

Минобрнауки России

Бузулукский гуманитарно-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра общепрофессиональных и технических дисциплин

Фонд оценочных средств
по дисциплине
«Релейная защита и автоматика»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Электроснабжение

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения


Заочная

Бузулук 2024


Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры общепрофессиональных и технических дисциплин

протокол № 6 от 12.02.2024 г.

декан строительно-технологического факультета  И.В. Завьялова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнитель:

Доцент  М.А. Вильданова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

Раздел 1. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Формируемые компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств/ шифр раздела в данном документе
ПК*-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК*-1-В-6 Проектирует и оптимизирует структуру механической части электропривода, упрощая ее в пределах, определяемых техническим заданием ПК*-1-В-7 Демонстрирует навыки расчета замкнутых систем автоматического управления электроприводами	<u>Знать:</u> – основные требования к устройствам релейной защиты и автоматики	Блок А – задания репродуктивного уровня А.0 Тестовые вопросы А.1 Вопросы для опроса
		<u>Уметь:</u> – оценивать соответствие работы устройств релейной защиты и автоматики требованиям нормативной документации; – производить выбор элементов вторичных цепей и устройств релейной защиты и автоматики	Блок В – задания реконструктивного уровня Блок В.1. Типовые задачи
		<u>Владеть:</u> – методами проектирования устройств релейной защиты, расчета уставок защит	Блок С – задания практико-ориентированного и/или исследовательского уровня Блок С.1 Индивидуальные творческие задания
ПК*-2 Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности	ПК*-2-В-12 Демонстрирует знание структуры механической части электропривода и электромеханических преобразователей, методы расчета и экспериментального определения их параметров	<u>Знать:</u> – основные показатели эффективности функционирования релейной защиты и автоматики	Блок А – задания репродуктивного уровня А.0 Тестовые вопросы А.1 Вопросы для опроса
		<u>Уметь:</u> – оценивать возможные последствия неправильных действий устройств релейной защиты и автоматики	Блок В – задания реконструктивного уровня Блок В.1. Типовые задачи

Формируемые компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств/ шифр раздела в данном документе
		<p><u>Владеть:</u> – информацией о современной аппаратной базе устройств РЗА; – навыками технико-экономического сравнения различных вариантов реализации защит</p>	Блок С – задания практико-ориентированного и/или исследовательского уровня Индивидуальные творческие задачи
ПК*-7 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию	ПК*-7-В-5 Выполняет комплект конструкторской документации эскизного, технического и рабочего проектов системы электроснабжения	<p><u>Знать:</u> – основные источники научно-технической информации по релейной защите и автоматизации систем электроснабжения</p> <p><u>Уметь:</u> – работать с технической и проектной документацией систем электроснабжения</p> <p><u>Владеть:</u> – навыками оформления типовой технической документации</p>	Блок А – задания репродуктивного уровня А.0 Тестовые вопросы А.1 Вопросы для опроса Блок В – задания реконструктивного уровня Блок В.1. Типовые задачи Блок С – задания практико-ориентированного и/или исследовательского уровня Блок С.1 Индивидуальные творческие задания
ПК*-9 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения	ПК*-9-В-4 Демонстрирует знания современного программного обеспечения для настройки и проектирования устройств релейной защиты и автоматики	<p><u>Знать:</u> – современное программное обеспечение для настройки и проектирования устройств релейной защиты и автоматики</p> <p><u>Уметь:</u> – производить выбор программного обеспечения для эффективной работы систем электроснабжения</p>	Блок А – задания репродуктивного уровня А.0 Тестовые вопросы А.1 Вопросы для опроса Блок В – задания реконструктивного уровня Блок В.1. Типовые задачи

Формируемые компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств/ шифр раздела в данном документе
		Владеть: – навыками использования программного обеспечения для настройки и проектирования устройств релейной защиты и автоматике	Блок С – задания практико-ориентированного и/или исследовательского уровня Блок С.0 Контрольная работа

Раздел 2. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки планируемых результатов обучения по дисциплине (оценочные средства). Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Блок А

А.0 Фонд тестовых заданий по дисциплине, разработанный и утвержденный в соответствии с Положением о фонде тестовых заданий: *Фонд тестовых заданий по дисциплине «Релейная защита и автоматика»/ сост. Вильданова М.А. – Бузулук: Бузулук. гуман.-технолог. институт (филиал) ОГУ, 2023. – 29 с.*

ПК*-1 *Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности*

1. Назначение релейной защиты и автоматизации

- а) Выявлять и отключать от энергосистемы возникающие повреждения на защищаемом участке;
- б) Наблюдать за короткими замыканиями на поврежденном участке;
- в) Сигнализировать о выходе из строя защищаемого элемента;
- г) Определить поврежденную опору ЛЭП;
- д) Передавать по радио о повреждении.

Правильный ответ: в

2. Какой коэффициент схемы имеет схемы соединения ТТ в треугольник, а обмотка реле в звезду?

- а) $\sqrt{3}$
- б) 1.0
- в) 1.5
- г) 2.0
- д) 3.0

Правильный ответ: а

3. Какую величину должен иметь коэффициент чувствительности дифференциальной защиты трансформатора?

- а) 2.0
- б) 1.8

- в) 1.2
- г) 1.5
- д) 3.0

Правильный ответ: а

4 Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в полную звезду?

- а) 1.0
- б) 1.5
- в) 2.0
- г) $\sqrt{3}$
- д) $\sqrt{2}$

Правильный ответ: б

5 Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ в неполную звезду?

- а) 1.0
- б) $\sqrt{2}$
- в) $\sqrt{3}$
- г) 1.5
- д) 2.0

Правильный ответ: а

6. Какой коэффициент схемы имеет схема соединения ТТ на разность токов двух фаз с одним реле?

- а) $\sqrt{3}$
- б) 1.0
- в) $\sqrt{2}$
- г) 1.5
- д) 2.0

Правильный ответ: в

7. Какую чувствительность должна иметь МТЗ линий при повреждении в основной зоне?

- а) 1.5
- б) 1.8
- в) 1.2
- г) 1.75
- д) 2.0

Правильный ответ: в

8 Какие повреждения могут возникать на линиях электропередачи 110 кВ и выше?

- а) 3-х фазное; 2-х фазное; однофазное и 2-х фазное на землю, короткие замыкания;
- б) Атмосферные перенапряжения;
- в) Коронирование проводов;
- г) Коммутационные повреждения;
- д) тряска проводов

Правильный ответ: б

9. Требования, предъявляемые к релейной защите?

- а) Обеспечивать селективность, обеспечивать быстродействие, чувствительность и надежность;
- б) Как можно медленнее отключать повреждения;
- в) Передавать сведения о наличии повреждений;
- г) фиксировать повреждения;

д) Определить величину тока повреждения.

Правильный ответ: б

10. Основные принципы действия защиты?

- а) На электрическом принципе с использованием для действия токов и напряжений защищаемых элементов;
- б) На механическом принципе;
- в) С использованием космических аппаратов;
- г) С использованием воды;
- д) С использованием азота.

Правильный ответ: д

ПК*-2 Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности

1. К скольким принципам относятся защиты по способам обеспечения селективности?

- а) К двум основным принципам;
- б) К четырем принципам;
- в) К шести принципам;
- г) К десяти принципам;
- д) К одной группе.

Правильный ответ: а

2. Назовите защиты, обладающие относительной селективностью?

- а) К этой группе относятся токовые и дистанционные защиты;
- б) Газовые защиты;
- в) Защиты, выполненные на светодиодах;
- г) Защиты, выполненные на оптоволокне;
- д) Защиты, выполненные на принципе давления;

Правильный ответ: б

3. Из каких органов состоит релейная защита?

- а) Каждое устройство защиты и его схема подразделяются на две части: измерительную и логическую;
- б) Из органов сигнализации и информации;
- в) Каждое устройство состоит из красной и зеленой линии и табло;
- г) Из указательных реле;
- д) Из приемников и передатчиков.

Правильный ответ: д

4. Что является признаком появления к.з.?

- а) Возрастание тока, понижение «U» и уменьшение сопротивления защищаемого участка;
- б) Повышение температуры масла;
- в) Появления дыма в месте повреждения;
- г) Увеличение частоты;
- д) Снижение частоты.

Правильный ответ: д

5. Какая часть схемы защиты является главной?

- а) Измерительная часть;
- б) Логическая часть;
- в) Космическая часть;
- г) Ракетная часть;

д) Планетарная часть.

Правильный ответ: а

ПК*-7 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию

1. Назначение оперативного тока в релейной защите?

- а) Питание оперативных цепей и особенно тех ее элементов, от которых зависит отключение поврежденных линий и оборудования;
- б) Обеспечение питания ламп освещения;
- в) Обеспечение работы радиостанций;
- г) Обеспечение сварочных работ;
- д) Освещение подстанций.

Правильный ответ: а

2. Что является источниками оперативного тока?

- а) Аккумуляторные батареи 110-220 В; трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и ТСН;
- б) Ветряная мельница;
- в) Источники солнечной энергии;
- г) Морской прилив;
- д) Газ метан.

Правильный ответ: б

3. Что является источником постоянного оперативного тока?

- а) Аккумуляторные батареи СК, СН, VARTA блок и шкафы оперативного тока ШОТ-01;
- б) Тиристоры и варисторы;
- в) Источники лунного света;
- г) Солнечная активность;
- д) Ядерная реакция.

Правильный ответ: д

4. Где должны быть подключены ТСН на подстанциях с переменным оперативным током без выключателей на стороне ВН?

- а) На ошиновке между силовым трансформатором и выключателем ввода стороны НН?
- б) На шинах НН;
- в) На стороне ВН;
- г) На стороне СН;
- д) На орбите.

Правильный ответ: д

5. Чем отличается ТО от МТЗ?

- а) ТО обеспечивает селективность выбором тока срабатывания, а МТЗ временем срабатывания;
- б) Ничем;
- в) Стоимостью устройства;
- г) Качеством реле;
- д) Надежностью.

Правильный ответ: а

ПК*-9 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения

1. Какой коэффициент чувствительности токовой отсечки ЛЭП?

- а) 1.5;
- б) 1.7;
- в) 2.0;
- г) 3.0;
- д) 1.2.

Правильный ответ: в

2. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне основного действия?

- а) 1.5;
- б) 1.2;
- в) 2.0;
- г) 3.0;
- д) 1.1.

Правильный ответ: а

3. Какой коэффициент чувствительности МТЗ линии в зоне резервного действия?

- а) 1.2;
- б) 2.0;
- в) 1.8;
- г) 1.1;
- д) 1.5.

Правильный ответ: а

4. Какой минимальный коэффициент чувствительности должна иметь диф. защита трансформатора?

- а) 2.0;
- б) 1.2;
- в) 3.0;
- г) 1.0;
- д) 1.5.

Правильный ответ: б

5. На каких реле выполняется газовая защита основного бака силового трансформатора 25 МВА?

- а) РТЗ-80;
- б) ПГЗ;
- в) РГЧЗ; ВФ-80/Q;
- г) ПТЗ-23;
- д) РТЗ-50.

Правильный ответ: а

А.1 Вопросы для опроса:

1. Расчет установки устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А) системы электроснабжения согласно схемы
2. Релейная защита блока
3. Релейная защита и расчет токов короткого замыкания
4. Релейная защита систем электроснабжения
5. Выбор и расчет устройств релейной защиты
6. Релейная защита тяговой подстанции
7. Релейная защита промышленного предприятия

Блок В

В.1. Типовые задачи

ПК*-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности

Задача 1

Максимальный рабочий ток в линии $I_{\text{раб.мах}}$ 35А, а ток кратковременной перегрузки, продолжающейся 9 с, равен $I_{\text{пер}}$ 200А. Для защиты линии используется автоматический выключатель АЗ700 с полупроводниковым расцепителем. Выбрать номинальный ток $I_{\text{рц.ном}}$.

Решение.

Для полупроводникового расцепителя $I_{\text{рц.ном}}$ 1,1 $I_{\text{раб.мах}}$. В нашем случае $I_{\text{рц.ном}}$ 1,1 35 38,5 А.

Выбираем автоматический выключатель АЗ714Б с $I_{\text{рц.ном}}$ 40 А. Находим

кратность тока при перегрузке $I_{\text{рц}} / I_{\text{рц.ном}}$ 200 / 40 5.

Пользуясь рисунком 2.3, выбираем защитную характеристику расцепителя так, чтобы его время срабатывания при полученной кратности, равной 5, было бы не менее 9 с. Это защитная характеристика с уставкой, равной 8 с. Уставки, как известно, даются для тока $I_{\text{рц}}$ 6 $I_{\text{рц.ном}}$. Из характеристики следует (рис.

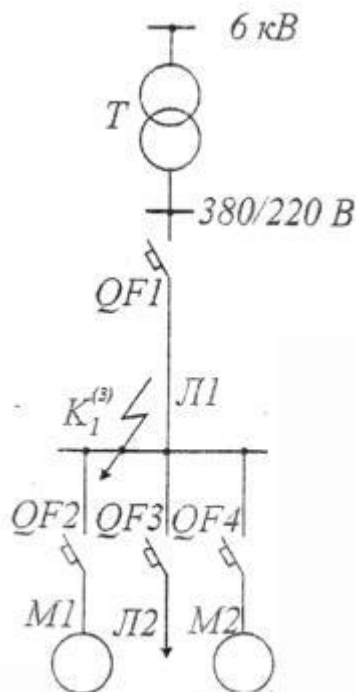
2.3), что при расчетной кратности, равной 5, расцепитель может сработать за время 15 с, т.е. при заданной продолжительности перегрузки расцепитель срабатывать не будет.

На рис. 2.9 показан один из участков электрической сети промышленного предприятия. В схеме используются автоматические выключатели $QF1...QF4$.

Определить номинальные токи их расцепителей, при которых обеспечивается длительная надежная работа в нормальном режиме и селективное действие при перегрузках и коротких замыканиях. При этом следует учесть погрешности расцепителей в величине тока мгновенного срабатывания. Данные для расчета указаны в табл.1.

Таблица 1

Номер электро-двигателя в схеме	Номинальный ток электро-двигателя, А	Кратность пускового тока	Максимальный рабочий ток линии $I_{\text{Л2}}$, А	Ток трехфазного КЗ в точке К (3), А1
1	19,7	5	23	830
2	24,6	5,5		



Решение.

Рассмотрим возможность установки в качестве автоматических выключателей $QF2$, $QF3$ и $QF4$ выключатели АЗ120 (табл. 2.).

1. Определяем номинальные токи расцепителей. Номинальный ток теплового расцепителя должен удовлетворять условию $I_{рц.ном} \geq I_{раб.мах}$ (для электродвигателя $I_{раб.мах} = I_{д.ном}$)

В связи с этим:

для выключателя $QF2$ двигателя $M1$

$I_{рц.ном} = 19,7$ А, выбираем $I_{рц.ном} = 20$ А;

для выключателя $QF3$ линии $Л2$

$I_{рц.ном} = 23$ А, выбираем $I_{рц.ном} = 25$ А;

для выключателя $QF4$ электродвигателя $M2$ $I_{рц.ном} = 24,6$ А, выбираем $I_{рц.ном} = 30$ А.

Рис. 2.9. К примеру 2.20. Участок электрической сети промышленного предприятия.

2. Проверяем несрабатывание расцепителей

выключателей $QF2$ и $QF4$ при пусках электродвигателей. Из защитной характе-

ристики (см. рис. 2.2, а) ток мгновенного срабатывания $I_{сI.з}$ расцепителя вы-

ключателя $QF2$ при $I_{рц.ном} = 20$ А с учетом погрешности $I_{сI.з} = 0,85 \cdot 430 = 366$ А. 15 %

Пусковой ток электродвигателя $M1$ не превышает $98,5$ А ($5 \cdot 19,7$). Из рис. 2.2, а следует, что автоматический выключатель сможет отключиться, если такой ток будет протекать более 4 с, но за это время произойдет самозапуск электродвигателя, его пусковой ток снизится, и отключение $QF2$ не произойдет.

Для автоматического выключателя $QF4$ электродвигателя $M2$ при $I_{рц.ном} = 30$ А из защитной характеристики ток $I_{сI.з}$ с учетом погрешности $I_{сI.з} = 0,85 \cdot 430 = 366$ А. Пусковой ток электродвигателя не превышает 135 А ($5 \cdot 24,6$). Как следует выключатель $QF4$ сможет

отключиться, если такой ток будет протекать более 10 с, но этого времени вполне достаточно для пуска электродвигателя, и отключение не произойдет. Таким образом, выбранные автоматические выключатели с принятыми номинальными токами их расцепителей удовлетворяют требованиям.

3. Произведем выбор автоматического выключателя $QF1$.

Максимальный рабочий ток линии $Л1$ $I_{р.н.маx} 19,7 23 24,6 67,3A$. Выбираем автоматический выключатель А3120 с $I_{р.н.}$ 100 А. Проверяем

невозможность отключения $QF1$ при пуске наиболее мощного электродвигателя $M2$. Ток перегрузки в этом случае $I_{пер} 19,7 23 135 177,7 A$, мгновенный же ток срабатывания (ток срабатывания отсечки) расцепителя с $I_{р.н.}$ 100 А с

учетом погрешности равен $680 A (0,85 800)$. Из рис. 2.2, а следует, что выключатель $QF1$ сможет отключиться, если этот ток перегрузки будет продолжаться более четырех минут. Это невозможно, так как время пуска электродвигателя значительно меньше.

4. Выбранные автоматические выключатели должны обеспечивать селективность при перегрузках и коротких замыканиях. Из защитных характеристик следует (см. рис. 2.2, а), что при перегрузках селективность соблюдается, так как защитная характеристика автоматического выключателя $QF1$ во всем диапазоне перегрузок располагается выше защитных характеристик выключателей $QF2, QF3, и QF4$.

Селективность должна выполняться при КЗ за любым из выключателей $QF2, QF3$ и $QF4$ непосредственно у места его установки. Практически это в точке $K1(3)$. Здесь по условиям задачи ток $I_{к(3).вн.маx} 830 A$. Однако, как следует из рис. 2.2, а, при этом токе может отключиться не только любой из выключателей $QF2, QF3, и QF4$, но и выключатель $QF1$. В самом деле, в худшем случае электромагнитные элементы комбинированных расцепителей выключателей $QF2, QF3, и QF4$ будут иметь положительную погрешность, а автоматического выключателя $QF1$ – отрицательную погрешность. При этом ток $I_{с1.з}$ у выключателя $QF1$ равен $680 A (0,85 800)$, а у выключателей $QF2, QF3, и QF4$ – $494,5 A (1,15 430)$. Ток же КЗ равен $830 A$.

Для обеспечения селективности, очевидно, необходимо выбрать автоматический выключатель $QF1$ с номинальным током расцепителя $I_{р.н.}$ 140 А типа А3130. В этом случае, как следует из рис. 2.2, а, ток срабатывания электромагнитного расцепителя с учетом погрешности -15% равен $850 A (0,85 1000)$, т.е. больше тока $I_{к(3).вн.маx}$. Однако при этом в конце линии $Л1$ имеется мертвая зона. Для устранения ее рассмотрим возможность в качестве автоматического выключателя $QF1$ использовать селективный автоматический выключатель типа ВА55-37 с номинальным током выключателя 160 А. У выключателя полупроводниковый расцепитель. Его ток срабатывания можно регулировать. В частности установить $I_{р.н.}$ 0,63 160 100 А.

Если выбрать защитную характеристику с временем срабатывания 4 с при $I_{р.н.}$ 160 А, то при токе кратковременной перегрузки равном $I_{пер} 177,7 A$ (около $1,8 I_{р.н.}$), расцепитель сможет отключить выключатель, если ток этот будет продолжаться более тридцати секунд. Этого вполне достаточно для пуска электродвигателя $M2$.

При выборе тока срабатывания $I_{сII.з1}$ необходимо обеспечить условие $I_{сII.з1} < I_{сI.з2}$. Из рис. 2.2, а следует, что ток срабатывания электромагнитных расцепителей выключателей $QF2, QF3, и QF4$ равен $I_{сI.з2} 430 A$. Коэффициент отстройки $k_{отсII}$ 1,5, получим $I_{сII.з1} 1,5 430 645 A$.

Находим кратность $I_{сII.з1} / I_{р.н.}$ $645 / 100 6,45$. Принимаем стандартную кратность, равную семи, тогда $I_{сII.з1} 700 A$.

В худшем случае с учетом отрицательной погрешности $I_{сII.з1} 0,8 700 560 A$, а у электромагнитных расцепителей выключателей $QF2, QF3, и QF4$ с учетом погрешности $I_{сI.з2} 494,5 A$. Таким образом, условие $I_{сII.з1} < I_{сI.з2}$ выполняется. Для достижения селективности необходимо дополнительно у селективного выключателя $QF1$ принять выдержку времени равную, например, $t_{сII.з} 0,3с$.

В условии дан ток трехфазного КЗ в конце защищаемой линии Л1

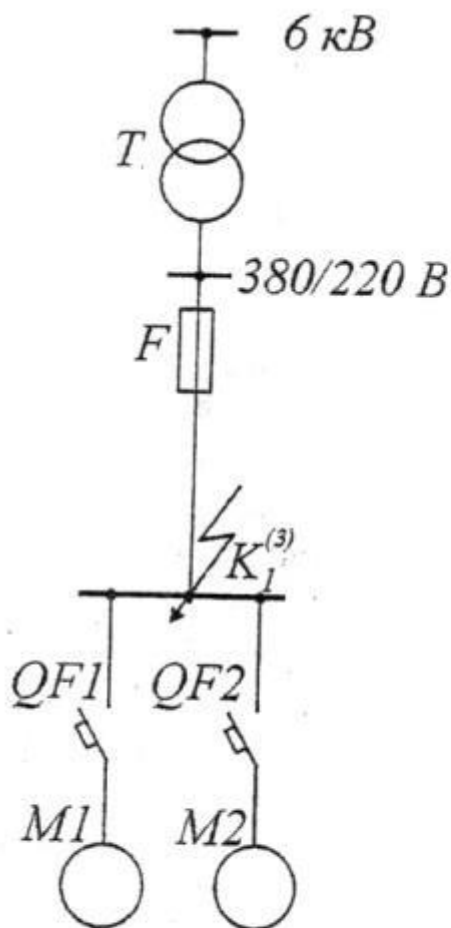
$I_{k(3).вн.мах}$ 830 А. При этом токе коэффициент чувствительности $k_{ч}$ $I_{k(3).вн.мах} / I_{сП.з} 1830/700$ 1,19. При однофазном КЗ он будет несколько меньше.

ПК*-2 Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности

Задача 1 На рисунке представлена схема электрической сети промышленного предприятия.

Электродвигатели защищаются автоматическими выключателями $QF1$ и $QF2$, а линия – предохранителями F типа ПН-2.

Выбрать тип выключателей, определить номинальные токи их расцепителей $I_{рц.ном}$ и номинальный ток плавкой вставки предохранителя $I_{вс.ном}$. В расчете учесть погрешность в токе срабатывания предохранителей 50 %, расцепителей выбранных выключателей и коэффициент перегрузки $k_{пер}$ 2,5; коэффициент отстройки принять равным $k_{отс}$ 1,2. Данные для расчета указаны в табл. 2.13.



Электро- двигатель	Номинальный ток, А	Пусковой ток, А
<i>M1</i>	75	450
<i>M2</i>	100	580

Решение

Для защиты электродвигателей применяют автоматические выключатели типов А3100

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя F выберем исходя из двух условий [1]. Для этого необходимо:

определить максимальный рабочий ток линии $I_{\text{раб.мах}} 75 100 175 \text{ А}$;

ток кратковременной перегрузки $I_{\text{пер}} 75 580 655 \text{ А}$. Номинальный ток плавкой вставки выбирается большим из двух значений:

$I_{\text{вс.ном}} 1,2 175 210 \text{ А}$;

$I_{\text{вс.ном}} 655 / 2,5 262 \text{ А}$.

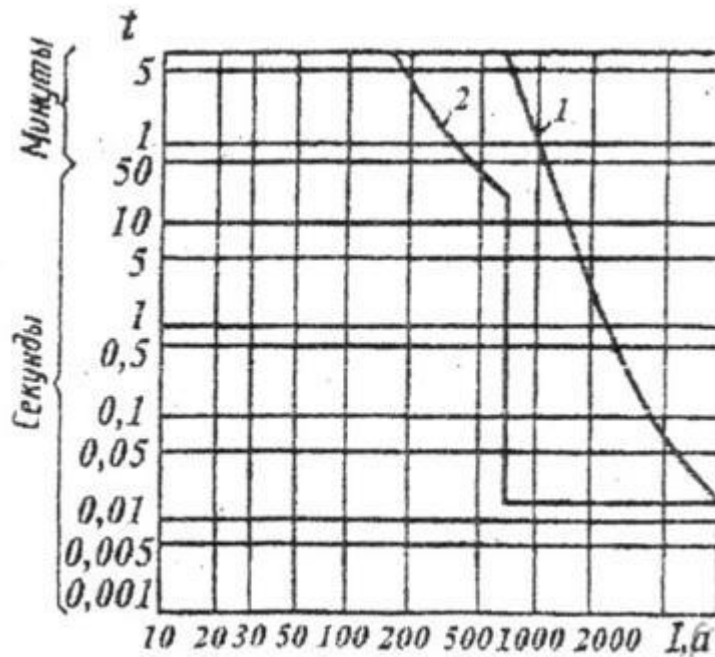
Выбираем плавкую вставку с номинальным током 315 А. При токе КЗ в точке К1(3), равном 1800 А, плавкая вставка перегорит за время 5 с (рис. 2.1, а). При этом должна быть обеспечена селективность между предохранителем и автоматическими выключателями. У указанных в табл. 2.14 автоматических выключателей электромагнитные расцепители имеют одинаковую погрешность в токе срабатывания 15%. В нашем случае необходимо учитывать положительную погрешность. При этом у электромагнитного расцепителя выключателя А3716Б $I_{\text{с.л.з}} 1,15 1600 1840 \text{ А}$. Поскольку $I_{\text{с.л.з}} I_{\text{к(3).вн.мах}}$, то при КЗ за выключателем у места его установки он не отключится, и спустя 5 с перегорит предохранитель, и селективность не обеспечивается. Поэтому этот автоматический выключатель в нашей задаче применить нельзя.

Селективность обеспечивается как при использовании выключателя ВА51Г31, так и выключателя А3120. Однако исходя из требования чувствительности, последний предпочтительнее. В худшем случае его ток $I_{\text{с.л.з}} 1,15 700 805 \text{ А}$ и коэффициент чувствительности $k_{\text{ч}} 1800 / 805 2,23$. Время срабатывания не более 0,02 с (см. рис. 2.2, а)

Электромагнитный расцепитель не должен срабатывать при пусках электродвигателя. Для этого необходимо иметь $I_{\text{с.л.з}} k_{\text{отс}} I_{\text{пск}}$. При заданном $k_{\text{отс}} 1,2$:

для электродвигателя М1 $I_{\text{с.л.з}} 1,2 450 540 \text{ А}$;

для электродвигателя М2 $I_{\text{с.л.з}} 1,2 580 696 \text{ А}$.



Совмещенные защитные характеристики предохранителя ПН-2 и автоматического выключателя А3100.

Селективность обеспечивается, поскольку у выбранного расцепителя $I_{с.з}$ 700 А. Из рис. 2.11, на котором совмещены защитные характеристики расцепителя автоматического выключателя $QF2$ с $I_{рц.ном}$ 100 А – 2 и плавкого предохранителя F с $I_{вс.ном}$ 315 А – 1, следует, что селективность обеспечивается как при перегрузках, так и при коротких замыканиях. Тем более селективность сохраняется между предохранителем и выключателем $QF1$ с номинальным током расцепителя 80 А.

ПК*-7 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию

Задача 1

Рассчитать токи КЗ в точках схемы, указанных на рисунке 1, при условии, что питание осуществляется от системы неограниченной мощности. Варианты исходных данных для расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Варианты исходных данных для расчета токов короткого замыкания

Вариант	Ст1	Ст2	Ст3	U1	U2	U3	U4	I1	I2	I3	Ссдн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	63	25	1,6	220	110	10	0,4	15	0,5	0,2	0,5
2	63	40	1	220	110	10	0,4	12	0,6	0,3	0,8
3	63	40	1	220	110	10	0,4	14	0,4	0,4	1
4	40	25	1,6	110	35	10	0,4	9	0,3	0,5	1,25
5	40	16	0,63	110	35	10	0,4	10	0,4	0,3	1,25
6	40	25	0,63	110	35	6	0,4	8	0,5	0,2	1
7	25	16	1,6	110	35	6	0,4	11	0,6	0,25	1
8	25	16	1	110	35	6	0,4	9	0,4	0,35	1
9	25	16	1	220	35	10	0,4	7	0,3	0,45	0,63
10	63	25	1	220	35	10	0,4	12	0,5	0,25	0,8
11	63	25	2,5	110	35	10	0,4	13	0,6	0,4	1,25
12	40	25	2,5	110	35	6	0,4	8	0,6	0,3	0,5
13	40	16	1,6	220	110	10	0,4	5	0,3	0,2	0,5
14	16	10	0,63	110	35	6	0,4	7	0,8	0,25	1,25
15	16	10	0,63	110	35	6	0,4	6	0,6	0,45	0,8
16	63	40	0,4	110	35	6	0,4	16	0,7	0,5	0,8
17	40	25	1,6	110	35	10	0,4	17	0,6	0,4	0,63
18	25	16	1	220	110	10	0,4	10	0,5	0,35	0,63
19	25	16	1	220	110	10	0,4	11	0,8	0,2	0,8
20	25	10	0,63	110	110	10	0,4	12	0,4	0,15	0,8
21	40	25	1,6	110	35	6	0,4	14	0,5	0,45	1
22	25	16	1	110	35	10	0,4	9	0,7	0,35	1
23	16	10	0,63	110	35	6	0,4	8	0,6	0,5	1
24	63	25	1,6	110	35	6	0,4	12	0,5	0,4	1,25
25	40	25	1,6	220	110	10	0,4	15	0,4	0,3	0,8
26	25	16	1	220	35	10	0,4	13	0,55	0,4	1
27	16	10	1	110	35	6	0,4	17	0,45	0,2	1
28	25	16	0,63	110	35	10	0,4	9	0,65	0,25	0,8
29	40	25	1	110	35	10	0,4	8	0,6	0,35	0,8
30	63	40	1,6	110	35	10	0,4	11	0,4	0,2	1

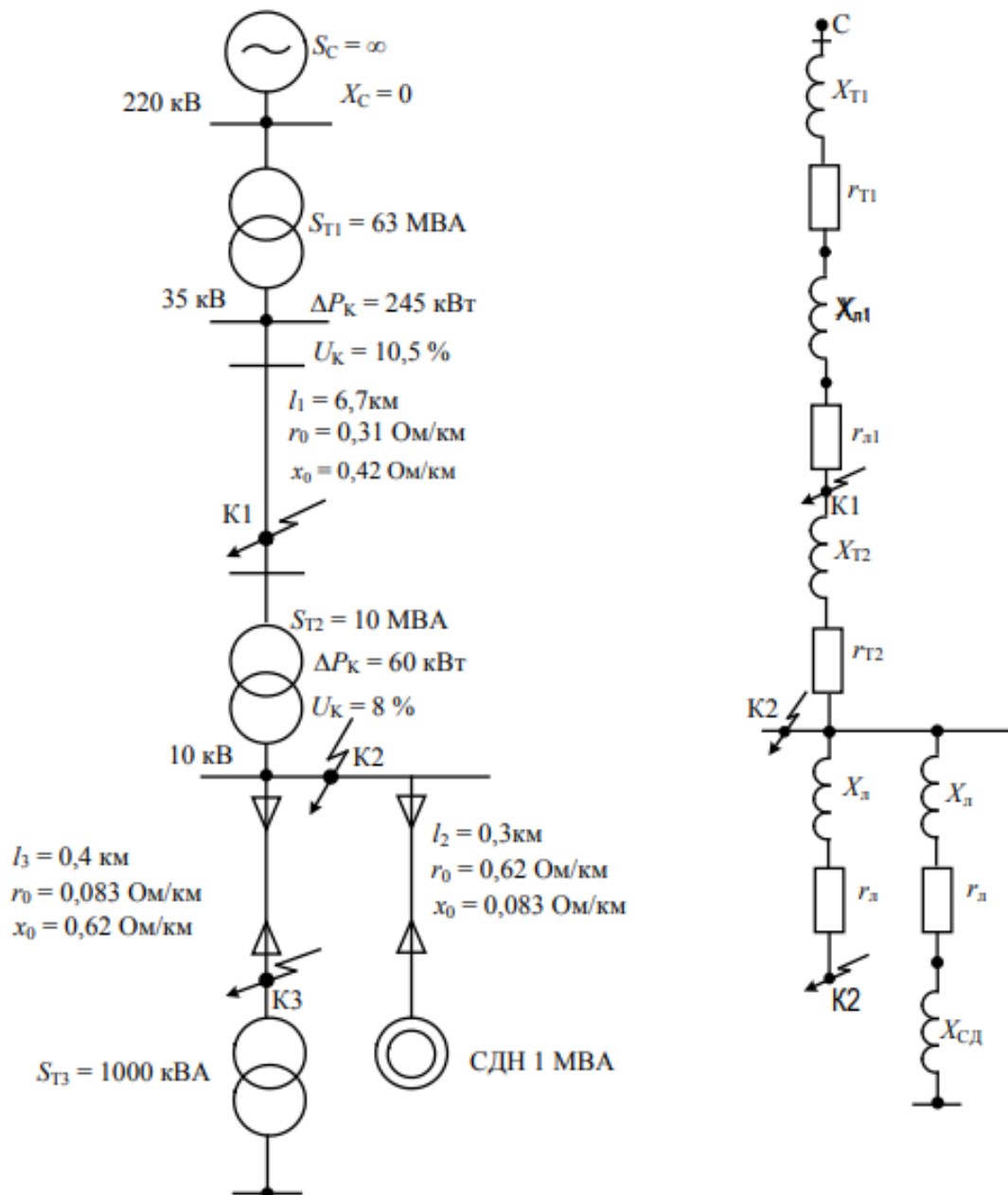


Рисунок 1 – Исходная схема (а) и схема замещения (б) к заданию 5.1

ПК*-9 Способен использовать современное программное обеспечение для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения

Задача 1

Для обеспечения энергетической потребности промышленного комплекса требуется строительство новой ТЭС. Промышленный комплекс развивается вокруг бурогоугольного карьера и комбинат. Необходимо выбрать оптимальный вариант строительства электростанции по показателю минимальных удельных (в расчёте на 1 кВт*час) годовых приведённых затрат. Исходные данные по строительству объектов энергоснабжения и выработке электроэнергии представлены в таблице 4. Каждый студент рассматривает два варианта строительства: согласно номера варианта и базовый согласно таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета по вариантам

Показатели	Условные обозначения	Ед. изм.	Базовый	Варианты																						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1. Установленная мощность ТЭС	$P_{у\text{ст}}$	МВт	600	900	2400	1200	1500	1800	1800	600	900	2400	1200	1500	1800	1800	600	900	2400	1200	1500	1800	900	600	1200	
2. Удельные капитальные вложения																										
а) в добычу угля	$K_{\text{д}}$	руб./т	1080	825	956	920	890	890	850	850	980	880	990	1120	870	880	990	1120	870	880	990	850	980	920	950	1050
б) в транспортировку угля	$K_{\text{т}}$	руб./т*км	2	1,6	1,2	1,1	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	1,6	1,8	1,9	1,8	1,6	1,5	2	1,6	1	1,2	1,1
в) в строительство ТЭС	$K_{\text{ТЭС}}$	Тыс. руб./МВт	10,5	9,6	6,8	8,2	8	7,8	7,8	10,5	9,5	6,9	8	7,8	7,2	9,2	10	9	7	8,5	8	7,5	9,5	10,2	9,1	
г) в строительство водовода	$K_{\text{св}}$	млн. руб./км	-	3,7	4	3,2	-	3,5	4,5	3	3,1	-	3,2	4,1	5,2	4,2	2,9	3,2	-	2,8	3,6	4,2	4,5	3,5		
д) в строительство ЛЭП	$K_{\text{лэп}}$	млн. руб./км	4,5	4,6	5	5,5	5,9	8	4,4	4,9	9,2	5,6	6,1	7,5	5,2	4,3	5,1	9,1	5,6	6,1	6,8	5,3	4,4	6		
3) Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии	$B_{\text{у}}$	г/кВт*ч	353	345	311	341	333	324	324	353	345	311	341	333	324	345	353	345	311	341	333	324	345	353	341	
4) Нормативная теплотворная способность условного топлива	$H_{\text{т}}$	ккал/кг.	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	
5) Фактическая теплотворная способность условного топлива	$\Phi_{\text{т}}$	ккал/кг	3500	4500	5000	3800	4000	4200	4600	4500	5000	3800	4000	4200	4600	4500	5000	3800	4000	4200	4600	4500	5000	3800	4000	
6) Себестоимость																										
а) добычи угля	$C_{\text{д}}$	руб./т.	160	150	120	140	130	125	150	140	130	110	100	160	150	120	140	130	110	125	150	140	130	110	100	
б) погрузки и разгрузки угля	$C_{\text{пг}}$	руб./т.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
в) транспортировки угля	$C_{\text{т}}$	руб./т.*км	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
г) производства	$C_{\text{гп}}$	руб/	0,5	0,45	0,42	0,25	0,4	0,38	0,35	0,45	0,42	0,25	0,4	0,38	0,35	0,45	0,42	0,25	0,42	0,35	0,42	0,4	0,35	0,42	0,45	

электроэнергии		кВт*ч																			
д) передачи электроэнергии	$C_{\text{деп}}$	руб/ кВт*ч	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		
7) Число часов использования максимума нагрузки	ЧЧИ ($T_{\text{н}}$)	ч	5000	5000	6000	7000	6500	6500	6500	6000	6000	6500	6500	6000	7000	6500	6500	6000	5000	6000	
8) Дальность перевозок угля	$L_{\text{пр}}$	км	140	20	180	60	90	150	80	60	70	90	60	60	70	90	60	75	95	70	80
9) Дальность передачи электроэнергии	$L_{\text{деп}}$	км	100	200	950	400	300	150	200	190	300	200	140	180	240	280	300	420	250	220	250
10) Расход электроэнергии на собственные нужды	$K_{\text{с.н}}$	%	7	7	6	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6
11) Потери электроэнергии при передаче и распределении	$K_{\text{п}}$	%	4	5	9	5	5	4	5	5	5	5	5	5	6	7	7	7	5	6	6
12) Нормативный коэффициент экологической эффективности	$E_{\text{н}}$	о.е.	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
13) Длина воловода	$L_{\text{в}}$	км	-	10	-	12	6	-	4	6	3	6	-	4	6	-	3,5	5	6,5	7	4

Блок С

С. 0 Примерные задания по выполнению контрольной работы

Вариант № 1

1. Какие требования предъявляются к контактам и обмоткам реле?
2. Объясните принцип работы индукционного реле с рамкой.

Задача №1. Определите величину магнитного потока в магнитопроводе реле, если сопротивление магнитного пути потока равно 15 Ом, а по катушке реле, содержащей 1200 витков протекает ток 0,6 А.

Задача №2. Коэффициент трансформации трансформатора тока для релейной защиты равен 20. Определите величину тока, протекающего по катушке реле, если сила тока в сети равна 100 А.

Задача №3. Определите величину тока срабатывания реле, если коэффициент возврата равен 0,896, а ток возврата реле равен 2,6 А.

Вариант № 2

1. Назовите три типа электромагнитных реле в зависимости от конструкции их элементов.

2. Объясните принцип работы индукционного реле с диском.

Задача №1. Определите число витков катушки реле, если при протекании по ней тока силой 0,6 А в сердечнике катушки создается магнитный поток, равный 48 Вб. Магнитное сопротивление магнитопровода реле 15 Ом.

Задача №2. Какой ток протекает в сети, если по катушке реле переменного тока, включенную через трансформатор тока с коэффициентом трансформации равным 20, протекает ток 5 А.

Задача №3. Напряжение в сети переменного тока равно 220 В, напряжение питания катушки реле переменного тока 11 В. Определите необходимый коэффициент трансформации измерительного трансформатора напряжения.

Вариант № 3

1. Начертите конструкцию реле с втягивающимся якорем и объясните рисунок.
2. Назовите и объясните основное условие для получения вращающего момента в индукционном реле.

Задача №1. Определите величину тока, протекающего по катушке реле с числом витков 1200, если катушкой создается магнитный поток, равный 48 Вб, а сопротивление магнитопровода реле равно 15 Ом.

Задача №2. Определите время задержки второго участка максимальной токовой защиты, если время выдержки первого участка 0,06 с, степень селективности равна 0,1 с, время запаса равно 0,2 с.

Задача №3 Коэффициент трансформации трансформатора напряжения для релейной защиты равен 20. Определите величину напряжения, подаваемого на катушку реле, если напряжение сети равно 220 В.

Вариант № 4

1. Начертите конструкцию реле с поворотным якорем и объясните рисунок.
 2. Каково назначение индукционных реле направления мощности.
- Задача №1. Определите коэффициент возврата реле, если значение тока возврата равно 2,6 А, значение тока срабатывания реле равно 2,9 А.
- Задача №2. Определите степень селективности максимальной токовой задержки, время задержки второго участка равно 0,36 с, время выдержки первого участка 0,06 с, время

запаса равно 0,2 с.

Задача №3. Какое напряжение должно быть в сети, если на катушку реле переменного тока, включенную через трансформатор напряжения с коэффициентом трансформации равным 20, подается 11 В.

С.1 Индивидуальные творческие задания

1. Расчет установки устройств релейной защиты и автоматики (РЗ и А) системы электроснабжения согласно схемы
2. Релейная защита блока
3. Релейная защита и расчет токов короткого замыкания
4. Релейная защита систем электроснабжения
5. Выбор и расчет устройств релейной защиты
6. Релейная защита тяговой подстанции
7. Релейная защита промышленного предприятия
8. Проектирование релейной защиты трансформатора
9. Разработка системы релейной защиты блока генератор-трансформатор электрической станции и анализ ее технического обслуживания
10. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения
11. Расчет короткого замыкания
12. Разработка систем релейной защиты и автоматики основных элементов АЭС
13. Проектирование релейной защиты и автоматики элементов системы электроснабжения
14. Выбор типов и расчет установок релейных защит сетевого района
15. Расчет электрической подстанции
16. Расчет защиты линий 6 и 10 кВ
17. Выбор трансформаторов тока в цепях учёта

Блок D

Вопросы к экзамену

1. Основные виды автоматических устройств в электроэнергетической системе и их назначение.
2. Функции и свойства устройств релейной защиты. Первичные измерительные преобразователи.
3. Единая энергетическая система ЕЭС России. Принципы построения автоматизированной системы управления ЕЭС. Основные виды автоматических устройств в ЭЭС и их назначение.
4. Технический, экономический и экологический эффект внедрения автоматических устройств.
5. РЗ как один из видов противоаварийной автоматики.
6. Структура устройств защиты и ее основные функциональные элементы, их реализация на различных элементных базах.
7. Функции и свойства РЗ, общие принципы действия защиты с абсолютной и относительной селективностью, основные и резервные защиты, ближнее и дальнее резервирование.
8. Основные виды повреждений и ненормальных режимов работы в сетях с изолированной и заземленной нейтралью.
9. Требования, предъявляемые к РЗ линий электропередач.

10. Первичные измерительные преобразователи (трансформаторы тока и напряжения) в устройствах РЗ.
11. Источники оперативного тока. Токовые защиты в сетях с односторонним питанием
Структурная схема токовой защиты.
12. Токовые ступенчатые защиты: выбор параметров срабатывания, оценка защитоспособности и чувствительности защит, включенных на полные фазные токи.
13. Способы выполнения и включения измерительных реле тока. Условное графическое обозначение в схемах РЗ в соответствии с ГОСТ.
14. Оценка токовых защит и область их применения.
15. Защиты линий с двухсторонним питанием.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оценивание выполнения тестов

4-балльная шкала	Показатели	Критерии
Отлично	1. Полнота выполнения тестовых заданий;	Выполнено более 95 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос
Хорошо	2. Своевременность выполнения;	
Удовлетворительно	3. Правильность ответов на вопросы;	Выполнено от 75 до 95 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос; однако были допущены неточности в определении понятий, терминов и др.
	4. Самостоятельность тестирования.	
Неудовлетворительно		Выполнено от 50 до 75 % заданий предложенного теста, в заданиях открытого типа дан неполный ответ на поставленный вопрос, в ответе не присутствуют доказательные примеры, текст со стилистическими и орфографическими ошибками.
		Выполнено менее 50 % заданий предложенного теста, на поставленные вопросы ответ отсутствует или неполный, допущены существенные ошибки в теоретическом материале (терминах, понятиях).

Оценивание устного ответа на практическом занятии

4-балльная шкала	Показатели	Критерии
Отлично	1. Полнота изложения теоретического материала;	Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок.
	2. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий);	
	3. Самостоятельность ответа;	
	4. Культура речи;	
	5. Степень осознанности, понимания изученного	
	6. Глубина / полнота рассмотрения темы;	
	7. соответствие выступления	

Хорошо	теме, поставленным целям и задачам	<p>Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.</p>
Удовлетворительно		<p>Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.</p>
Неудовлетворительно		<p>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>

Оценивание выполнения практической задачи

4-балльная шкала	Показатели	Критерии
Отлично	1. Полнота выполнения; 2. Своевременность выполнения; 3. Последовательность и рациональность выполнения; 4. Самостоятельность	Задание решено самостоятельно. Студент учел все условия задачи, правильно определил статьи нормативно-правовых актов, полно и обоснованно решил правовую ситуацию
Хорошо	5. способность анализировать и обобщать информацию. 6. Способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; 7. Установление причинно-следственных связей, выявление закономерности;	Студент учел все условия задачи, правильно определил большинство статей нормативно-правовых актов, правильно решил правовую ситуацию, но не сумел дать полного и обоснованного ответа
Удовлетворительно		Задание решено с подсказками преподавателя. Студент учел не все условия задачи, правильно определил некоторые статьи нормативно-правовых актов, правильно решил правовую ситуацию, но не сумел дать полного и обоснованного ответа
Неудовлетворительно		Задание не решено.

Оценивание ответа на зачете/экзамене

Бинарная шкала	Показатели	Критерии
Зачтено	1. Полнота изложения теоретического материала; 2. Полнота и правильность решения практического задания; 3. Правильность и/или аргументированность изложения (последовательность действий); 4. Самостоятельность ответа; 5. Культура речи.	1 Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок. 1 Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных

Бинарная шкала	Показатели	Критерии
		<p>учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.</p> <p>2 Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.</p>
Не зачтено		<p>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>

Раздел 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Основными этапами формирования компетенций по дисциплине при изучении студентами дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов.

При оценивании результатов обучения: знания, умения, навыки и/или опыта деятельности (владения) в процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего, рубежного и итогового контроля (промежуточной аттестации).

Таблица - Формы оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Практические задания и задачи	<p>Различают задачи и задания:</p> <p>а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины;</p> <p>б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей;</p> <p>в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.</p> <p>Рекомендуется для оценки знаний умений и владений студентов.</p> <p>Форма предоставления ответа студента: письменная или работа в системе электронного обучения Moodle.</p>	Комплект задач и заданий
2	Тест	<p>Система стандартизированных простых и комплексных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний, умений и владений обучающегося.</p> <p>Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.</p> <p>Используется веб-приложение «Универсальная система тестирования БГТИ». На тестирование отводится 60 минут. Каждый вариант тестовых заданий включает 20 вопросов. За каждый</p>	Фонд тестовых заданий

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
		<p>правильный ответ на вопрос дается 1 балл. Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он набрал 50 % правильных ответов. Оценка «не зачтено» ставится, если студент набрал менее 50 % правильных ответов.</p>	
3	Экзамен	<p>Средство, позволяющее оценить знания, умения и владения обучающегося по учебной дисциплине. Рекомендуется для оценки знаний, умений и владений студентов.</p> <p>Работы студента может быть принято решение о признании студента освоившим отдельную часть или весь объем учебного предмета по итогам семестра и проставлении в зачетную книжку студента –«зачтено». Студент, не выполнивший минимальный объем учебной работы по дисциплине, не допускается к сдаче зачета.</p> <p>Зачет сдается в устной форме или в форме тестирования.</p>	Комплект билетов.