МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«МДК.02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций»

(код и наименование дисциплины)

Уровень профессионального образования	**Среднее профессиональное образование**
Образовательная программа	**Программа подготовки специалистов среднего звена**
Специальность	**13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)** (базовая подготовка)
Квалификация выпускника	**техник**
Форма обучения	**заочная**
Год начала обучения	**2022**

Чебоксары, 2021

Фонд оценочных средств предназначен для текущего контроля освоения учебной дисциплины МДК.02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций обучающимися по специальности: 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям).

Организация-разработчик: Чебоксарский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»

Разработчики: Михеев Георгий Михайлович, доктор технических наук, профессор

Рецензент(ы): Лавин Игорь Аронович генеральный директор АО «Чувашэнергосетьремонт»

Программа одобрена на заседании кафедры (протокол № 02, от 16.10. 2021 года).

Пояснительная записка

Фонд оценочных средств по дисциплине МДК.02.01 «*Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций»* подготовлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО по направлению подготовки 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2017 г. № 1216, а также с требованиями приказа Министерства просвещения РФ от 24 августа 2022 г. № 762 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования».

В соответствии с требованиями ФГОС фонды оценочных средств призваны способствовать оценке качества. Оценка качества подготовки обучающихся и выпускников осуществляется в двух основных направлениях:

- оценка уровня освоения дисциплин;
- оценка компетенций обучающихся.

Фонды оценочных средств призваны оценить умения, знания, практический опыт и освоенные компетенции по результатам освоения учебных дисциплин и профессиональных модулей.

В соответствии с требованиями ФГОС Чебоксарским институтом (филиалом) Московского политехнического университета для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей программы подготовки специалистов среднего звена (текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация) разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить умения, знания, практический опыт и освоенные компетенции.

В соответствии с Приказом Министерства просвещения РФ от 24 августа 2022 г. № 762 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования» освоение образовательной программы среднего профессионального образования, в том числе отдельной части или всего объема учебного предмета, курса, дисциплины (модуля) образовательной программы, сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся. Формы, периодичность и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся определяются образовательной организацией самостоятельно.

1.ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Назначение: Фонд оценочных средств предназначен для текущего контроля освоения учебной дисциплины МДК.02.01 «Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций» обучающимися по специальности: 13.02.07 Электроснабжение по отраслям.

Уровень подготовки: базовый

Форма контроля: экзамен

Умения, знания и компетенции, подлежащие проверке:

№	Наименование	**Метод контроля** Текущий контроль
Компетенции		
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
ПК 2.1	Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
ПК 2.5	Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
Умения		
У 1.	определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
У 2.	определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
У 3.	разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.

№	Наименование	**Метод контроля** Текущий контроль
У 4.	вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
У 5	выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
Знания		
З 1.	содержание актуальной нормативно-правовой документации	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
З 2.	устройство оборудования электроустановок	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
З 3.	условные графические обозначения элементов электрических схем	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
З 4.	логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
З 5.	основные положения правил технической эксплуатации электроустановок	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.
З 6.	виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения	устный опрос; выполнение КР, внеаудиторная самостоятельная работа; тестирование.

2. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

2.1. Формы и методы оценивания

Предметом оценки служат умения и знания, по дисциплине МДК.02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций

Элемент дисциплины	Методы контроля	Проверяемые У, З, ОК, ПК
Тема 1.1. Оборудование электрических трансформаторных подстанций	Практическое занятие 1.1.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 1.1.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 1.2. Оборудование распределительных подстанций и устройств	Практическое занятие 1.2.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 1.2.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 1.3. Электрические схемы подстанций	Практическое занятие 1.3.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 1.3.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 2.1. Организация технического обслуживания электрооборудования подстанций	Практическое занятие 2.1.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 2.1.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 2.2. Проецирование отрезка прямой линии	Практическое занятие 2.2.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 2.2.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 3.1. Техническое обслуживание распределительных подстанций и устройств.	Практическое занятие 3.1.: устный опрос, выполнение КР, тестирование Самостоятельная работа 3.1.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5
Тема 4.1. Нормативная, техническая документация и инструкции.	Практическое занятие 4.1.: устный опрос, выполнение заданий, тестирование Самостоятельная работа 4.1.	У-1, У-2, У-3, У-4, У-5 З-1, З-2, З-3, З-4, З-5, З-6, ОК-03; ПК-2.1; ПК-2.5

2.2. Задания для оценки освоения учебной дисциплины

Практическое занятие по теме 1.1. Оборудование электрических трансформаторных подстанций

Устный опрос:

1. Поясните буквенно-цифровое обозначение трансформатора.
2. Как определяется коэффициент трансформации?
3. Какие конструктивные особенности имеет автотрансформатор?
4. Какие достоинства и недостатки имеют открытые и закрытые РУ?
5. Как выполняются элегазовые РУ?
6. Каковы преимущества элегазовых РУ?
7. Каково назначение силовых выключателей?
8. Каково назначение разъединителей?
9. Каково назначение выключателей нагрузки и плавких предохранителей?
10. Поясните, что такое схема и группа соединения обмоток трансформатора.

Примеры задач для практических занятий:

Задача: Определить и выбрать номинальную мощность трансформатора, если задана максимальная полная нагрузка на подстанции Smax.

Решение: Мощность трансформатора определяется его нагрузкой и определяется как

$$S_{н.тр.} \geq (0{,}7 - 0{,}65)\, S_{м}$$

для каждой ступени напряжения с учетом установки двух трансформаторов. Выбранный трансформатор проверяют на аварийные перегрузки при выходе одного трансформатора из работы. Коэффициент аварийной перегрузки определяется по формуле

$$k_{п.ав} = \frac{S_{max}}{S_{ном.т}}$$

где S max- максимальная мощность по графику нагрузки на стороне ВН

Sном.т- номинальная мощность трансформатора.

Выбранный трансформатор должен удовлетворять условию

$$k_{п.ав} < k_{доп.}$$

Тестирование:

1. Основные конструктивные элементы трансформатора:

А) бак, сердечник, обмотки

Б) бак, корпус, обмотки

В) корпус, сердечник, регулятор нагрузки

Г) корпус, обмотки, регулятор нагрузки

2. Как определяется коэффициент трансформации?

А) по числу витков, соответственно, в обмотках СН и ВН

Б) по числу витков, соответственно, в обмотках ВН и НН

В) по числу витков, соответственно, в обмотках ВН и СН

Г) по числу витков, соответственно, в обмотках НН и ВН

3. Виды распределительных устройств

А) открытое и закрытое

Б) закрытое и встроенное

В) открытое и внутреннее

Г) закрытое и внутреннее

4. Какие достоинства имеют открытые РУ?

А) низкая стоимость

Б) удобство обслуживания, небольшая площадь

В) высокая степень защиты оборудования

Г) хорошая защита от электромагнитных помех

5. Какие недостатки имеют открытые РУ?

А) воздействие окружающей среды

Б) низкая защита от электромагнитных помех

В) высокая стоимость

Г) применение сложного оборудования

Самостоятельная работа:

Составить сравнительную таблицу типы, устройство и принцип действия защитно-коммутационных аппаратов напряжением до 1000 В и выше 1000 В.

Практическое занятие по теме 1.2. Оборудование распределительных подстанций и устройств

Устный опрос:

1. Каковы недостатки масляных и воздушных выключателей?
2. Каковы преимущества вакуумных и элегазовых выключателей?
3. Какими факторами ограничивается допустимая нагрузка

турбогенераторов по активной и реактивной мощности?

4. От каких факторов зависит напряжение линии электропередачи?

5. Дайте пояснение режиму систематической перегрузки трансформатора.

6. Поясните режим аварийной перегрузки трансформатора.

7. Для каких элементов трансформатора ГОСТ 14209-85 устанавливает предельно допустимые температуры?

8. Что такое короткое замыкание?

9. Перечислите причины возникновения КЗ.

10. Что такое устойчивое КЗ?

11. Перечислите виды КЗ.

12. Что такое действующее значение тока короткого замыкания?

Примеры задач для практических занятий:

Задача: На распределительном устройстве подстанции установлены высоковольтные выключатели стандартного класса напряжения. Произвести выбор выключателей на подстанции.

Решение: Выбор выключателей производится по:

1 Роду установки

2 По допустимому току

3 по напряжению

Далее производится проверка к устойчивости к токам КЗ

а) динамическая стойкость

б) термическая стойкость

Выбор рекомендуется оформлять в виде таблицы

Таблица №1 Условия выбора в/в выключателя.

Условия выбора выключателя	Расчетные данные	Каталожные данные выключателя
$U_{\text{уст}} < U_{HOM}$	$U_{\text{уст}}, kB$	$U_{\text{ном}} kB$
$I_{PM} < I_{HOM}$	$I_{PM,} A$	$I_{\text{ном}}.A$
$I_{\text{пт}} < I_{HOM.OTK}$	$I_{\text{пт}}, kA$	$I_{OTK,} A$
$i_a = \sqrt{2} I_{OTK} \frac{\beta\%}{100}$	$i_a = \sqrt{2} I_{OTK} \frac{\beta\%}{100}$	$i_a = \sqrt{2} I_{OTK} \frac{\beta\%}{100}$
$i_{\text{уд}} \le i_{\text{дин}}$	$i_{\text{у}}, kA$	$i_{\text{дин}}, kA$
$I_{по} < I_{дин}$	$I_{\text{по}}, kA$	$I_{дин}, kA$
$B_K < I_{TEP}^2 t_{TEP}$	$B_K, kA^2 c$	$I_{TEP}^2 * t_{TEP,} kA^2 C$

Тестирование:

1. Какие достоинства имеют закрытые РУ?

А) низкая стоимость
Б) удобство обслуживания
В) небольшая площадь
Г) высокая степень защиты оборудования
Д) хорошая защита от электромагнитных помех

2. Какие недостатки имеют закрытые РУ?

А) высокая стоимость
Б) воздействие окружающей среды
В) низкая защита от электромагнитных помех
Г) применение сложного оборудования
Д) применение воздушных выключателей

3. Какие достоинства имеют закрытые РУ?

А) высокая степень защиты оборудования
Б) низкая стоимость
В) применение вакуумных выключателей
Г) применение сухих трансформаторов
Д) хорошая защита от электромагнитных помех

4. Номинальная мощность трансформатора определяется при:

А) номинальных температурных условиях окружающей среды
Б) минимальных температурных условиях окружающей среды
В) максимальных температурных условиях окружающей среды
Г) экстремальных температурных условиях окружающей среды
Д) средних температурных условиях окружающей среды

5. Номинальные токи трансформатора

А) указанные в заводском паспорте значения токов в обмотках
Б) предельно допустимые значения токов в обмотках
В) длительные значения токов в обмотках
Г) максимальные значения токов в обмотках
Д) средние значения токов в обмотках

Самостоятельная работа:

Составить конспект на тему «Распределительные устройства».

Практическое занятие по теме 1.3. Электрические схемы подстанций

Устный опрос:

1. Поясните, что такое схема и группа соединения обмоток

трансформатора

2. Условные обозначения схем электрооборудования подстанций
3. Схемы выполнения КТП
4. Принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок
5. Электрические схемы подстанций и сетей
6. Электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей.

Примеры задач для практических занятий:

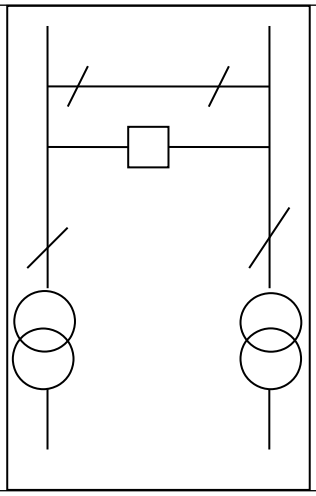
Задача Выбрать принципиальную схему подстанции. Составить возможных вариантов принципиальной схемы подстанции на основании следующих данных:

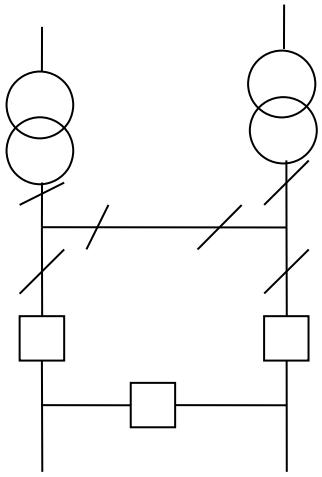
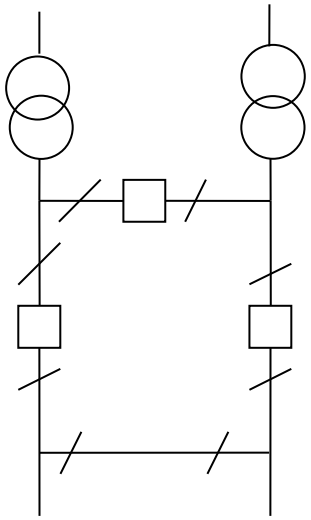
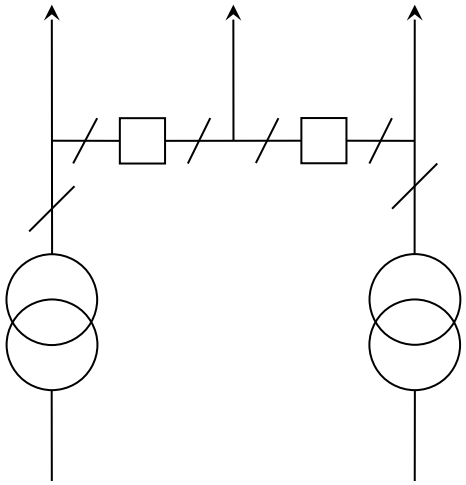
- назначение подстанций в энергосистеме;
- перетоки мощностей через подстанцию;
- наличие одного или двух распределительных устройств повышенных напряжений подстанций.

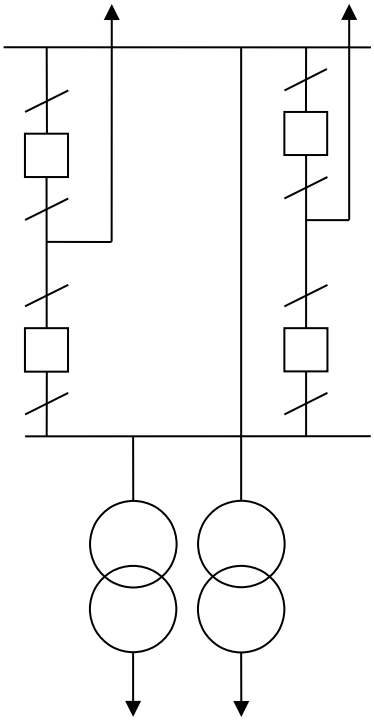
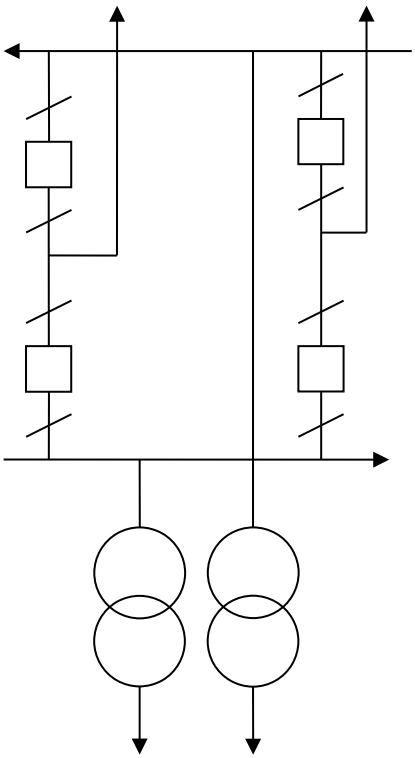
Решение: Принципиальная схеме подстанции определяет выполнение трансформаторных и автотрансформаторных связей между распределительными устройствами, и выбор её базируется на технико-экономических расчетах. Для подстанций с двумя или тремя напряжениями принципиальная схема определяется практически однозначно. Проектирование их сводится к выбору числа, типа и номинальной мощности необходимых трансформаторов (автотрансформаторов).

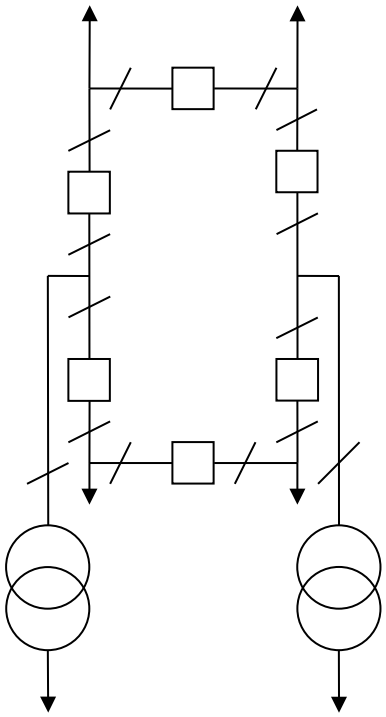
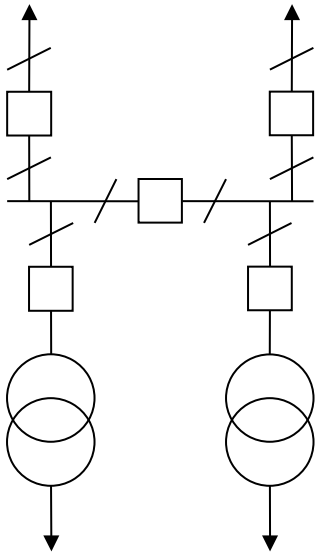
Энергия, поступающая из сети высшего напряжения (ВН), может быть распределена как на одном низшем напряжении (НН) 6-10 кВ, так и на двух напряжениях: среднем (СН) 35 кВ и более и низшем (НН) 6-10 кВ. в зависимости от количества РУ устанавливают двухобмоточные трансформаторы, или трехобмоточные (рис.1), или автотрансформаторы в зависимости от режима нейтрали сети среднего напряжения.

Таблица - Типовые схемы подстанций.

Электрические схемы РУ	Название схемы	Номинальное напряжение кВ	Количеств присоединений	Приме-чание
	Мостик с выключателем в перемычке и отделителем в цепях трансформатора	35-110	4	

Электрические схемы РУ	Название схемы	Номинальное напряжение кВ	Количеств присоединений	Приме-чание
	Мостик с выключателями со стороны трансформатора	35-110	4	
	Мостик с выключателем со стороны линии	35-110	4	
	Двойной мостик с отделителем в цепях трансформатора	110-220	5-6	

Электрические схемы РУ	Название схемы	Номинальное напряжение кВ	Количеств присоединений	Приме-чание
	Четырехугольник	220-750	4	ВН
	Расширенный четырехугольник	220-330	5-6	ВН

Электрические схемы РУ	Название схемы	Номинальное напряжение кВ	Количеств присоединений	Приме-чание
	Шестиугольник	220-330	6	ВН
	Одна секционированная система сборных шин	6-35	<10	СН

Тестирование:

1. Полуторная схема РУ применяется на напряжении 220 кВ и выше при:
А) числе присоединений шесть и более
Б) числе присоединений пять и более
В) числе присоединений семь и более
Г) числе присоединений восемь и более
Д) числе присоединений три и более

2. Недостаток кольцевых схем РУ:
А) сложный выбор аппаратов
Б) сложный выбор схем
В) сложный расчет надежности
Г) большой объем расчетов
Д) сложность применения

3. На каких подстанциях целесообразно использовать блочные схемы:
А) на тупиковых
Б) на проходных
В) на головных
Г) на узловых
Д) на районных

4. Схема с рабочей и обходной системой шин применяется при:
А) пяти и более присоединениях
Б) шести и более присоединениях
В) семи и более присоединениях
Г) практически не применяется
Д) четырех и более присоединениях

5. В схеме РУ четырехугольник:
А) на присоединении каждой линии установлено два выключателя
Б) на присоединении каждой линии установлено три выключателя
В) на присоединении каждой линии установлено четыре выключателя
Г) на присоединении каждой линии установлен один выключатель
Д) на присоединении каждой линии установлено два или один выключатель

Самостоятельная работа**:**
Составить конспект: «Электрические схемы подстанций».

Практическое занятие по теме 2.1 Организация технического обслуживания электрооборудования подстанций

Устный опрос:

1. При каких условиях имеет место наибольшее начальное значение апериодического тока?
2. Что такое ударный ток КЗ, через какое время он наступает?
3. Что такое периодическая и апериодическая составляющая тока КЗ?
4. Как выбирают базисные мощность и напряжение при расчете токов КЗ в сетях свыше 1 кВ?
5. Что такое электродинамическая и термическая стойкость проводников или аппаратов?
6. Чем определяется необходимость снижения величин токов КЗ в энергосистеме?
7. Перечислите способы ограничения токов КЗ?

8. Какие аппараты относятся к коммутационным?
9. Назначение коммутационных аппаратов?
10. По каким параметрам выбирается выключатель?

Примеры задач для практических занятий:

Задача: Дана схема подстанции с указанием условных точек токов КЗ и элементов распределительного устройства. Выполнить расчёт токов КЗ.

Решение: Для выбранного варианта составляется расчетная схема. По расчетной схеме составляется схема замещения. Все элементы схемы замещения заменяются индуктивными сопротивлениями. Сопротивления выражаются в относительных или именованных единицах в зависимости от метода расчета тока КЗ.

1. Задаться базисными величинами

$S_Б = 10000 MBA$ - базисная мощность,

$U_Б = U_{СР}$ - базисное напряжение, принимается равным среднему номинальному напряжению ступени КЗ. Это может быть $U_{Б1}, U_{Б2}$

$U_{\text{СТАН}}$ = 6;10;35;110;220;300 кВ

$U_{\text{СРЕД}}$ = 6,5 ;10,5 ; 37 ;115 ; 230 ; 330 кВ.

$I_Б = \dfrac{S_Б}{\sqrt{3} * U_{СР}}$ кА - базисный ток ступени КЗ – $I_{Б1}, I_{Б2}$, и т.д.

2. Перевести сопротивления в относительные или именованные единицы, для высокого напряжения рекомендуется расчет в относительных единицах. Перевод можно выполнить по формулам в таблице.

Таблица П-2 Приведенные значения сопротивлений

Элемент электроустановки	Исходный параметр	Именованные единицы	Относительные единицы
Генератор	$\dfrac{x''_{d*НОМ}}{S_{НОМ}}$	$x = x''_{d*НОМ}\dfrac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = x''_{d*НОМ}\dfrac{S_Б}{S_{НОМ}}$
	$\dfrac{x''_{d*}\%_{НОМ}}{S_{НОМ}}$	$x = \dfrac{x''_d\%}{100}\dfrac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = \dfrac{x''_d\%}{100}\dfrac{S_Б}{S_{НОМ}}$
Энергосистема	$S_К$	$x = \dfrac{U_Б^2}{S_К}$	$x_* = \dfrac{S_Б}{S_К}$
	$I_{НОМ.ОТК}$	$x = \dfrac{U_Б^2}{\sqrt{3} * I_{НОМ.ОТК} U_{СР}}$	$x_* = \dfrac{S_Б}{\sqrt{3} * I_{НОМ.ОТК} U_{СР}}$
	$\dfrac{x_{*С(НОМ)}}{S_{НОМ}}$	$x = x\dfrac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = x_{*С(НОМ)}\dfrac{S_Б}{S_{НОМ}}$
Трансформатор	$\dfrac{x_Т\%}{S_{НОМ}}$	$x = \dfrac{x_Т\%}{100}\dfrac{U_Б^2}{S_{НОМ}}$	$x_* = \dfrac{x_Т\%}{100}\dfrac{S_Б}{S_{НОМ}}$

Реактор	x_P	$x = x_P \frac{U_Б^2}{U_{CP}^2}$	$x_* = x_P \frac{S_Б}{U_{CP}^2}$
Линии электропередачи	$x_{УД}$ L	$x = x_{УД} L \frac{U_Б^2}{U_{CP}^2}$	$x_* = x_{УД} L \frac{S_Б}{U_{CP}^2}$

3. Произвести преобразования в схеме, определить результирующее сопротивление для каждой из намеченных точек КЗ.

4. Определить начальное значение периодической составляющей тока КЗ

$$I_{ПО} = \frac{I_Б}{x_{РЕЗ}}, \text{ кА}$$

5. Определить значение мгновенного амплитудного значения ударного тока $i_У = \sqrt{2} k_У I_{ПО}$, кА где $k_У$ из табл.П-1

6. Действующее значение ударного тока

$$I_У = I_{ПО}(1 + \sqrt{k_У^2 - 1}), \text{кА}$$

Тестирование:

1. Что влияет на величину изоляции токоведущих частей:

А) значение номинального напряжения электроустановки
Б) значение номинального тока электроустановки
В) значение максимального тока КЗ
Г) значение расчетной нагрузки
Д) значение потерь электроэнергии

2. Достоинства автотрансформаторов

А) снижение расхода активных и конструктивных материалов
Б) повышение сопротивления обмоток
В) повышение перегрузочной способности
Г) повышение стойкости к токам КЗ
Д) повышение охлаждения обмоток

3. Недостаток автотрансформаторов

А) необходимость глухого заземления нейтрали
Б) повышение сопротивления обмоток
В) снижение перегрузочной способности
Г) снижение стойкости к токам КЗ
Д) снижение охлаждения обмоток

4. Открытое распределительное устройство

А) оборудование располагается на открытым воздухе
Б) оборудование располагается под навесом на открытым воздухе
В) оборудование располагается в помещении
Г) оборудование располагается в специализированных боксах
Д) оборудование располагается в блочном здании

5. Закрытое распределительное устройство
А) оборудование располагается в помещении
Б) оборудование располагается на открытым воздухе
В) оборудование располагается в специализированных боксах
Г) оборудование располагается под навесом на открытым воздухе
Д) оборудование располагается в контейнерах

Самостоятельная работа

Составить конспект на тему «Организация технического обслуживания электрооборудования подстанций».

Практическое занятие по теме 2.2 Техническое обслуживание оборудования трансформаторных подстанций

Устный опрос:

1. Конструктивные особенности коммутационных аппаратов.
2. Назначение комплектных трансформаторных подстанций (КТП).
3. Конструкция комплектных трансформаторных подстанций.
4. Виды комплектных трансформаторных подстанций.
5. Назначение комплектных распределительных устройств (КРУ)

Примеры задач для практических занятий:

Задача: Установить на подстанции заземляющие устройства и выполнить их расчёт.

Решение: Согласно ПУЭ заземляющие устройства электроустановок сети с эффективно заземленной нейтралью выполнено с учётом сопротивления ($R_з \leq 0{,}5$Ом) или допустимым напряжением прикосновения.

Расчет по допустимому сопротивлению приводит к неоправданному перерасходу проводникового материала и трудозатрат при сооружении заземляющего устройства.

Опыт эксплуатации РУ-110 кВ и выше позволяет перейти к нормированию и напряжению прикосновения, а не величины сопротивления заземления ($R_з \leq 0{,}5$Ом).

Сложный заземлитель заменён расчетной квадратной моделью при условии равенства площадей, общей длиной горизонтальных проводников, глубины их заложения, числа и длины вертикальных заземлителей и глубины их заложения.

В расчетах многослойный грунт представлен двухслойным, верхней толщиной h с удельным сопротивлением ρ, нижним удельным сопротивлением ρ_2

Напряжение на заземлителе

$$U_{з} = \frac{U_{пр.доп}}{К_{п}}$$

Кп-коэфициент напряжения прикосновения

$$K_{n} = \frac{M\beta}{\left(\frac{I_{В} L_{г}}{a\sqrt{S}}\right)^{0.45}}$$

Iв-длина вертикального заземлителя
Lг-длина горизонтальных заземлителей
а-расстояние между вертикальными заземлителями
S-площадь заземляющего устройства
М-параметр, зависящий от ρ1/ρ2 см табл. П-6

Общая длина горизонтальных заземлителей

$$L_{г} = \left(\sqrt{S} * \frac{\sqrt{S}}{a} + 1\right) * 2$$

В-коэффициент определяемый по сопротивлению тела человека

$$\beta = \frac{R_{Ч}}{R_{ч} + R_{С}}$$

В расчетах применяются Rч=1000 Ом Rс=1,5ρв.с
Сопротивление заземляющего устройства

$$R_{з.доп} \leq \frac{U_{З}}{I_{З}}$$

Iз-ток, стекающий с заземлителя проектируемого заземляющего устройства при однофазном КЗ

$$I_{по}^{(1)} = I_{по}^{(3)} * 0{,}657$$

Общее сопротивление естественных заземлителей

$$R_{е} = \frac{1}{\frac{1}{R_{каб}} + \frac{1}{R_{ф}} + \frac{1}{R_{с.т.о}}}$$

Rкаб-сопротивление растеканию тока кабелей
Rф-сопротивление растеканию тока фундаментов
Rсто-сопротивление растеканию тока системы трос-опоры

Если Re<Rз.доп то сооружается только сетка из горизонтальных полос, еслиRe>Rз.доп то необходимо сооружение искусственного заземлителя,

Определяют общее сопротивление сложного заземлителя

$$R_{з} = A * \frac{\rho_{Э}}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_{Э}}{L_{Г} + L_{В}}$$

Где

$$A = \left(0{,}444 - 0{,}84 * \frac{i_{в} + t}{\sqrt{S}} \right) \text{при } 0 \le \frac{i_{в} + t}{\sqrt{S}} \le 0.1$$

$$A = \left(0{,}385 - 0{,}25 * \frac{i_{B} + t}{\sqrt{S}} \right) \text{при } 0{,}1 \le \frac{i_{в} + t}{\sqrt{S}} \le 0.5$$

Рэ-эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом*м

Lв-общая длина вертикальных заземлителей

Lв=Iв*nв

Количество вертикальных заземлителей

$$n_{В} = \frac{\sqrt{S} * 4}{\frac{a}{i_{B}} * i_{B}}$$

Полученное значение Rз должно быть меньше Rз.доп Rи

Удельное сопротивление грунтов см. приложения табл.П-5

Если сопротивление заземлителя превышает требуемые значения, то необходимо увеличение площади S длины L числа вертикальных заземлителей n и их длины. Всё это приводит к дополнительным расходам. Эффективной мерой уменьшения опасности прикосновения является подсыпка гравия или щебня слоем 0,1-0,2м у рабочих мест. Удельное сопротивление верхнего слоя при этом резко возрастает (5000-10000 Ом*м), что снижает ток, проходящий через человека, так как возрастает сопротивление растеканию тока со ступней Rс. В расчете соответственно уменьшается коэффициент β и увеличивается допустимое сопротивление заземляющего устройства.

Тестирование:

1. Силовые выключатели предназначены

А) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах

Б) для включения электрической цепи в любых режимах

В) для отключения электрической цепи в любых режимах

Г) для отключения электрической цепи под нагрузкой

Д) для отключения обесточенной электрической цепи

2. В масляных выключателях дуга гасится в:
А) трансформаторном масле
Б) дугогасительной камере
В) элегазе
Г) струе сжатого воздуха
Д) вакууме

3. В воздушных выключателях дуга гасится в:
А) струе сжатого воздуха
Б) трансформаторном масле
В) дугогасительной камере
Г) элегазе
Д) вакууме

4. Недостатки масляных выключателей
А) пожароопасность, высокие эксплуатационные затраты
Б) необходимость в компрессорах, высокие эксплуатационные затраты
В) пожароопасность, необходимость в компрессорах
Г) высокие эксплуатационные затраты, сложность ремонта
Д) высокие эксплуатационные затраты, токсичность масла

5. Выключатели нагрузки предназначены
А) для отключения электрической цепи под нагрузкой
Б) для включения и отключения электрической цепи в любых режимах
В) для включения электрической цепи в любых режимах
Г) для отключения электрической цепи в любых режимах
Д) для отключения обесточенной электрической цепи

Самостоятельная работа:

Составить конспект на тему «Техническое обслуживание оборудования трансформаторных подстанций»

Практическое занятие по теме 3.1. Техническое обслуживание распределительных подстанций и устройств

Устный опрос:

1. Перечислить достоинства и недостатки всех режимов нейтрали.
2. По какой формуле вычисляется величина емкостного тока ОЗЗ в сети с незаземленной нейтралью?
3. Во сколько раз повышается напряжение на неповрежденных фазах относительно земли при однофазном замыкании на землю по сравнению с нормальным режимом в сети с незаземленной нейтралью?
4. Под каким напряжением относительно земли находится провод фазы А линии 35 кВ, если произошло замыкание на землю?
5. Под каким напряжением относительно земли находится провод фазы

В линии 10 кВ, если произошло замыкание на землю?

6. Почему ОЗЗ в сетях с незаземленной и резонансно-заземленной нейтралью не вызывает нарушения работы электроприемников?

7. Какой режим настройки дугогасящего реактора рекомендуется в сети с резонансно-заземленной нейтралью?

8. Почему в сетях напряжением 110 кВ и выше нецелесообразно применять режим незаземленной или резонансно-заземленной нейтрали?

9. В каких случаях рекомендуется применять режим резонансно-заземленной нейтрали?

10. С какой целью нейтрали трансформаторов в сети с эффективно-заземленной нейтралью соединяются с землей через заземляющий разъединитель (ЗОН)?

Примеры задач для практических занятий:

Задача: На электрической подстанции обеспечить ограничение от тока КЗ с помощью токоограничивающего реактора.

Решение: Если значение тока короткого замыкания больше значения тока отключения, предполагаемого выключателя в цепи устанавливается реактор, для ограничения тока КЗ. Расчет можно выполнить в относительных и именованных единицах.

1. Требуемое значение сопротивления цепи с установкой реактора

$$x_{ТРЕБ} = \frac{U_Б}{\sqrt{3} I_{ОТК}}, \quad \text{Ом.}$$

2. Расчетное сопротивление цепи без реактора

$$x_{КЗ} = \frac{U_Б}{\sqrt{3} I_{ПО}}, \text{ Ом}$$

3. Расчетное сопротивление, приходящееся на реактор

$$x_Р^{/} = x_{ТРЕБ} - x_{КЗ}$$

4. Рабочий ток ступени напряжения КЗ

$$I_{РАБ} = \frac{n_{ЛЭП} P_Л 10^3}{\sqrt{3} U \cos\varphi}$$

5. Максимальный рабочий ток ступени напряжения КЗ

$$I_{РАБМАХ} = \frac{n}{n-1} I_{РАБ}, \text{ А}$$

6. Выбор реактора по условиям:

$$U_{РНОМ} \geq U_{УСТ}$$
$$I_{РНОМ} \geq I_{РАБМАХ}$$
$$x_{РНОМ} \geq x_Р^{/}$$

Выбор данных реактора по [3]

7. Сопротивление цепи КЗ сопротивлением выбранного реактора

$$X_К = \frac{U_{СР} * K_З}{\sqrt{3} I_{gj}}.$$

Тестирование:

1. Разъединитель это
А) аппарат для создания видимого разрыва электрической цепи
Б) аппарат для отключения больших токов
В) аппарат для отключения электрической цепи под нагрузкой
Г) аппарат для отключения перенапряжений
Д) аппарат для отключения токов перегрузки

2. Измерительные трансформаторы тока предназначены
А) для измерения электрических величин
Б) питания устройств собственных нужд
В) питания выпрямительных устройств
Г) измерения сопротивления проводов и кабелей
Д) создания заземления

3. Токоограничивающие реакторы предназначены для
А) ограничения токов КЗ
Б) ограничения уравнительных токов
В) ограничения токов нагрузки
Г) ограничения токов включения нагрузки
Д) ограничения токов холостого хода

4. Режим изолированной нейтрали применяется при напряжениях:
А) 3; 6; 10; 20; 35 кВ
Б) 6; 10; 20; 35, 110 кВ
В) 0,69; 10; 20; 35, 110 кВ
Г) 0,69; 10; 20; 35 кВ
Д) 6; 10; 20; 35, 110, 150 кВ

5. Достоинство изолированной нейтрали
А) низкие токи ОЗЗ
Б) низкие токи междуфазных КЗ
В) низкие токи двухфазных КЗ
Г) низкие токи двухфазных КЗ на землю
Д) низкие токи трехфазных КЗ

Самостоятельная работа:
Подготовка к опросу по темам раздела

Практическое занятие по теме 4.1. Нормативная, техническая документация и инструкции

Устный опрос:
1. Расположение оборудований на ОРУ
2. Расположение оборудований на ЗРУ
3. Назначение силовых выключателей
4. Принцип гашения дуги в масляных выключателях
5. Принцип гашения дуги в воздушных выключателях

6. Достоинства и недостатки масляных выключателей
7. Назначение, разновидность и применение разъединителей
8. Назначение, разновидность и применение выключателей нагрузки
9. Измерительные трансформаторы: разновидность и назначение
10. Измерительные трансформаторы тока
11. Выбор измерительных трансформаторов
12. Реакторы: разновидность и их характеристики.

Примеры задач для практических занятий:

Задача: Ознакомиться с принципом работы измерительных трансформаторов тока и напряжения. Произвести выбор измерительных трансформаторов для обеспечения измерения электрических величин на подстанции.

Решение: Объем измерений для каждого присоединения устанавливается согласно ПУЭ.

Трансформаторы тока выбирают:

По напряжению установки: Uуст<Uном

По току: Iнорм<$I_{1ном}$ Imax<$I_{1\ ном}$

Номинальный ток должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей

По конструкции и классу точности

По вторичной нагрузке: Z2<Z2ном

где Z2 - вторичная нагрузка трансформатора тока;

Z2ном- номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности. Составить таблицу вторичной нагрузки

Таблица № 2 Нагрузка вторичных цепей ТТ

Наименование прибора	тип	Нагрузка по фазам		
		А	Б	С

Итого

Установка контрольно-измерительных приборов

Вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов

$$r_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_к$$

Сопротивление приборов определяется по выражению

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2}$$

Сопротивление контактов принимают 0,05 ом при 2-3 приборов. Сопротивление соединительных проводов зависит от длины и сечения. Чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности необходимо

$$r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}} \le Z_{\text{2нно}}$$

Тогда

$$r_{\text{пр}} = Z_{\text{2нно}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}}$$

Зная сопротивление проводов можно определить сечение

$$q = \frac{\rho * l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}}$$

ρ-удельное сопротивление материала провода (0,0175 медь и 0,0283 аллюминий). Провода с медными жилами применяются во вторичных цепях основного и вспомогательного оборудования на подстанциях с высшим напряжением 220 кВ и выше в остальных случаях во вторичных цепях применяются провода с алюминиевыми жилами.

Длину соединительных проводов от трансформатора тока до приборов (в один конец)можно принять для различных присоединений приблизительно равной, **М**

Таблица №3 Расчетные длины проводов вторичных цепей ТТ до приборов.

Наименования	Длина в метрах
Линии 6-10 кВ к потребителям	4-6
Цепи РУ 35кВ	60-75
110кВ	75-100
220кВ	100-150
330-500кВ	150-175

По условию прочности сечение не должно быть меньше 4 мм^2 для алюминиевых жил и 2,5мм ^{2} для медных.

Производится проверка по электродинамической устойчивости и термической.

Выбор трансформаторов напряжения.

Трансформаторы напряжения выбираются;

По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \le U_{\text{ном}}$$

По конструкции и схеме соединения обмоток

По классу точности

По вторичной нагрузке

$$S_{2\sum} \le S_{\text{ном}}$$

Sном -номинальная мощность в выбранном классе точности.

Для однофазных трансформаторов, соединенных в звезду, следует взять суммарную мощность всех трех фаз, а для соединенных по схеме открытого треугольника удвоенную мощность одного трансформатора.

$$S_{2\sum} = \sqrt{\left(\sum S_{\text{приб}} \cos\varphi\right)^2 + \left(\sum \mathrm{S}_{\text{приб}} \sin\varphi\right)^2} = \sqrt{P^2_{\text{приб}} + Q^2_{\text{приб}}}$$

Таблица №7 Вторичная нагрузка ТН

Наименование прибора	тип	S одной обмотки ВА	Число обмоток	Cos φ	Sin φ	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
							P Вт	Q Вар

Итого

Если вторичная нагрузка превышает номинальную мощность в выбранном классе точности, то устанавливают второй трансформатор и часть нагрузки присоединяют к нему. Сечение проводов по условиям механической прочности принимают 1,5мм^2 для меди 2,5мм^2 для алюминия.

Тестирование:

1. Ограничения токов ОЗЗ не требуется при величине:

А) не более 10 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Б) не более 15 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
В) не более 20 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Г) не более 25 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ
Д) не более 30 А в сетях 3 – 20 кВ с железобетонными опорами ВЛ

2. Ограничения токов ОЗЗ не требуется при величине:

А) не более 10 А в сетях 35 кВ
Б) не более 15 А в сетях 35 кВ
В) не более 20 А в сетях 35 кВ
Г) не более 25 А в сетях 35 кВ
Д) не более 30 А в сетях 35 кВ

3. Изоляция в сетях 6 - 35 кВ выполняется на:

А) междуфазное напряжение
Б) фазное напряжение
В) 1,2 фазного напряжения
Г) 1,4 фазного напряжения
Д) 1,5 фазного напряжения

4. Номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока:

А) 3 А

Б) 5 А
В) 6 А
Г) 10 А
Д) 15 А

5. Номинальное напряжение вторичной обмотки трансформатора напряжения
А) 100 В
Б) 127 В
В) 220 В
Г) 380 В
Д) 690 В

Самостоятельная работа:
Составление списка нормативной и технической документации.

3. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Критерии оценки умений выполнения практических заданий:

Критерий	Оценка
обучающийся ясно изложил условие задачи, решение обосновал	Отлично
обучающийся ясно изложил условие задачи, но в обосновании решения имеются сомнения;	Хорошо
обучающийся изложил решение задачи, но обосновал его формулировками обыденного мышления;	Удовлетворительно
обучающийся не уяснил условие задачи, решение не обосновал либо не сдал работу на проверку (в случае проведения решения задач в письменной форме).	Неудовлетворительно

Критерии оценки знаний путем опроса:

Критерий	Оценка
выставляется студентам, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившим принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, если общие и профессиональные компетенции не сформированы, виды профессиональной деятельности не освоены, если не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании техникума без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине	Неудовлетворительно
выставляется студентам, обнаружившим знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомым с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в устном ответе и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Общие и профессиональные компетенции у таких студентов сформированы либо сформированы частично и находятся на стадии формирования, но под руководством	Удовлетворительно

Критерий	Оценка
преподавателя будут полностью сформированы.	
выставляется студентам, овладевшим общими и профессиональными компетенциями, продемонстрировавшим хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполняющим предусмотренные в программе задания, усвоившим основную литературу, рекомендованную в программе, а также показавшим систематический характер знаний по дисциплине, способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Хорошо
выставляется студентам, освоившим все предусмотренные профессиональные и общие компетенции, обнаружившим всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавшим умение применять теоретические знания для решения практических задач, умеющим находить необходимую информацию и использовать ее, а также усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Отлично

Критерии оценки результатов тестирования:

Критерий	Оценка
Не менее 80% правильных ответов	**5**
65-79% правильных ответов	**4**
50-64% правильных ответов	**3**

Критерии оценки самостоятельной работы:

Критерий	Оценка
Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает тему самостоятельной работы, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер	Отлично
Обучающийся в целом раскрывает тему самостоятельной работы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера	Хорошо
Обучающийся в целом раскрывает тему самостоятельной работы и допускает ряд неточностей, фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов или их раскрывает содержательно, но допуская значительные неточности.	Удовлетворительно
Обучающийся не владеет выбранной темой самостоятельной работы	Неудовлетворительно