



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
С.И. Лукьянов  
«26» сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт	энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	электроснабжения промышленных предприятий
Курс	4
Семестр	7


Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий «05» сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / Г.П. Корнилов/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена: Патшиным Н.Т. – доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, канд. техн. наук, доцент

 / Н.Т. Патшин/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук

 / Н.А. Николаев/  
(подпись) (И.О. Фамилия)





## **1 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является формирование у студентов профессиональных знаний в области теории и практики устройств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем (РЗА), а также их моделирования и проектирования систем релейной защиты с использованием специального программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- использовать в лекционном материале и материале практических занятий сведения о новейших разработках в области микропроцессорных средств защиты;
- организовать проведение лабораторного практикума, посвященного изучению схем и принципов действия основных видов релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения;
- в целях получения и закрепления навыков проектирования устройств релейной защиты и автоматики организовать выполнение курсовой работы;
- на практических занятиях и при курсовом проектировании применять специализированные программные продукты для расчета параметров нормального установившегося режима, сверхпереходного режима короткого замыкания и переходных процессов для оценки работы устройств релейной защиты с выбранными уставками, а также специализированные чертежно-графические приложения, для выполнения электрических схем;
- для закрепления и углубления навыков обучающихся по использованию пакетов MS Office расчеты уставок устройств релейной защиты предлагается выполнить с использованием программного пакета MS Excel;
- для формирования навыков групповой работы при проведении лабораторных работ планируется взаимодействие участников групп, выполняющих одну работу, посредством интерактивной доски Miro. Этот инструмент также предполагается использовать для обсуждения хода курсовой работы при дистанционном взаимодействии со студентами.
- организация консультаций с преподавателем предполагается с использованием видеоконференцсвязи (Zoom, BigBlueButton), а обмен информацией посредством облачного хранилища данных Google Drive.

## **2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра**

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» относится к дисциплинам вариативной части 1 блока образовательной программы.

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин:

«Теоретические основы электротехники»: основные положения и законы теории электрических и электронных цепей, магнитных цепей, электромагнитного поля;

«Электрические машины»: принципы действия, устройство и свойства различного вида электрических машин, их конструктивное исполнение, электромагнитные процессы и явления в электрических машинах;

«Электрические станции и подстанции»: технологический процесс производства электроэнергии на электростанциях различных типов; назначение и принцип действия основного и вспомогательного электрооборудования электрических станций и подстанций; схемы электрических соединений электрических станций и подстанций; собственные нужды и оперативный ток на электрических станциях и подстанциях;

«Электроэнергетические системы и сети»: типы конфигураций электрических сетей, характеристики оборудования линий и подстанций, методы достижения заданного уровня надежности электроснабжения, основные источники питания, основное электрооборудование, режимы работы схем распределительных электросетей до и выше 1 кВ; требования к надежности;

«Переходные процессы в электроэнергетических системах»: физическая сущность переходных процессов; причины и последствия переходных процессов; методы количественной оценки переходных процессов;

«Собственные нужды и вторичные коммутации электрических станций и подстанций»: оборудование распределительных устройств, измерительные трансформаторы тока и напряжения, схемы вторичной коммутации, схемы управления высоковольтными выключателями.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы на государственном экзамене и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виды экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области защиты электроустановок</li> <li>– назначение экспериментальных исследований в подготовке к выполнению расчетных работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– содержание экспериментальных исследований в подготовке к выполнению расчетных работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выделять необходимые результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– использовать результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– аргументировано обосновывать результаты экспериментальных исследований при подготовке к выполнению работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками обобщения результатов экспериментальных исследований в подготовке к выполнению работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– способами оценивания значимости и практической пригодности результатов экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– методиками выполнения экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>
<b>Способность обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)</b>	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение и цель выполнения экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– методики обработки результатов экспериментов в области релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обрабатывать результаты экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– оценивать результаты экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками форм представления полученных экспериментальных результатов измерения параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– методиками оценки экспериментальных результатов измерения параметров устройств и элементов РЗА</li> <li>– навыками создания организации групповой работы и создания презентации по ее результатам посредством цифровых инструментов.</li> </ul>
<b>Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение различных видов устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– нормативные требования к элементам и видам устройств релейной защиты различных элементов систем электроснабжения</li> <li>– условия оценки параметров проектируемых устройств релейной защиты и автоматизации электроустановок</li> <li>– методы расчета параметров устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических объектов</li> <li>– принципы построения схем релейной защиты и автоматики</li> <li>– программные средства, для построения электрических схем релейной защиты</li> <li>– функционал программного пакета MS Excel необходимый для расчета уставок устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– исходные данные, необходимые для моделирования в специализированном ПО нормального установившегося, сверхпереходного режима короткого замыкания и переходного процесса при КЗ на шинах понизительной подстанции</li> <li>– структуру цифровой подстанции и используемое на ней оборудование.</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аргументировано формулировать требования к устройствам релейной защиты и автоматики различных электроустановок</li> <li>– выделять требуемый объем необходимых устройств релейной защиты и автоматики различных электроустановок</li> <li>– оценивать эффективность различных видов устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– читать принципиальные схемы устройств РЗА</li> <li>– использовать специализированные чертежно-графические пакеты для выполнения схемы релейной защиты</li> <li>– моделировать формулировать условия расчета уставок устройств релейной защиты и автоматики с использованием функций пакета MS Excel</li> <li>– создавать цифровую модель понизительной подстанции в специализированном программном обеспечении, позволяющую рассчитать нормальный режим, а также режим короткого замыкания (в т.ч. минимальный)</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками оценки эффективности применения различных устройств РЗА</li> <li>– практическими навыками определения необходимого объема и видов устройств РЗА</li> <li>– навыкам чтения принципиальных электрических схем</li> <li>– методами повышения эффективности применения устройств РЗА</li> <li>– навыками выполнения схем релейной защиты с использованием специализированных чертежно-графических пакетов</li> <li>– рассчитывать уставки устройств релейной защиты и автоматики с использованием функций пакета MS Excel</li> <li>– навыками моделирования понизительных подстанций в специализированном программном обеспечении и навыками расчета нормальных и аварийных режимов.</li> </ul>
<b>Способность проводить обоснование проектных решений (ПК-4)</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виды повреждений и ненормальных режимов работы в электроэнергетических системах</li> <li>– методы обнаружения возникновения повреждений и ненормальных режимов работы электроэнергетических систем</li> <li>– принципы действия отдельных элементов устройств РЗА</li> <li>– принципы действия и необходимые условия для работы различных устройств РЗА</li> <li>– возможности специализированного ПО по моделированию устройств релейной защиты</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аргументировать проектные решения при выборе устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– объяснить принятые схемные решения при выполнении проектных задач в РЗА</li> <li>– моделировать устройства релейной защиты в</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	специализированном ПО
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– методиками и практическими навыками выполнения проектных задач в области РЗиА</li> <li>– навыками понимания действия устройств РЗиА</li> <li>– способами совершенствования профессиональных знаний в области РЗиА путём использования современной информационной среды</li> <li>– навыками оценки селективности и быстродействия релейной защиты с использованием специализированного ПО на основе результатов расчета переходного режима с учетом действия релейной защиты.</li> </ul>



#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 77.1 акад. часов:
  - аудиторная – 72 акад. часа;
  - внеаудиторная – 5.1 акад. часа
- самостоятельная работа – 67.2 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<b>1. Тема 1. Введение</b>	7							
1.1. Задачи дисциплины. Краткая история развития релейной защиты и автоматики. Цифровизация в релейной защите.	7	0.5				Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-3 з ПК-4 зу
1.2. Повреждения и ненормальные режимы работы систем электроснабжения. Виды повреждений в сетях с заземленной и изолированной нейтралью. Электрические величины, на которые реагируют устройства релейной защиты. Характер их изменения в нормальных режимах и при коротких замыканиях.	7	2			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Подготовка к лабораторно-практическим занятиям.	Устный опрос (собеседование)	ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1.3. Основные требования к релейной защите. Селективность, защиты с относительной и абсолютной селективностью. Чувствительность. Быстродействие. Надежность. Резервирование защит в сетях. Структура устройств релейной защиты.	7	0.5						ПК-3 зув ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 1</b>	7	<b>3</b>			<b>1</b>			
<b>2. Элементы устройств релейной защиты и автоматики</b>								
2.1. Измерительные преобразователи тока. Измерительные трансформаторы тока в схемах релейной защиты. Погрешности трансформаторов тока. Кривые предельной кратности. Выбор трансформаторов тока для устройств релейной защиты. Типовые схемы соединения трансформаторов тока и реле.	7	2		2	1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
2.2. Измерительные трансформаторы напряжения. Измерительные трансформаторы напряжения в схемах релейной защиты. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения и реле.	7	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
2.3. Фильтры симметричных составляющих. Назначение, схемы фильтров токов и напряжений обратной последовательности.	7	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
2.4. Реле. Релейная характеристика. Виды, классификация реле. Параметры реле.	7		2/И2		1	Подготовка к лабораторно-	Защита лабораторной	ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						практическим занятиям.	работы	
2.5. Микропроцессоры в РЗА. Микропроцессоры в релейной защите и автоматике систем электроснабжения. Требования к микропроцессорным системам. Структура микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики. Основные элементы. Преимущества и недостатки устройств РЗА на микропроцессорных системах.	7	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3 зув ПК-4 зув
2.6. Оперативный ток. Источники оперативного тока. Назначение оперативного тока. Виды оперативного тока. Источники оперативного тока.	7	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3 зув ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2/И2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>			
<b>3. Релейная защита ЛЭП в сетях выше 1 кВ.</b>								
3.1. Токовые защиты. Максимальная токовая защита. Принцип действия. Выбор параметров и оценка чувствительности. Токовая отсечка, принцип действия. Ступенчатые токовые защиты. Расчет уставок токовой отсечки кабельной линии 6(10) кВ с использованием программного пакета MS Excel.	7	3	2/И2	3/И2	1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям. Оформление отчета по выполнению лабораторной	Защита лабораторной работы Выполнение практического задания (раздел курсовой работы)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						работы с использованием интерактивной доски Migo.		
3.2. Направленные токовые защиты. Назначение, основные органы, принцип действия, выбор параметров срабатывания. Индукционное реле направления мощности, векторная диаграмма, схема включения. Мертвая зона направленных защит. Схемы, оценка и область применения направленных максимальных токовых защит.	7	3	2	1	1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям.	Защита лабораторной работы.	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
3.3. Защиты от замыканий на землю в сетях с заземленной нейтралью. Назначение, основные органы, принцип действия. Выбор параметров срабатывания. Преимущества и недостатки земляных защит. Направленная максимальная токовая защита нулевой последовательности. Особенности мощности нулевой последовательности. Схемы защит. Оценка, область применения максимальных токовых защит нулевой последовательности.	7	1		1	1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-3 зув
3.4. Защиты от замыканий на землю в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Неселективная сигнализация при замыканиях на землю. Принципы выполнения селективных защит от замыканий на землю. Защиты нулевой последовательности, реагирующие на естественный емкостный ток. Трансформаторы тока	7	2			1	Подготовка к аудиторной контрольной работе №1	Устный опрос (собеседование)	ПК-3 зув ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
нулевой последовательности. Принципы выполнения селективных защит в сетях с компенсированной нейтралью. Выбор параметров срабатывания. Сравнительная оценка защит, область применения.								
3.5. Дифференциальные защиты. Продольная дифференциальная защита. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Ток небаланса. Способы повышения чувствительности и надежности защиты (БНТ, реле с торможением). Схема защиты с проводным каналом связи (ДЗЛ) и особенности ее выполнения. Оценка и область применения защит.	7	4	2	2	1	Подготовка к лабораторным занятиям. Оформление отчета по выполнению лабораторной работы с использованием интерактивной доски Miro.	Защита лабораторной работы	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
3.6. Поперечные дифференциальные защиты. Принцип действия. Направленная поперечная дифференциальная защита параллельных линий. Ток небаланса. Выбор параметров срабатывания. Мертвая зона поперечных дифференциальных защит. Оценка, схемы и область применения.	7			1	1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Аудиторная контрольная работа №1	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
3.7. Дистанционная защита. Принцип действия. Основные органы. Функциональная схема защиты. Характеристики реле сопротивления. Выбор параметров срабатывания. Оценка и область применения	7	2	2/И2		1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям.	Защита лабораторной работы Выполнение	ПК-2 зув ПК-3 зув ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
дистанционных защит.						Оформление отчета по выполнению лабораторной работы с использованием интерактивной доски MiGo.	практического задания (раздел курсовой работы)	
<b>Итого по разделу 3.</b>	7	<b>17</b>	<b>8/И8</b>	<b>8/И2</b>	<b>7</b>			
<b>4. Релейная защита и автоматика электрооборудования станций, подстанций и потребителей электроэнергии</b>	7							
4.1. Защита силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Виды повреждений и ненормальных режимов работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Токовые защиты. Газовая защита. Дифференциальная защита трансформаторов. Ток небаланса. Составляющие тока небаланса. Выравнивание токов по величине и по фазе. Методы отстройки тока срабатывания защит от апериодических токов намагничивания и короткого замыкания. Схемы дифференциальной защиты трансформатора (дифференциальная токовая отсечка,	7	2	4/И4	2	1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям. Оформление отчета по выполнению лабораторной работы с использованием интерактивной	Защита лабораторной работы Выполнение практического задания (раздел курсовой работы)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
защита с реле типа РНТ, защита с реле типа ДЗТ). Выбор тока срабатывания. Оценка, область применения. Расчет уставок защит трансформатора с использованием программного пакета MS Excel.						доски Miго.		
4.2. Устройства защиты синхронных генераторов. Повреждения и ненормальные режимы работы синхронных генераторов, устройства защиты и автоматики	7	2			1	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
4.3. Повреждения и защиты высоковольтных двигателей. Особенности защиты синхронных двигателей. Расчет уставок защит высоковольтных двигателей с использованием программного пакета MS Excel.	7	1		1	1	Подготовка к аудиторной контрольной работе №2	Аудиторная контрольная работа №2 Выполнение практического задания (раздел курсовой работы)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 4</b>	7	<b>5</b>	<b>4/И4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			
<b>5 Защита электроустановок низкого напряжения.</b>	7							
5.1. Защита электроустановок низкого напряжения предохранителями. Защитные характеристики предохранителей. Согласование характеристик .Выбор предохранителей	7	1		1	0,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы.	Устный опрос (собеседование)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
5.2. Защита электроустановок низкого напряжения автоматическими выключателями. Механизм свободного расцепления. Расцепители. Защитные характеристики автоматических воздушных выключателей.	7	1		1	0,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-1 зув ПК-3 зув ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 5</b>	7	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>1</b>			
<b>6. Автоматика электроэнергетических систем</b>	7							
6.1. Автоматическое повторное включение (АПВ). Назначение АПВ. Виды АПВ. Ускорение действия релейной защиты при АПВ.	7	1	2		1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям. Оформление отчета по выполнению лабораторной работы с использованием интерактивной доски Miro.	Защита лабораторной работы	ПК-4 зув
6.2. Автоматическое включение резервного питания (АВР). Назначение АВР. Требования к схемам АВР. Пусковые органы.	7	1	2/И2		1	Подготовка к лабораторно-практическим занятиям. Оформление	Защита лабораторной работы	ПК-4 зув



Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						отчета по выполнению лабораторной работы с использованием интерактивной доски Migo.		
6.3. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Причины изменения частоты переменного тока. Баланс генерации активной мощности и её потребления. Недопустимость работы энергосистем с пониженной частотой. Регулирующий эффект нагрузки. Назначение АЧР. Категории АЧР. Автоматическое повторное включение после АЧР (ЧАПВ).	7	1			0,5	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы	Устный опрос (собеседование)	ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 6</b>	7	<b>3</b>	<b>4/И2</b>		<b>2,5</b>			
<b>7. Применение специализированного программного обеспечения для расчетов режимов и выбора уставок РЗА</b>	7							
7.1 Программное обеспечение, используемое для моделирования режимов электроустановок и работы устройств релейной защиты.	7	1			0,5	Самостоятельное изучение литературы (интернет-источники)	Устный опрос	ПК-4 з
7.2 Расчет параметров режимов (установившийся,	7	0,5		1	1	Моделирование	Выполнение	ПК-4 зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
сверхпереходный режим КЗ, переходные процессы) в специализированном ПО. Особенности моделирования минимального режима.						понижительной подстанции в в специализированном ПО	практического задания (раздел курсовой работы)	
7.3 Моделирование релейной защиты в специализированном ПО	7	0,5		2	1	Анализ работы РЗ понижительной подстанции в специализированном ПО	Выполнение практического задания (раздел курсовой работы)	ПК-4 зув
<b>Итого по разделу 7</b>	<b>7</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>2,5</b>			
<b>8. Выполнение курсовой работы</b>	<b>7</b>				<b>44.2</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>7</b>	<b>36</b>	<b>18/ И14</b>	<b>18/ И2</b>	<b>67.2</b>			

## **5 Образовательные и информационные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Лекции проходят в форме обзорных лекций. Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ и практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных и практических занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением, работа в команде и обучение на основе опыта, что позволяет активизировать познавательную деятельность студентов за счет ассоциации их собственного опыта с предметом изучения. Итоги результатов лабораторных работ и практических занятий проходят обсуждение в форме учебной дискуссии.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах МГТУ, где проводится коллективное, групповое (бригадное) и индивидуальное решение задач, соответствующих тематике изучаемых теоретических разделов дисциплины, а также выполняются письменные контрольные работы (АКР) по вариантам. Для выполнений расчетов в рамках разделов курсовой работы используется программный пакет MS Excel и ПВК КАТРАН.

Лабораторные работы по дисциплине проводятся в лаборатории электроснабжения и релейной защиты и лаборатории моделирования электроэнергетических систем кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

Лаборатория электроснабжения и релейной защиты кафедры оборудована стендами, разработанными сотрудниками кафедры, обеспечивающими возможность студентам самостоятельной сборки устройств релейной защиты и автоматики, моделирование и анализ поведения устройств релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения при различных видах повреждениях. Использование при оформлении отчета по лабораторной работе интерактивной доски Migo развивает навыки командной работы и цифровые компетенции обучающихся.

Лаборатория моделирования электроэнергетических систем оснащена лабораторным комплексом «Релейная защита и автоматика в СЭС» для моделирования устройств релейной защиты и автоматики на свободно - программируемых контроллерах.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки рефератов, оформления результатов выполненных лабораторных работ, при решении задач на практических занятиях и в процессе подготовки к итоговой аттестации.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: устные опросы (собеседования), практические занятия, защита лабораторных работ и защита выполненной курсовой работы.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

По дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

Ниже приводится примерный перечень контрольных вопросов по изучаемым темам и тематика вопросов к аудиторным контрольным работам.

### **6.1. Перечень контрольных вопросов по изучаемым темам.**

#### Тема 1. Введение.

1. Какова роль и назначение устройств РЗА в системах электроснабжения?
2. Что представляет собой цифровая подстанция?
3. В чем преимущества цифровой подстанции перед традиционной?
4. Какой протокол используется для передачи информации в цифровом виде на подстанциях?
5. Что стандартизирует МЭК 61850?

6. Какие устройства используются для оцифровки и передачи сигналов на цифровых подстанциях?
7. Охарактеризуйте варианты построения цифровой подстанции.
8. Виды возможных повреждений в сетях с заземленной нейтралью и характер изменения электрических величин.
9. В чем сущность основных положений метода симметричных составляющих?
10. В чем заключаются особенности повреждений в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью?
11. Что понимается под защитой с относительной селективностью?
12. Какие защиты относятся к защита с абсолютной селективностью?
13. Какие защиты относятся к категории быстродействующих защит?
14. Что может служить основанием необходимости применения быстродействующей защиты?
15. Что понимается под дальним резервированием?
16. Какие защиты могут обеспечивать дальнейшее резервирование?
17. Что понимается под ближним резервированием?

### Тема 2. Элементы устройств релейной защиты и автоматики

1. Каково назначение трансформаторов тока?
2. Физический смысл погрешности трансформаторов тока.
3. В чем отличие предельной номинальной кратности  $K_{10ном}$  от предельной кратности  $K_{10}$ ?
4. Что понимается под кривыми предельной кратности?
5. В чем заключаются особенности выбора трансформаторов тока для устройств РЗА?
6. Как выглядит схема трансформаторного фильтра токов нулевой последовательности?
7. Какие типовые схемы соединений трансформаторов тока и обмоток реле Вы знаете?
8. Каково назначение трансформаторов напряжения?
9. Физический смысл погрешности трансформаторов напряжения.
10. Каково назначение схемы соединения обмоток трансформатора напряжения в разомкнутый треугольник?
11. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения.
12. Классификация реле.
13. Каково назначение промежуточных реле?
14. Каково назначение указательных реле?
15. Основные характеристики электромеханических реле (ток срабатывания, ток возврата, время действия).
16. Каков диапазон возможных значений коэффициента возврата для минимальных реле?
17. В чем преимущества полупроводниковых реле и их недостатки?
18. В чем преимущества микропроцессорных устройств релейной защиты?

### Тема 3. Релейная защита линий электропередач в сетях напряжением выше 1 кВ.

1. Поясните принцип действия токовых защит.
2. Максимальная токовая защита (МТЗ), основные органы, выбор параметров срабатывания.
3. Что такое коэффициент самозапуска, что он учитывает?
4. Схемы МТЗ, их оценка, область применения.
5. Почему в сетях с изолированной нейтралью используется двухфазная схема включения токовых реле МТЗ?
6. Как оценивается чувствительность максимальной токовой защиты?
7. Как можно повысить чувствительность максимальной токовой защиты?

8. МТЗ с блокировкой по напряжению.
9. Токовая отсечка, выбор параметров срабатывания.
10. Почему в выражении для определения тока срабатывания токовой отсечки в отличие от МТЗ отсутствует коэффициент возврата?
11. В каких случаях используется токовая отсечка с выдержкой времени?
12. В каких случаях допускается неселективное действие токовой отсечки?
13. Трехступенчатая токовая защита, выбор параметров срабатывания.
14. Направленная МТЗ, назначение, выбор параметров срабатывания.
15. Почему направленная МТЗ имеет «мертвую зону» недействия?
16. Реле направления мощности, векторная диаграмма, схема включения.
17. Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сетях с заземленной нейтралью. Назначение, принцип действия, выбор параметров срабатывания, схема защиты.
18. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.
19. Как выполняется неселективная сигнализация замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью?
20. В чем особенности выполнения защит от замыкания на землю в сетях с компенсированной нейтралью?
21. Продольная дифференциальная защита, принцип действия, выбор параметров срабатывания.
22. Что предпринимается для сокращения количества соединительных проводов в дифференциальной защите линий?
23. От чего зависит ток небаланса в дифференциальной защите линий?
24. Как определить максимальный ток небаланса в продольной дифзащите линий?
25. Для чего применяются дифференциальные реле с быстросыщающимся трансформатором тока?
26. Поясните принцип действия дифференциальных реле с торможением.
27. Как выполняется контроль исправности соединительных проводов в дифференциальной защите линий ДЗЛ-2?
28. Какова область применения продольных дифференциальных защит линий?
29. Поперечная дифференциальная защита, принцип действия, выбор параметров срабатывания.
30. Почему поперечная дифференциальная защита имеет «мертвую зону» недействия?
31. Дистанционная защита, принцип действия, функциональная схема, основные органы.
32. Почему протяженность первой зоны дистанционной защиты не превышает  $0,8 \dots 0,85$  длины защищаемой линии?
33. Выбор параметров срабатывания дистанционных органов, характеристики реле сопротивления.

#### Тема 4. Релейная защита и автоматика электрооборудования станций, подстанций и потребителей электроэнергии..

1. Виды повреждений и ненормальных режимов работы силовых трансформаторов.
2. Токовые защиты трансформаторов, выбор параметров срабатывания.
3. От каких повреждений защищает трансформатор газовая защита?
4. Дифференциальная токовая отсечка трансформаторов, схема, выбор параметров срабатывания.
5. Как выполняется выравнивание токов по величине и по фазе в дифференциальной защите трансформаторов?
6. Намагничивающий ток силового трансформатора.
7. Составляющие тока небаланса в дифференциальной защите трансформатора.
8. Дифференциальная защита трансформатора с реле типа РНТ, схема, выбор параметров срабатывания.

9. Дифференциальная защита трансформатора с реле типа ДЗТ, схема, выбор параметров срабатывания.
10. Виды повреждений и ненормальных режимов работы синхронных генераторов.
11. Защита генераторов от коротких замыканий в обмотке статора.
12. Защита генераторов от однофазных замыканий на землю в обмотке статора.
13. Защита генераторов от витковых замыканий в обмотки статора.
14. Защита генераторов от замыканий на землю в обмотке ротора.
15. Защита генераторов от внешних коротких замыканий.
16. Защита генераторов от перегрузки токами обратной последовательности.
17. Виды повреждений и ненормальных режимов работы асинхронных и синхронных двигателей.
18. Защита электродвигателей от повреждений в обмотке статора.
19. Защита электродвигателей минимального напряжения.

#### Тема 5. Защита электроустановок низкого напряжения.

1. Защита сетей плавкими предохранителями, выбор тока срабатывания.
2. Защита сетей воздушными автоматами, выбор параметров срабатывания

#### Тема 6. Автоматика электроэнергетических систем

1. Назначение и виды автоматического повторного включения.
2. Назначение автоматического включения резерва, пусковые органы АВР..
3. Автоматическая частотная разгрузка, назначение.

Тема 7. Применение специализированного программного обеспечения для расчетов режимов и выбора уставок РЗА

1. Какие программные продукты используются для выполнения расчетов параметров нормальных и аварийных режимов электроэнергетических систем и систем электроснабжения?
2. Какие методы расчета параметров режима использованы в специализированном программном обеспечении?
3. Как при моделировании устройств релейной защиты учитываются параметры измерительных трансформаторов?
4. Какие характеристики электрической сети и основного оборудования подстанции необходимо учитывать при моделировании минимального режима короткого замыкания?
5. Какие параметры силового трансформатора необходимо учесть при моделировании режима короткого замыкания?
6. Какие параметры электрического двигателя необходимо учитывать при моделировании переходного процесса, возникшего в результате короткого замыкания в сети?
7. Как оценить селективность релейной защиты с использованием цифровой модели?
8. Как оценить быстродействие релейной защиты с использованием цифровой модели?

### **6.2. Вопросы к аудиторным контрольным работам.**

#### Аудиторная контрольная работа №1.

##### Вариант №1

1. Виды повреждений в сетях с заземленной нейтралью.
2. Физическая сущность погрешности трансформатора тока, кривые предельной кратности.

3. Принцип действия МТЗ, выбор тока срабатывания, селективность, чувствительность.

4. Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сетях с изолированной нейтралью.

5. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Расчет тока небаланса, селективность, чувствительность.

#### Вариант №2

1. Виды повреждения в сетях с изолированной нейтралью.

2. Выбор трансформаторов тока для устройств релейной защиты.

3. Принцип действия отсечки. Расчет тока срабатывания, селективность, чувствительность.

4. Направленная МТЗ нулевой последовательности в сетях с заземленной нейтралью.

5. Мероприятия по повышению чувствительности ДЗЛ.

#### Вариант №3

1. Виды ненормальных режимов систем электроснабжения.

2. Типовые схемы соединения трансформаторов тока.

3. МТЗ с блокировкой по напряжению, назначение, расчет параметров.

4. Направленная максимальная токовая защита, принцип действия, чувствительность.

5. Неселективная сигнализация замыканий на землю.

#### Вариант №4

1. Основные характеристики электромеханического реле.

2. Физическая сущность погрешности трансформаторов напряжения.

3. Защита от замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

4. Векторная диаграмма и схема включения реле направления мощности.

5. Принцип действия поперечной дифференциальной защиты.

#### Вариант №5

1. Резервирование защит в системе электроснабжения.

2. Типовые схемы соединений трансформаторов напряжения.

3. Принципы выполнения защит от замыканий на землю в сетях с компенсированной нейтралью.

4. Принцип действия направленных поперечных дифференциальных защит.

5. Защиты с микропроцессорными устройствами, их типы и характеристики.

#### Аудиторная контрольная работа №2.

##### Вариант №1

1. Принцип действия и основные органы дистанционных защит.

2. Токовые защиты силовых трансформаторов

3. Защита генераторов от междуфазных коротких замыканий в обмотке статора.

4. Защита электродвигателей минимального напряжения.

##### Вариант №2

1. Выравнивание токов по величине и по фазе в дифференциальной защите трансформатора.

2. Защита генератора от однофазных замыканий на землю в обмотке статора.

3. Защита электродвигателей от коротких замыканий и перегрузки.

4. Характеристики реле сопротивления в дистанционной защите.

5.

#### Вариант №3

1. Составляющие тока небаланса в дифференциальной защите трансформатора.
2. Защита генератора от витковых замыканий в обмотке статора.
3. Канал высокочастотной связи в защитах линий электропередачи.
4. Защита синхронных электродвигателей от выпадения из синхронизма.

#### Вариант №4

1. Газовая защита трансформатора.
2. Дифференциальная защита трансформатора с реле типа РНТ.
3. Защита генератора от внешних коротких замыканий.
4. Защита генератора от замыканий на землю в обмотке ротора.

#### Вариант №5

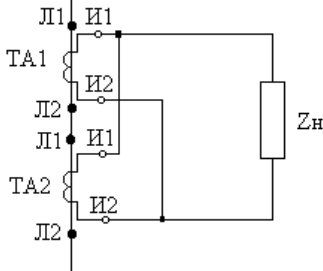
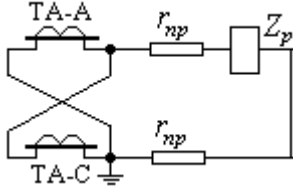
1. Дифференциальная защита трансформатора с реле типа ДЗТ.
2. Защита генератора от перегрузки токами обратной последовательности.
3. Защита конденсаторных батарей.
4. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий электропередачи.



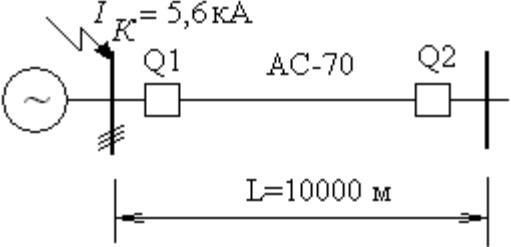
## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

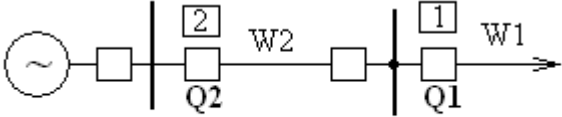
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виды экспериментальных исследований в подготовке к выполнению проектных работ в области защиты электроустановок</li> <li>– назначение экспериментальных исследований в подготовке к выполнению расчетных работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– содержание экспериментальных исследований в подготовке к выполнению расчетных работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кривые предельной кратности трансформаторов тока. Выбор и проверка трансформаторов тока для релейной защиты.</li> <li>2. Виды повреждений в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью.</li> <li>3. Виды ненормальных режимов в системах электроснабжения и характеристика влияние их на работу электрооборудования.</li> <li>4. Максимальная токовая защита. Принцип действия, выбор параметров срабатывания.</li> <li>5. Выдержки времени МТЗ. Степень селективности. Согласование выдержек времени максимальных токовых защит.</li> <li>6. Максимальная токовая защита нулевой последовательности в сети с заземленной нейтралью. Назначение, принцип действия, выбор параметров срабатывания.</li> <li>7. Силовые выключатели. Схемы управления выключателями. Принципы и требования к схемам управления выключателями.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выделять необходимые результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– использовать результаты экспериментальных исследований при подготовке и планировании</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На рисунке показано параллельное соединение двух одинаковых трансформаторов тока на одной фазе. Показать, чему будет равна нагрузка, приходящаяся на каждый трансформатор тока.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– аргументировано обосновывать результаты экспериментальных исследований при подготовке к выполнению работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>2. Выведите расчётную формулу определения максимального расчётного сопротивления нагрузки трансформаторов тока <math>Z_{н.расч}</math>, соединённых на разность токов двух фаз (см.рис.), при двухфазном КЗ фаз А и С в месте установки защиты.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками обобщения результатов экспериментальных исследований в подготовке к выполнению работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– способами оценивания значимости и практической пригодности результатов экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> <li>– методиками выполнения</li> </ul>	<p><b>Примерное задание на курсовую работу (раздел 2, 3)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнить расчет параметров срабатывания РЗиА для следующих видов оборудования ГПП: силового трансформатора; отходящей кабельной линии; трансформатора собственных нужд; секционного выключателя; конденсаторной установки; высоковольтного двигателя.</li> <li>2. Выполнить проверку выбранных трансформаторов тока по условиям работы с погрешностью, не превышающей 10%.</li> </ol> <p><b>Перечень лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование максимальной токовой защиты цехового трансформатора.</li> <li>2. Исследование продольной дифференциальной защиты силового трансформатора.</li> <li>3. Исследование защит от однофазных КЗ на стороне НН цеховых трансформаторов.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	экспериментальных исследований при подготовке и планировании работ в области защиты и автоматики элементов систем электроснабжения	
<b>Способность обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение и цель выполнения экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– методики обработки результатов экспериментов в области релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы уменьшения тока небаланса в продольной дифференциальной защите линий электропередач. Основные элементы и схема защиты ДЗЛ.</li> <li>2. Составляющие тока небаланса в дифференциальной защите трансформатора.</li> <li>3. Трансформаторы тока. Схема замещения и векторная диаграмма. Погрешности ТТ, физический смысл погрешности. Нормальные и аварийные режимы ТТ.</li> <li>4. Оценка протяженности мертвой зоны (зоны недействия) поперечной дифференциальной защиты.</li> <li>5. Выдержки времени МТЗ. Степень селективности. Согласование выдержек времени максимальных токовых защит.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обрабатывать результаты экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– оценивать результаты экспериментальных измерений параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</b></p> <p>Проверить возможность применения токовой отсечки на воздушной линии (см рис.) электропередач 35 кВ при следующих данных: линия выполнена проводом АС-70, протяженность линии 10 км. Максимальный ток трёхфазного КЗ в начале линии 5,6 кА.</p> <p>Принять сопротивления линии с проводом АС-70: <math>r_{уд} = 0,46 \text{ Ом/км}</math>; <math>x_{уд} = 0,42 \text{ Ом/км}</math>, коэффициент надежности отстройки <math>k_n</math> принять 1,4.</p> <p>Указать протяженность зоны действия отсечки.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p style="text-align: center;">Рис. к задаче</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками форм представления полученных экспериментальных результатов измерения параметров устройств и элементов релейной защиты и автоматики</li> <li>– методиками оценки экспериментальных результатов измерения параметров устройств и элементов РЗА</li> <li>– навыками создания организации групповой работы и создания презентации по ее результатам посредством цифровых инструментов.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Перечень лабораторных работ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование токовых защит в силовых электрических сетях на лабораторном комплексе «РЗА на основе виртуальных программируемых контроллеров».</li> <li>2. Испытания реле тока с ограниченно-зависимой выдержкой времени типа РТ-80 на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса DELTA PROF1.</li> </ol> <p>Отчет к лабораторной работе оформить в виде презентации, созданной на интерактивной доске Migo. Обязательно отметить вклад каждого участника группы в работу с помощью комментария от соответствующего пользователя.</p>
<b>Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– назначение различных видов устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– нормативные требования к элементам и видам устройств</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Роль и назначение РЗА в СЭС. Основные требования, предъявляемые к РЗ.</li> <li>2. Защита от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью. Принцип действия, схемы.</li> <li>3. Направленная поперечная дифференциальная защита линий электропередач. Принцип действия, выбор параметров срабатывания. Область применения. Мертвая зона и зона</li> </ol>

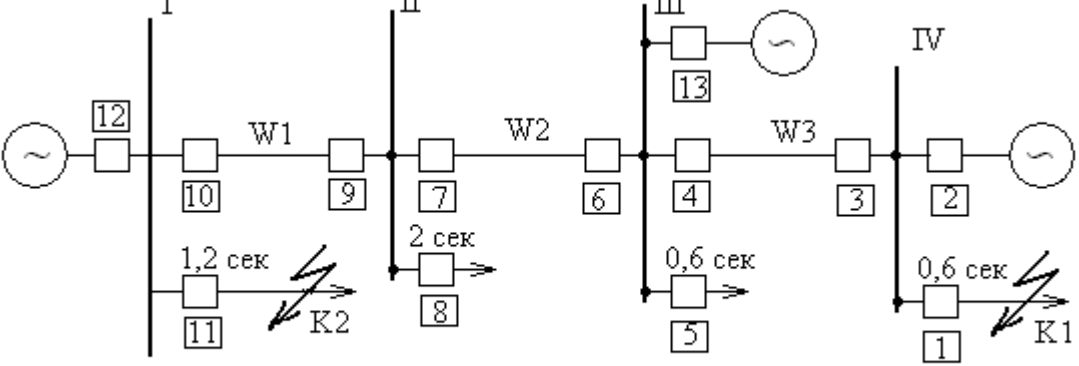
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>релейной защиты различных элементов систем электроснабжения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– условия оценки параметров проектируемых устройств релейной защиты и автоматизации электроустановок</li> <li>– методы расчета параметров устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических объектов</li> <li>– принципы построения схем релейной защиты и автоматики</li> <li>– программные средства, для построения электрических схем релейной защиты</li> <li>– функционал программного пакета MS Excel необходимый для расчета уставок устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– исходные данные, необходимые для моделирования в специализированном ПО нормального установившегося, сверхпереходного режима короткого замыкания и переходного процесса при КЗ на шинах понизительной</li> </ul>	<p>каскадного действия.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Неселективная сигнализация о замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью.</li> <li>5. Ступенчатые токовые защиты, состав, выбор параметров срабатывания.</li> <li>6. Типовые схемы соединения трансформаторов тока и реле.</li> <li>7. Типовые схемы соединения трансформаторов напряжения, их область применения.</li> <li>8. Схемы токовых защит на постоянном оперативном токе. Принципы построения схем, области применения.</li> <li>9. Газовая защита трансформаторов. Типы и характеристики газовых реле. Конструкции, область применения.</li> <li>10. Дифференциально-фазная высокочастотная защита. Принцип действия, схема, область применения</li> <li>11. Дистанционная защита линий. принцип действия, основные органы, выбор параметров срабатывания.</li> <li>12. Программное обеспечение для расчета параметров нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетических систем: виды, функциональные возможности, используемые методы расчета.</li> <li>13. Цифровая подстанция: достоинства, структура, используемое оборудование и протоколы передачи информации.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>подстанции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– структуру цифровой подстанции и используемое на ней оборудование.</li> </ul>	
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аргументировано формулировать требования к устройствам релейной защиты и автоматики различных электроустановок</li> <li>– выделять требуемый объем необходимых устройств релейной защиты и автоматики различных электроустановок</li> <li>– оценивать эффективность различных видов устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– читать принципиальные схемы устройств РЗА</li> <li>– использовать специализированные чертежно-графические пакеты для выполнения схемы релейной защиты</li> <li>– моделировать формулировать условия расчета уставок устройств релейной защиты и автоматики с использованием функций пакета MS Excel</li> <li>– создавать цифровую модель</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</b></p> <p>1. Определить степень селективности между двумя максимальными токовыми защитами 1 и 2 при следующих данных:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) защиты 1 и 3 – защиты с независимой характеристикой времени срабатывания</li> <li>2) выключатели Q1 и Q2 – типа ВВЭ-М-10, у которых полное время отключения по паспортным данным не более 0,04-0,05 с.</li> <li>3) время срабатывания защиты 1 с независимой характеристикой равно <math>t = 1.3</math> с.</li> </ol> <p>3) в схемах защит используется реле времени с погрешностью <math>\pm 0,06</math> с.</p>  <p>Рис. Схема электрической сети</p> <p>2. Необходимо создать модель в программном обеспечении понизительной подстанции с силовыми трансформаторами марки ТРДН-63000/110. От распределительного устройства подстанции питаются высоковольтные синхронные двигатели. Перечислите параметры, которые необходимо знать для моделирования режима (в том числе минимального) короткого замыкания.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>понижительной подстанции в специализированном программном обеспечении, позволяющую рассчитать нормальный режим, а также режим короткого замыкания (в т.ч. минимальный)</p>	
<p>Владеть</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– практическими навыками оценки эффективности применения различных устройств РЗА</li> <li>– практическими навыками определения необходимого объёма и видов устройств РЗА</li> <li>– навыкам чтения принципиальных электрических схем</li> <li>– методами повышения эффективности применения устройств РЗА</li> <li>– навыками выполнения схем релейной защиты с использованием специализированных чертежно-графических пакетов</li> <li>– рассчитывать уставки устройств релейной защиты и автоматики с использованием функций</li> </ul>	<p><b>Примерное задание на курсовую работу</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбрать объем релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями ПУЭ.</li> <li>2. Рассчитать токи КЗ на всех присоединениях.</li> <li>3. Рассчитать уставки защит силового трансформатора на базе электромеханических реле.</li> <li>4. Рассчитать уставки защит секционного выключателя на базе электромеханических реле.</li> <li>5. Рассчитать уставки защит присоединения по заданию на базе микропроцессорного реле.</li> <li>6. Рассчитать уставки автоматики (АРНТ, АПВ, АВР, АЧР, устройство автоматического включения КУ).</li> <li>7. Все расчеты рекомендуется выполнить в программном пакете MS Excel.</li> <li>8. Графическая часть работы: начертить схемы релейной защиты для каждого присоединения с использованием специализированных чертежно-графических приложений (AutoCAD, КОМПАС, MS Visio).</li> <li>9. Создать модель защищаемого элемента (источник, трансформатор и нагрузка) в соответствии с заданием на курсовую работу в ПВК КАТРАН.</li> <li>10. Выполнить расчет токов КЗ в максимальном и минимальном режимах. Оценить отличие от полученных в курсовой работе значений. Проанализировать и выявить причину этих отличий.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	пакета MS Excel – навыками моделирования понизительных подстанций в специализированном программном обеспечении и навыками расчета нормальных и аварийных режимов.	
<b>Способность проводить обоснование проектных решений (ПК-4)</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виды повреждений и ненормальных режимов работы в электроэнергетических системах</li> <li>– методы обнаружения возникновения повреждений и ненормальных режимов работы электроэнергетических систем</li> <li>– принципы действия отдельных элементов устройств РЗА</li> <li>– принципы действия и необходимые условия для работы различных устройств РЗА</li> <li>– возможности специализированного ПО по моделированию устройств релейной защиты</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><i>Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды повреждений в сетях с заземленной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.</li> <li>2. Виды повреждений в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Векторные диаграммы токов и напряжений.</li> <li>3. Виды ненормальных режимов в электроэнергетических системах.</li> <li>4. Реле, их назначение. Электромеханические реле. Ток срабатывания и ток возврата реле. Максимальные и минимальные реле.</li> <li>5. Электромагнитные реле тока и напряжения, промежуточные, указательные.</li> <li>6. Индукционные реле. Принцип действия, время действия, инерционный выбег.</li> <li>7. Дистанционная защита линий, принцип действия, основные органы, выбор параметров срабатывания.</li> <li>8. Повреждения и ненормальные режимы работы силовых трансформаторов.</li> <li>9. Автоматическое включение резервного питания (АВР). Назначение, требования, пусковые органы.</li> <li>10. Автоматическое повторное включение (АПВ). Назначение, виды, требования.</li> <li>11. Автоматическая частотная разгрузка. Назначение, порядок действия.</li> <li>14. Расчет уставок и моделирование устройств релейной защиты: программные продукты, используемые в них методы, виды моделируемых защит?</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аргументировать проектные решения при выборе устройств релейной защиты и автоматики</li> <li>– объяснить принятые схемные решения при выполнении проектных задач в РЗиА</li> <li>– моделировать устройства релейной защиты в ПВК «КАТРАН»</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для промежуточной аттестации (экзамена):</b></p> <p>Для радиальной сети с несколькими источниками питания и с изолированной нейтралью по данным рисунка, для обеспечения селективности определить:</p> <p>а) какие максимальные токовые защиты с выдержкой времени должны быть направлены и какие ненаправленными;</p> <p>б) выдержки времени при КЗ защит на всех линиях с двухсторонним питанием и на источниках питания, если степень селективности равна 0,6 сек.</p> <p>На рисунке на отходящих линиях с односторонним питанием указаны времена срабатывания защит при КЗ.</p>  <p style="text-align: center;">Рис. Схема электрической сети</p> <p><b>Примерное задание на курсовую работу (раздел 9)</b></p> <p>9. Ввести уставки устройств релейной защиты силового трансформатора, полученные в курсовой работе.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– методиками и практическими навыками выполнения проектных задач в области РЗиА</li> <li>– способами совершенствования профессиональных знаний в</li> </ul>	<p><b>Примерное задание на курсовую работу (раздел 10)</b></p> <p>10. Проверить чувствительность, быстродействие и селективность защиты в следующих режимах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в нормальном режиме работы убедиться в отсутствии срабатывания защиты;</li> <li>– в нормальном режиме работы проверить срабатывание дифференциальной защиты при вывернутых токовых цепях (поменять точки подключения элементов</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>области РЗА путём использования современной информационной среды</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками оценки селективности и быстродействия релейной защиты с использованием ПК «КАТРАН» на основе результатов расчета переходного режима с учетом действия релейной защиты.</li> </ul>	<p>«выключатель с РЗА с низкой или высокой стороны силового трансформатора»);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пошагово увеличивая мощность нагрузки добиться срабатывания защиты от перегрузки. Зафиксировать пуск и срабатывания защиты (сохранить журнал работы РЗА и график изменения тока и напряжения);</li> <li>– оценить работу дифференциальной защиты трансформатора в максимальном и минимальном режиме при КЗ в зоне действия защиты;</li> <li>– оценить работу дифференциальной защиты трансформатора в максимальном и минимальном режиме при КЗ вне зоны действия защиты (на шинах ВН и НН подстанции). Если при рассчитанных уставках селективность защиты не обеспечивается, то отстроить защиту от тока небаланса при внешнем КЗ опытным путем.</li> <li>– оценить работы МТЗ НН (при наличии) при КЗ на шинах НН подстанции (основу. защиту при этом рекомендуется вывести из действия);</li> <li>– сделать выводы по работе.</li> </ul>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» включает в себя курсовую работу и экзамен в седьмом семестре.

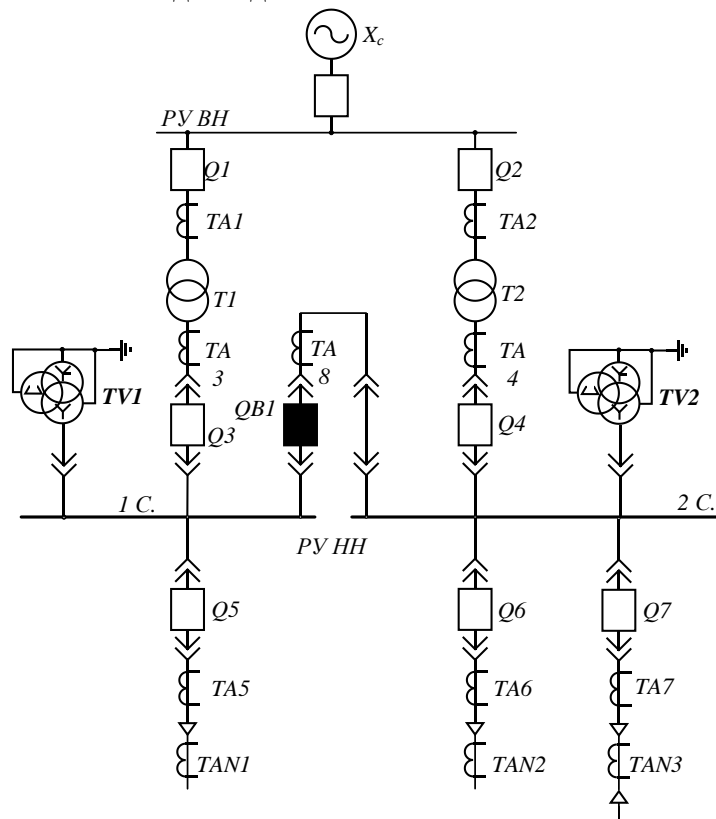
**Курсовая работа** должна выполняться под руководством ведущего преподавателя, систематически, в течение всего семестра. В процессе подготовки и написания обучающийся развивает навыки исследовательской и аналитической работы, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным и справочным материалом, владение математическим аппаратом, необходимым для расчетов, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал, самостоятельно творчески его осмысливать и формулировать практические рекомендации и технические решения по результатам расчетов, а также применять чертежно-графические пакеты, программные пакеты MS Office и специализированное программное обеспечение.

В курсовой работе студенты выполняют проектирование защиты элементов главной понизительной подстанции промышленного предприятия, производят расчеты токов к.з., выбирают схемы и параметры защит, измерительные трансформаторы, проектируют элементы автоматики, выбирают конкретные типы устройств.

Исходными данными для выполнения курсовой работы являются либо выданное преподавателем задание, либо данные, полученные обучающимся во время прохождения производственной практики.

Вариант задания на курсовую работу

Исходные данные



$U_{ру.ВН} = 35 \text{ кВ}$   
 $U_{ру.НН} = 6 \text{ кВ}$   
 Схема РУ ВН – 3Н

$X_{с.маx} = 2,02 \text{ Ом}$   
 $X_{с.мин} = 2,53 \text{ Ом}$

$S_{т.ном} = 16 \text{ МВА}$   
 $S_{нагр} = 11,2 \text{ МВА}$   
 $P_{нагр.маx} = 8,96 \text{ МВт}$   
 $P_{нагр.мин} = 6,5 \text{ МВт}$   
 $Q_{нагр.маx} = 6,72 \text{ Мвар}$   
 $Q_{нагр.мин} = 4,88 \text{ Мвар}$

Число отходящих КЛ – 8

Выключатель на РУ ВН – ВГТ  
 Выключатель на РУ НН – ВВ/TEL

Дина КЛ – 250 м

Задание

1. Выбрать объем релейной защиты и автоматики в соответствии с требованиями ПУЭ.
2. Рассчитать токи КЗ на всех присоединениях.
3. Рассчитать уставки защит силового трансформатора на базе электромеханических реле.

4. Рассчитать уставки защит секционного выключателя на базе электромеханических реле.

5. Рассчитать уставки защит присоединения по заданию на базе микропроцессорного реле.

6. Рассчитать уставки автоматики (АРНТ, АПВ, АВР, АЧР, устройство автоматического включения КУ).

Все расчеты рекомендуется выполнить в программном пакете MS Excel.

Графическая часть работы: начертить схемы релейной защиты для каждого присоединения с использованием специализированных чертежно-графических приложений (AutoCad, КОМПАС, MS Visio).

7. Создать модель защищаемого элемента (источник, трансформатор и нагрузка) в соответствии с заданием на курсовую работу в ПВК КАТРАН.

8. Выполнить расчет токов КЗ в максимальном и минимальном режимах. Оценить отличие от полученных в курсовой работе значений. Проанализировать и выявить причину этих отличий.

9. Ввести уставки устройств релейной защиты силового трансформатора, полученные в курсовой работе.

10. Проверить чувствительность, быстродействие и селективность защиты в следующих режимах:

- в нормальном режиме работы убедиться в отсутствии срабатывания защиты;
- в нормальном режиме работы проверить срабатывание дифференциальной защиты при вывернутых токовых цепях (поменять точки подключения элементов «выключатель с РЗиА с низкой или высокой стороны силового трансформатора»);
- пошагово увеличивая мощность нагрузки добиться срабатывания защиты от перегрузки. Зафиксировать пуск и срабатывания защиты (сохранить журнал работы РЗиА и график изменения тока и напряжения);
- оценить работу дифференциальной защиты трансформатора в максимальном и минимальном режиме при КЗ в зоне действия защиты;
- оценить работу дифференциальной защиты трансформатора в максимальном и минимальном режиме при КЗ вне зоны действия защиты (на шинах ВН и НН подстанции). Если при рассчитанных уставках селективность защиты не обеспечивается, то отстроить защиту от тока небаланса при внешнем КЗ опытным путем.
- оценить работы МТЗ НН (при наличии) при КЗ на шинах НН подстанции (основную защиту при этом рекомендуется вывести из действия);
- сделать выводы по работе.

#### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку «**отлично**» (5 баллов) – работа выполнена в полном соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения оригинальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «**хорошо**» (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения типовых ответов и научно-технических решений;

– на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, элементарные интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку «**неудовлетворительно**» (1 балл) – задание преподавателя не выполнено или выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

**Экзамен по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»** проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание. Теоретические вопросы позволяют оценить уровень усвоения обучающимися базовых знаний по различным разделам и темам предмета, практические задания выявляют степень сформированности умений и владений, необходимых для практической деятельности.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «**отлично**» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «**хорошо**» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «**неудовлетворительно**» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

**а) Основная литература**

1. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / В. И. Бирюлин, А. Н. Горлов, Д. В. Куделина [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 197 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-015811-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1058880> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие / М.В. Андреев, Н.Ю. Рубан, А.А. Суворов [и др.] ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2018. - 167 с. - ISBN 978-5-4387-0796-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043860> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

**б) Дополнительная литература:**

1. Ершов, Ю. А. Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. А. Ершов, О. П. Халезина, А. В. Малеев и др. - Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. - 68 с. - ISBN 978-5-7638-2555-8. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/492157> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Релейная защита и автоматика понизительных подстанций промышленного предприятия : учебное пособие / В. А. Игуменцев, В. К. Олейников, Н. Т. Патшин, Е. А. Панова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2014. - 103 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=725.pdf&show=dcatalogues/1/113170/725.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0439-2. - Имеется печатный аналог.
3. Измерительные трансформаторы тока и напряжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, Е. А. Панова, А. В. Варганова, Н. Т. Патшин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 150 с. : ил., схемы, табл., граф., диагр., эскизы. - ISBN 978-5-9967-1236-6. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3638.pdf&show=dcatalogues/1/1524885/3638.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
4. Дьяков А.Ф., Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие для вузов / Дьяков А.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01161-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011614.html> (дата обращения: 17.09.2020). - Режим доступа : по подписке.
5. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>
6. Журнал «**Электротехнические системы и комплексы**» <http://esik.magtu.ru/ru/>
7. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#> -

#### **в) Методические указания:**

1. Патшин, Н.Т. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи с ограниченно-зависимой выдержкой времени на лабораторном комплексе «РЗиА в системах электроснабжения на основе виртуальных свободно-программируемых контроллеров» : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для обучающихся направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 12 с. – Текст : непосредственный

2. Патшин, Н.Т. Исследование устройств автоматики в силовых электрических сетях на лабораторном комплексе «РЗиА на основе виртуальных свободно-программируемых контроллеров» : методические указания к проведению лабораторных работы по дисциплине «Управление, защита и автоматизация питающих и распределительных сетей» для студентов направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электроснабжение / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. –Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – 16 с. – Текст : непосредственный.

3. Патшин, Н.Т. Испытания дифференциального реле тока типа ДЗТ-11 на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Delta Profi : метод. указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль

«Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017.- 13 с. – Текст : непосредственный.

4. Патшин, Н.Т. Исследование максимальной токовой защиты линии электропередачи с пуском по напряжению на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Delta Profi : метод. указания к проведению лабораторной работы по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение»/ Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. – 10 с. – Текст : непосредственный.

5. Патшин, Н.Т. Испытания реле сопротивления на лабораторном стенде «Релейная защита РЗ-СК» с применением программно-технического комплекса Del-ta Profi : Методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» для студентов всех форм обучения направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» / Н.Т. Патшин, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017.- 12 с. – Текст : непосредственный.

6. Патшин, Н.Т. Исследование токовых защит в силовых электрических сетях на лабораторном комплексе «РЗиА на основе виртуальных программируемых контроллеров» : методические указания к проведению лабораторных работ по дисциплине «Управление, защита и автоматизация питающих и распределительных сетей» для магистрантов по направлению 140400.68 Электро-энергетика и электротехника, профиль Электроснабжение. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 16 с. – Текст : непосредственный

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Перечень программного обеспечения:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Список Интернет-ресурсов, доступ к которым при регистрации обеспечен с любого компьютера:

1) Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2) Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3) Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир.

пользователей. – Текст: электронный.

4) Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5) East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

6) Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7) Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

8) Экономика. Социология. Менеджмент : Федеральный образовательный портал : сайт. – URL: <http://ecsocman.hse.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

9) Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

10) Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

11) Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12) Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

13) Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

14) SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

15) Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

16) zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

17) Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

18) Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный конкорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата



- обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 19) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 20) РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
- 21) ТАСС : информационное агентство России : [сайт]. – Москва, 1999 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 22) Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 23) Abb.ru : Официальный сайт группы компаний АВВ Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abb.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 24) Elektroavod.ru : Официальный сайт Уфимского завода «Электроаппарат» [Электронный ресурс]. – Уфа. – Режим доступа: <http://www.elektroavod.ru/reports/ea>, свободный. – Загл. с экрана.
- 25) Stps.ru : Официальный сайт ООО «Стройподстанции» [Электронный ресурс]. – М. – Режим доступа: <http://www.stps.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 26) Siemens.com : Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 27) Schneider-electric.com : Официальный сайт компании Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
- 28) Magtu.ru : Официальный сайт ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.magtu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 29) Mmk.ru : Официальный сайт ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.mmk.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 30) RastWin: Программный комплекс RastWin. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rastrwin.ru](http://www.rastrwin.ru) /, свободный. – Загл. с экрана.
- 31) Видео-обзор функций программного комплекса RastrWin и RastrKZ– <https://www.youtube.com/watch?v=H0ZLHKfwIQk>
- 32) Видео-обзор функций программного комплекса RastrWin [https://www.youtube.com/watch?v=X6HgHxLZX\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=X6HgHxLZX_Q)
- 33) Anares.ru : Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anares.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
- 34) Domyshev, Alexander & Osak, Alexey. (2000). Система отображения для комплекса АНАРЭС-2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/290604519\\_Sistema\\_otobrazhenia\\_dla\\_kompleksa\\_ANAR\\_ES-2000](https://www.researchgate.net/publication/290604519_Sistema_otobrazhenia_dla_kompleksa_ANAR_ES-2000) , свободный. – Загл. с экрана.

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа, консультации, курсовая работа и экзамен.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория электроснабжения (215)	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: – Установка для проверки релейных защит У5052. – Установка для проверки релейных защит ЭУ5001. – Установка для проверки релейных защит Уран-2.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Межфакультетская лаборатория моделирования систем электроснабжения (217)	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: 1. Лабораторный комплекс «Релейная защита и автоматика в СЭС» для моделирования устройств релейной защиты и автоматики на свободно - программируемых контроллерах – 2. Лабораторный стенд «Релейная защита» РЗ-СК.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для выполнения курсовой работы, помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования