- 40000/110	40000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖ- 40000/110	40000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖУ- 40000/110	40000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 40000/110	40000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ- 40000/220	40000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖ- 40000/220	40000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖУ- 40000/220	40000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 40000/220	40000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ- 63000/110	63000	115	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 63000/110	63000	115	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11
ТДТНЖ- 63000/230	63000	230	11	27,5	Y*/D/D-11-11
ТДТНЖУ- 63000/230	63000	230	38,5	27,5	Y*/Y*/D-0-11

5. Выбор трансформатора собственных нужд

Условие выбора:

$$S_{н.тсн} \geq S_{сн}, \quad (15)$$

где $S_{н.тсн}$ – номинальная мощность трансформатора собственных нужд, кВА;

$S_{сн}$ – расчетная мощность собственных нужд подстанции, определенная по формуле 11, кВА.

При выборе трансформатора собственных нужд необходимо учитывать расчетную мощность собственных нужд и напряжение первичной обмотки трансформатора собственных нужд. Выбор ТСН произвести по таблице 6.

К установке принимается трансформатор собственных нужд марки.....
(указать марку трансформатора).

$$S_{н.ТСН} = \dots \text{кВА} > S_{СН} = \dots \text{кВА}.$$

Таблица 9 - Характеристики трансформаторов собственных нужд

Марка ТСН	Номинальная мощность $S_{НОМ}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{НОМ1}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{НОМ2}$, кВ	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схемы и группы соединения обмоток
ТМ-100/27,5	100	27,5	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМ-160/27,5	160	27,5	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМ-250/27,5	250	27,5	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМ-400/27,5	400	27,5	0,4	6,5	Y/Y* - 0
ТМ-630/27,5	630	27,5	0,4	6,5	Y/Y* - 0

Для составления схемы подключения тягового трансформатора тяговой подстанции переменного тока к шинам первичного и вторичного напряжений следует предварительно изучить принципиальные электрические схемы ОРУ-110 (220) кВ, ЗРУ-10, ЗРУ-35 или ОРУ-35 кВ, схему РУ-27,5 кВ. Образцы схем можно рассмотреть в учебнике [1] на рисунках 8.21 стр.409 и 8.25 стр.420. и в приложениях методического пособия. Схему необходимо выполнить с соблюдением требований ГОСТ.

Перед выполнением задач 21,22,23,26,27,28 необходимо изучить теоретический материал по учебнику[1] в главе 5 страницы 216-235, связанный с быстродействующими выключателями постоянного тока тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. Для ответов на поставленные вопросы рекомендуется использовать дополнительную литературу, технические паспорта на быстродействующие выключатели, интернет-ресурсы.

В ответах на задания 21-30 необходимо отразить следующее:

- назначение выключателя;
- номинальные параметры выключателя;

- основные элементы конструкции выключателя;
- принцип работы выключателя при оперативном включении, отключении, автоматическом отключении при коротком замыкании в тяговой сети.

Номинальные параметры свести в таблицу, образец которой приведен ниже.

Таблица 10 - Номинальные параметры быстродействующего выключателя постоянного тока

Название параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	
Номинальный ток, А	
Номинальный ток отключения, кА	
Ток уставки, А	
Ток держащей катушки, А	
Ток катушки включения, А	
Номинальное напряжение цепей управления, В	
Масса выключателя, кг	

Для пояснения конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока, указания его основных элементов требуется выполнить эскиз (чертеж) самого выключателя. В связи с тем, что конструкция выключателя сложная, допускается приложение ксерокопии конструкции аппарата.

При подготовке ответа на вопросы 24, 29 можно воспользоваться материалом, изложенным в главе 8 на страницах 388-392 [1]. В ответе отразить:

- источники гармоник 100, 200, 400, 500 Гц;
- источники гармоник 300, 600, 900, 1200 Гц;
- какое влияние и на что оказывают вышеуказанные частоты;
- каким способом задерживаются указанные выше частоты на тяговой подстанции;

- что входит в состав сглаживающего устройства;
- назначение фильтрующего устройства;
- какие элементы входят в состав фильтрующего устройства;
- на каком явлении основана работа фильтрующего устройства;
- назначение реактора.

Конструкцию сглаживающего устройства пояснить схемой, образец которой приведен в учебнике [1] на странице 390 рисунок 8.16., а также указать марку реактора и конденсаторов, привести их расшифровку.

При выполнении схемы учесть, что на подстанции установлен выпрямитель с двенадцатипульсовой схемой выпрямления. В фильтрующем устройстве должны быть колебательные контуры, настроенные на частоты 100, 200, 400, 500, 600 Гц. При выполнении схемы необходимо соблюдать требования ГОСТ, которые предъявляются к условным графическим и буквенным обозначениям.

Индуктивности катушек фильтрующего устройства рассчитываются по формуле 16, результаты расчетов сводятся в таблицу 11.

$$L = \frac{10^9}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot C}, \quad (16)$$

где f – резонансная частота контура, Гц;

C – емкость конденсатора контура, мкФ.

Таблица 11- Параметры фильтрующего устройства

Резонансная частота, Гц	Емкость конденсатора контура, мкФ	Индуктивность катушки контура, мГн
100	144	
200	96	
400	60	
500	48	
600	36	

Для ответа на вопросы 25 и 30 необходимо изучить материал, содержащийся в дополнительной литературе, учебнике [3], рисунок 273 на странице 462.

Материал ответа должен содержать следующие данные:

- какое значение с экономической точки зрения имеет коэффициент мощности в электроустановках переменного тока;
- номинальное и фактическое значения(цифры)коэффициента мощности;
- какие потребители снижают коэффициент мощности;
- способы повышения коэффициента мощности;
- в распределительном устройстве какого напряжения подключают установку поперечной емкостной компенсации переменного тока.

Конструкцию установки поперечной емкостной компенсации пояснить схемой (начертить схему поперечной емкостной компенсации), образец которой приведен в учебнике [3] на странице 462 рисунок 273а. На схеме указать марки применяемого оборудования. Пояснить порядок ввода в работу компенсационной установки и порядок ее вывода из работы. Указать назначение двух выключателей, трансформатора напряжения, реактора, разрядника, резистора. При выполнении схемы необходимо соблюдать требования ГОСТ, которые предъявляются к условным графическим и буквенным обозначениям.

Задания 31-49 выполняются в тетради или на отдельных листах (допускается на листах миллиметровой бумаги) карандашом. Схемы вычерчиваются в соответствии с требованиями ГОСТ. Оборудование на схемах должно быть пронумеровано, указаны его марки. Номера аппаратов и их марки подписываются также карандашом в правом верхнем углу от условного обозначения аппарата. Для успешного выполнения заданий необходимо изучить материал учебника [1]:

- **РУ-3,3 кВ** тяговой подстанции постоянного тока на страницах 392-397, рисунок 8.17;

Марки оборудования распределительного устройства свести в таблицу12.

Таблица 12 - Оборудование РУ-3,3 кВ

Наименование оборудования	Условное буквенное обозначение оборудования	Марки оборудования
Катодный выключатель		
Фидерные выключатели		
ШСА		
Разъединители на вводах в РУ-3,3 кВ		
Разъединители на фидерах контактной сети		
Мачтовые разъединители		
Ограничители перенапряжений на фидерах контактной сети		

- РУ-27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока на страницах 419-422, рисунок 8.25.

Однолинейные схемы тяговых подстанций постоянного и переменного тока приведены в приложениях методического пособия.

Марки оборудования распределительного устройства свести в таблицу 13.

Таблица 13 - Оборудование РУ-27,5 кВ

Наименование оборудования	Условное буквенное обозначение оборудования	Марки оборудования
Выключатели на вводе в РУ-27,5 кВ, ТСН, фидерах ДПР		
Выключатели на фидерах контактной сети		
Разъединители		
Трансформаторы тока		
Трансформатор напряжения		
Трансформатор собственных нужд (ТСН)		
Ограничители перенапряжений		

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО
ПЛАНУ ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Практическое занятие №1

Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока

Практическое занятие №2

Изучение конструкции РУ-3,3 кВ

Лабораторное занятие № 1:

Осмотр и опробование быстродействующего выключателя постоянного тока

Лабораторное занятие № 2:

Проверка технического состояния полупроводникового выпрямителя

6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Почаевец В.С. Электрические подстанции [Текст]: учебник. – М.: ФБГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2012. – 491 с.

Дополнительные источники:

2. Марикин А.Н., Мизинцев А.В. Новые технологии в сооружении и реконструкции тяговых подстанций [Текст]: Учебное пособие для вузов ж.-д.транспорта. – М.: ГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2008. – 220 с.
3. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции [Текст]: Учебник для техникумов ж.д.транспорта. М.: Транспорт, 1983.
4. Гринберг-Басин М.М. Тяговые подстанции [Текст]: Пособие по дипломному и курсовому проектированию; Учебное пособие для техникумов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1986. – 186 с.
5. Правила устройства электроустановок. - М. [Текст]: КНОРУС, 2011 – 488 с.
6. Силовое оборудование тяговых подстанций железных дорог [Текст]: Сборник справочных материалов. М.: Трансиздат, 2004.
7. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок [Текст]: Новосибирск.: Норматика, 2014.
8. Правила содержания тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения [Электронный ресурс]: Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» № 1578р от 5.08.2016.