

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Профиль подготовки «Электроэнергетические системы и сети»  
РПД Б1.В.ОД.11 «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»



## Приложение 3 РПД Б1.В.ОД.11

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**



### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

**Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Профиль подготовки: Электроэнергетические системы и сети**

**Срок обучения: 4 года**

**Форма обучения: очная**

**Смоленск – 2016 г.**

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

**Цель освоения дисциплины** - подготовка обучающихся к проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусматриваемых ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи дисциплины** - ознакомление студентов с общими принципами выполнения устройств релейной защиты и автоматики различных элементов энергосистемы, методами расчета и выбора уставок этих защит и устройств, с элементами устройств защиты и автоматики выполненных на различной элементной базе с методами настройки и испытаний устройств релейной защиты и автоматики.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

ПК-7 – готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике;

ПК-8 – способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

В результате изучения дисциплины студент должен:

### знать:

- принципы выполнения устройств релейной защиты автоматики и противоаварийной автоматики применяемых в энергосистемах (ПК-7, ПК-8);
- принципиальные схемы этих устройств (ПК-7);
- назначение и характеристики измерительных преобразователей (ПК-8);
- особенности процесса производства, передачи и распределения электроэнергии (ПК-7);
- проблемы обеспечения статической устойчивости параллельной работы электрических станций в установившемся нормальном и послеаварийном режимах и необходимости сохранения динамической устойчивости при электромагнитных и электромеханических переходных процессах в аварийном режиме (ПК-7, ПК-8);
- элементную базу технических устройств РЗ и А и противоаварийной автоматики (ПК-7, ПК-8);

### уметь:

- анализировать схемы РЗ и А и системной автоматики: рассчитывать уставки защит различных элементов энергосистемы; выбирать конфигурацию и состав основных и резервных защит элементов энергосистем, их элементную базу (ПК-7);
- осуществлять технико-экономические расчеты при сопоставлении различных вариантов выполнения устройств РЗ и А и системной автоматики (ПК-7);

### владеть:

- методами расчета токов короткого замыкания (ПК-7);
- методами определения устойчивости (ПК-7);
- методами исследования электромагнитных и электромеханических переходных процессов в энергосистемах (ПК-7).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» относится к вариативной части цикла Б1 Дисциплины образовательной программы подготовки бакалавров по профилю Электроэнергетические системы и сети, Электроснабжение, направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

- Б1.В.ОД.13 Электроснабжение  
 Б1.Б.10 Электротехническое и конструкционное материаловедение  
 Б1.В.ОД.4 Промышленная электроника  
 Б1.Б.17 Информационно-измерительная техника  
 Б2.П.1 Производственная практика

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

- Б1.В.ОД.8 Электротехнологические установки

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

**Аудиторная работа**

Цикл:	Б1	7 семестр
Часть цикла:	<i>Вариативная</i>	
№ дисциплины по учебному плану:	Б.1.В.ОД.11	
Часов (всего) по учебному плану:	216	7 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	6	7 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	36	7 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	18	7 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	18	7 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	90	7 семестр
Курсовой проект	18	7 семестр
Экзамен	36	7 семестр

**Самостоятельная работа студентов**

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	18
Подготовка к защите лабораторной работы (лаб)	18
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	-
Выполнение курсового проекта (работы)	18
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	18
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего (в соответствии с УП):	90
Подготовка к экзамену	36

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах) (в соответствии с УП)					
			лк	пр	лаб	КР,КП	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Назначение РЗ и А. Виды повреждений и ненормальных режимов работы линий.	10	2	2			6	
2	Тема 2. Схемы соединения измерительных преобразователей тока и напряжения. Измерительные преобразователи тока и напряжения.	10	2	2			6	
3	Тема 3. Токовые защиты линий.	14	2	2	2	2	6	
4	Тема 4.Токовые направленные защиты линий.	12	2	2	2		6	
5	Тема 5. Защиты линий от замыканий на землю в сетях 6-10-35 кВ и от к.з. на землю в сетях напряжением 10 кВ и выше.	12	2	2		2	6	
6	Тема 6. Дистанционная защита линий.	18	4	2		4	6	
7	Тема 7. Дифференциальные токовые защиты линий (продольные и поперечные).	12	4	2	2		6	
8	Тема 8.Высокочастотные защиты линий (направленные с ВЧ блокировкой и ДФЗ)	10	2	2			6	
9	Тема 9.Релейная защита и автоматика трансформаторов.	28	4	2	6	10	6	
10	Тема 10. Релейная защита и автоматика генераторов.	8	2				6	
11	Тема 11.Релейная защита электродвигателей.	8	2				6	
12	Тема 12. Автоматическое повторное включение линий (АПВ).	10	2		2		6	2
13	Тема 13.Автоматический ввод резерва (АВР).	10	2		2		6	2
14	Тема 14.Автоматическая частотная разгрузка.	10	2		2		6	2
15	Тема 15.Понятие об устройства противаварийной автоматики.	8	2				6	4
<b>всего по видам учебных занятий (с учетом экзамена 36 часов) 216 часов</b>		<b>180</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>90</b>	<b>10</b>

#### Содержание по видам учебных занятий

**Тема 1.** Назначение РЗ и А. Виды повреждений и ненормальных режимов работы линий.

**Лекция 1.** Требования, предъявляемые к РЗ и А. Назначение РЗ и А. Селективность, чувствительность, быстродействие и надежность. Виды повреждений и ненормальных режимов с по-

строением векторных диаграмм токов и напряжений в месте повреждения и в месте установки защиты.

**Практическое занятие 1.** Определение токов к.з. проходящих через измерительные преобразовательные устройства защиты. Составление диаграмм защищаемости.

**Самостоятельная работа 1.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** – опрос по теме лекций.

**Тема 2.** Схемы соединения измерительных преобразователей тока и напряжения. Измерительные преобразователи тока и напряжения.

**Лекция 2.** Измерительные преобразователи тока и напряжения. Типы, конструкции, характеристика преобразователей тока, используемых для устройств РЗ и А. Типы преобразователей напряжения. Схема включения и области использования ИПТ и ИПН.

**Практическое занятие 2.** Методика выбора схем соединения измерительных трансформаторов тока. Определение  $Z_H$  для различных схем соединения.

**Самостоятельная работа 2** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме лекции.

**Тема 3.** Токовые защиты линий.

**Лекция 3.** Токовые ступенчатые защиты линий с односторонним питанием. Токовая отсечка без выдержки (1 ступень) времени. Токовая отсечка с выдержкой времени (2 ступень). Максимальная токовая защита.

**Практическое занятие 3.** Методика расчета уставок ступенчатых токовых защит с односторонним питанием. Уставка по току. Выбор выдержек времени ступеней.

**Лабораторная работа 1.** Двух ступенчатая токовая защита линий 35 кВ от междуфазных коротких замыканий.

**Самостоятельная работа 3.** Защита предохранителями.

**Текущий контроль** - опрос по теме, защита лабораторных работ.

**Тема 4.** Токовые направленные защиты линий.

**Лекция 4.** Токовые ступенчатые защиты линий с двухсторонним питанием. Защита кольцевых линий с одним источником питания. Орган направления мощности.

**Практическое занятие 4.** Методика расчета уставок ступенчатых токовых защит с двухсторонним питанием. Выбор выдержек времени для токовых отсечек и НМТЗ.

**Лабораторная работа 2.** Ступенчатые защиты линий 35 кВ с двухсторонним питанием.

**Самостоятельная работа 4.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** – контрольная работа – выбор выдержек времени защит в схеме сети с двухсторонним питанием.

**Тема 5.** Защиты линий от замыканий на землю в сетях 6-10-35 кВ и от к.з. на землю в сетях напряжением 10 кВ и выше.

**Лекция 5.** Токовые и токовые направленные защиты нулевой последовательности в сетях с эффективно заземленной нейтралью. Сравнение с токовыми ступенчатыми. Органы направления мощности. Общая неселективная сигнализация в сетях 6-10,35 кВ. Токовые защиты от замыканий на землю в этих сетях.

**Практическое занятие 5.** Методика расчета уставок защит нулевой последовательности. Решение задач.

**Самостоятельная работа 5.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме.

**Тема 6** Дистанционная защита линий.

**Лекция 6.** Принцип действия и выбор параметров срабатывания дистанционной защиты.

**Лекция 7.** Принципы выполнения схем защиты, требования к характеристикам органов сопротивления.

**Практическое занятие 6.** Методика расчета уставок срабатывания ступеней дистанционной защиты.

**Самостоятельная работа 6.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме.

**Тема 7.** Дифференциальные токовые защиты линий (продольные и поперечные).

**Лекция 8.** Продольные дифференциальные токовые защиты линий. Принцип действия. Определения параметров срабатывания. Способы повышения чувствительности и отстройки защиты.

**Лекция 9.** Поперечная дифференциальная токовая направленная защита параллельных линий. Поперечная дифференциальная защита сдвоенной линии.

**Практическое занятие 7.** Определение параметров срабатывания дифференциальных защит. Определение зоны каскадного действия и мертвой зоны. Решение задач.

**Лабораторная работа 3.** Поперечная направленная дифференциальная токовая защита параллельных линий.

**Самостоятельная работа 7.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме лекций, защита лабораторных работ, итоговая контрольная работа

**Тема 8.** Высокочастотные защиты линий (направленные с ВЧ блокировкой и ДФЗ).

**Лекция 10.** Направленные защиты ЛЭП с высокочастотной блокировкой. Дифференциально-фазные защиты ЛЭП. Принципы выполнения. Организация каналов ВЧ связи по ЛЭП. Определение параметров срабатывания.

**Практическое занятие 8.** Методика определения параметров срабатывания ВЧ защит. Разработка функциональных и принципиальных схем защит различного типа и назначения. Решение задач.

**Самостоятельная работа 8.** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме.

**Тема 9.** Релейная защита и автоматика трансформаторов.

**Лекция 11.** Повреждение и ненормальные режимы работы трансформаторов. Виды и назначение автоматических устройств трансформаторов. Дифференциальные защиты трансформаторов. Основные и резервные защиты.

**Лекция 12.** Токовые защиты трансформаторов. Газовая защита. Определение параметров срабатывания основных и резервных защит трансформаторов.

**Практическое занятие 9.** Методика расчета уставок защит трансформаторов мощностью до 6300 и более кВА.

**Лабораторная работа 4.** Максимальная токовая защита трансформатора.

**Лабораторная работа 5.** Дифференциальная защита трансформатора на реле БНТ.

**Лабораторная работа 6.** Полная защита трансформатора на переменном оперативном токе.

**Самостоятельная работа 9** Работа с научной и учебной литературой по теме.

**Текущий контроль** - опрос по теме лекций, защита лабораторных работ.

**Тема 10.** Релейная защита и автоматика генераторов.

**Лекция 13.** Назначение и виды автоматических устройств синхронных генераторов. Повреждения и ненормальные режимы работы синхронных генераторов. Продольная дифференциальная токовая защита обмотки статора от междуфазных к.з. Поперечная диф.защита от замыканий меж-

ду витками одной фазы обмотки статора. Защита от однофазных замыканий на землю в цепи статора. Токовые защиты от внешних к.з. и параметры защиты. Защита от замыканий на землю в цепи возбуждения.

**Самостоятельная работа 10.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме лекций.

**Тема 11.** Релейная защита электродвигателей.

**Лекция 14.** Повреждения и ненормальные режимы работы электродвигателей. Виды устройств защиты и автоматики. Защита от коротких замыканий в обмотке статора. Защита от однофазных замыканий обмотки статора на землю. Защита от перегрузке. Защита синхронных двигателей от асинхронного режима.

**Самостоятельная работа 11.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме.

**Тема 12.** Автоматическое повторное включение линий (АПВ).

**Лекция 15.** Назначение и требования, предъявляемые к АПВ. Параметры действия. Устройство АПВ. Особенности АПВ линий с двухсторонним питанием. Ускорение действия защиты линий при наличии АПВ.

**Лабораторная работа 7.** АПВ линии.

**Самостоятельная работа 12.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме лекций, защита лабораторных работ.

**Тема 13.** Автоматический ввод резерва (АВР).

**Лекция 16.** Автоматическое включение резервных линий. Автоматическое включение резервного источника питания при отключении трансформатора. Параметры действия. Пусковые органы.

**Лабораторная работа 8.** АВР резервного источника питания.

**Самостоятельная работа 13.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме лекций, защита лабораторных работ.

**Тема 14.** Автоматическая частотная разгрузка.

**Лекция 17.** Назначение и принцип организации частотной разгрузки. Реле частоты. Параметры срабатывания АЧР. АПВ после АЧР (ЧАПВ). Схема устройств АЧР и ЧАПВ.

**Лабораторная работа 9.** АЧР.

**Самостоятельная работа 14.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме лекций, защита лабораторных работ.

**Тема 15.** Понятие об устройствах противоаварийной автоматики.

**Лекция 18.** Основные устройства противоаварийной автоматики. АПНУ, АЛАР, АОСН, АОСЧ, АОПЧ, АОПН, АОПО. Управляющие воздействия, используемые в этих устройствах и системах. Организация УПАСК. Показатели присутствия ПА.

**Самостоятельная работа 15.** Работа с научной и учебной литературой по теме.  
**Текущий контроль** - опрос по теме лекции.

**Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен**

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: конспект лекций по дисциплине, методические указания к лабораторным работам и курсовой работе, другие теоретические и методические материалы.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:

ПК-7 – готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике;

ПК-8 – способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике»** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, расчетному заданию, контрольным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросах, заданий по практическим занятиям.

Принимается во внимание **знание(я)** обучающимися:

- принципов выполнения устройств релейной защиты автоматики и противоаварийной автоматики применяемых в энергосистемах;
- принципиальных схем этих устройств;
- особенностей процесса производства, передачи и распределения электроэнергии;



- проблем обеспечение статической устойчивости параллельной работы электрических станций в установившемся нормальном и послеаварийном режимах и необходимости сохранения динамической устойчивости при электромагнитных и электромеханических переходных процессах в аварийном режиме;
  - элементной базы технических устройств РЗ и А и противоаварийной автоматики ;
- наличие **умения(й)**:
- анализировать схемы РЗ и А и системной автоматики: рассчитывать уставки защит различных элементов энергосистемы; выбирать конфигурацию и состав основных и резервных защит элементов энергосистем, их элементную базу;
  - осуществлять технико-экономические расчеты при сопоставлении различных вариантов выполнения устройств РЗ и А и системной автоматики;
- присутствие **навыка(ов)**:
- расчета токов короткого замыкания;
  - определения устойчивости;
  - исследования электромагнитных и электромеханических переходных процессов в энергосистемах.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты (практических занятий, расчетного задания, контрольных работ).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике»** в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ задается 4 вопроса из примерного перечня:

1. Назначение устройств РЗА и основные требования, предъявляемые к этим устройствам.
2. Структурный состав устройств РЗ и А.
3. Повреждения и не нормальные режимы работы с энергосистемах.
4. Общая характеристика релейных защит с абсолютной и относительной селективностью.
5. Измерительные преобразователи тока.
6. Измерительные преобразователи напряжения.
7. Схемы включения измерительных преобразователей тока и их назначение.
8. Токовые ступенчатые защиты линий.
9. Токовые направленные защиты линий.
10. Токовые и токовые направленные защиты от замыканий на землю линий 110 кВ и выше.
11. Защиты линий 6-35 кВ от замыканий на землю.
12. Дистанционные защиты линий. Принцип действия и виды характеристик.

Полный ответ на два вопроса соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на три вопроса – продвинутому уровню; при полном ответе на четыре вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике»** в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные элементы и принцип действия рассматриваемого устройства РЗА соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно рассчитывать и выбирать рассматриваемое устройство РЗА – соответствует продвинутому уровню; в дополнение к продвинутому владеть дополнительными знаниями по защите рассматриваемого объекта – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-7 «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике»** в результате выполнения контрольной работы.

Оценивается полнота и правильность выполнения 2-х заданий. Одно выполненное задание соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, два выполненных задания – продвинутому уровню; два выполненных задания с использованием дополнительной справочной информации и нормативных правовых актов – эталонному уровню.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции **ПК-8 «способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса»** преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, расчетному заданию, контрольным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросах, заданий по практическим занятиям.

Принимается во внимание **знание(я)** обучающимися:

- принципов выполнения устройств релейной защиты автоматики и противоаварийной автоматики применяемых в энергосистемах;
- назначения и характеристик измерительных преобразователей;
- проблем обеспечения статической устойчивости параллельной работы электрических станций в установившемся нормальном и послеаварийном режимах и необходимости сохранения динамической устойчивости при электромагнитных и электромеханических переходных процессах в аварийном режиме;
- элементной базы технических устройств РЗ и А и противоаварийной автоматики;

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-8 «способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса»** в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ задается 2 вопроса из примерного перечня:

1. Токовая защита трансформатора с комбинированным пуском по напряжению
2. Токовая защита обратной последовательности и защиты от перегрузки трансформатора.
3. Полная схема защиты трансформатора на переменном оперативном токе.
4. Полная схема защиты трансформатора на постоянном оперативном токе.
5. Токораспределение при к.з. в цепи трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «полная звезда».
6. Токораспределение для защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «треугольник», а реле в «звезду».
7. Токораспределение для защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «на разность токов».
8. Токораспределение дифференциальной защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при к.з. в не зоны действия.
9. Токораспределение дифференциальной защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при к.з. в зоне действия.
10. Дифференциальная токовая отсечка трансформатора.
11. Виды повреждений и ненормальные режимы работы генераторов.
12. Продольно дифференциальная защита генераторов мощностью до 30 МВт.
13. Продольно дифференциальная защита генераторов мощностью более 30 МВт.
14. Поперечная дифференциальная защита генераторов.
15. Защита генераторов от замыканий на землю в обмотке статора.
16. Токовая защита обратной последовательности от внешних к.з. и перегрузок генератора.
17. Защита от замыканий на землю в одной точке ротора.
18. Защита от замыканий на землю во второй точке ротора.
19. Защита от перегрузки током ротора.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один вопрос и частичный на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции **ПК-8 «способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса»** в результате выполнения контрольной работы.

Оценивается полнота и правильность выполнения 2-х заданий. Одно выполненное задание соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, два выполненных задания – продвинутому уровню; два выполненных задания с использованием дополнительной справочной информации и нормативных правовых актов – эталонному уровню.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям, расчетно-графическим работам, контрольным работам. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – контрольных опросах, защитах лабораторных работ, расчетно-графических работ, заданий по практическим занятиям.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»).

но»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 7 семестр.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

13. Назначение устройств РЗА и основные требования, предъявляемые к этим устройствам.
14. Структурный состав устройств РЗ и А.
15. Повреждения и не нормальные режимы работы с энергосистемах.
16. Общая характеристика релейных защит с абсолютной и относительной селективностью.
17. Измерительные преобразователи тока.
18. Измерительные преобразователи напряжения.
19. Схемы включения измерительных преобразователей тока и их назначение.
20. Токовые ступенчатые защиты линий.
21. Токовые направленные защиты линий.
22. Токовые и токовые направленные защиты от замыканий на землю линий 110 кВ и выше.
23. Защиты линий 6-35 кВ от замыканий на землю.
24. Дистанционные защиты линий. Принцип действия и виды характеристик.
25. Выбор параметров дистанционной защиты линий.
26. Входные напряжения и токи измерительных органов сопротивления.
27. Схема трехсистемной трехступенчатой дистанционной защиты линий.
28. Двухступенчатая токовая защита линий 35 кВ с пуском по напряжению.
29. Поперечная дифференциальная защита линий, подключенных через общий выключатель.
30. Направленная поперечная дифференциальная защита параллельных линий.
31. Продольная дифференциальная защита линий.
32. Высокочастотные защиты линий. Принципы выполнения.
33. Направленная защита линий с высокочастотной блокировкой.
34. Дифференциально фазная высокочастотная защита линий.
35. Организация высокочастотного канала связи по ВЛ.
36. Структура высокочастотного приемопередатчика.
37. Защита тупиковой линии 110 кВ от междуфазных и однофазных к.з.(полная схема).
38. Виды повреждений и ненормальных режимов работы силовых трансформаторов.
39. Токовая отсечка трансформаторов.
40. Дифференциальная защита трансформатора.
41. Особенности, учитываемые при расчете дифференциальной защиты трансформаторов.
42. Газовая защита трансформатора.
43. Токовая защита трансформатора с комбинированным пуском по напряжению
44. Токовая защита обратной последовательности и защиты от перегрузки трансформатора.
45. Полная схема защиты трансформатора на переменном оперативном токе.
46. Полная схема защиты трансформатора на постоянном оперативном токе.
47. Токораспределение при к.з. в цепи трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «полная звезда».

48. Токораспределение для защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «треугольник», а реле в «звезду».
49. Токораспределение для защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при включении трансформаторов тока по схеме «на разность токов».
50. Токораспределение дифференциальной защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при к.з. в не зоны действия.
51. Токораспределение дифференциальной защиты трансформатора со схемой соединения  $\lambda/\Delta$  -11 при к.з. в зоне действия.
52. Дифференциальная токовая отсечка трансформатора.
53. Виды повреждений и ненормальные режимы работы генераторов.
54. Продольно дифференциальная защита генераторов мощностью до 30 МВт.
55. Продольно дифференциальная защита генераторов мощностью более 30 МВт.
56. Поперечная дифференциальная защита генераторов.
57. Защита генераторов от замыканий на землю в обмотке статора.
58. Токовая защита обратной последовательности от внешних к.з. и перегрузок генератора.
59. Защита от замыканий на землю в одной точке ротора.
60. Защита от замыканий на землю во второй точке ротора.
61. Защита от перегрузки током ротора.
62. Виды повреждений и ненормальных режимов работы электрических двигателей.
63. Токовая отсечка двигателя. Однорелейная схема.
64. Токовая отсечка двигателя, выполненная с помощью двух реле.
65. Дифференциальная защита двигателя.
66. Защита двигателя от замыкания на землю.
67. Полная схема защиты асинхронного двигателя 6,3 кВ мощностью менее 4000 кВт.
68. Полная схема защиты асинхронного двигателя 6,3 кВ мощностью 4000 кВт и более.
69. Схема защиты двигателя, подключенного через пускатель на напряжения до 1000 В.
70. Конструкция и принцип действия реле РНТ-565.

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по выполнению и защите лабораторных работ, выполнению расчетных заданий и заданий на самостоятельную работу.

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Овчаренко Н.И. Автоматика энергосистем. -М.: Изд. Дом МЭИ, 2007.  
<http://www.nelbook.ru/?book=2>
2. Булычев, А.В. Релейная защита в распределительных электрических сетях. Пособие для практических расчетов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : ЭНАС, 2011. — 206 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=38555](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38555) — Загл. с экрана.

#### **б) дополнительная**

1. Релейная защита элементов электрических систем. Сборник лабораторных работ по учебной дисциплине «Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения», «Системная автоматика и релейная защита» /Сост. В.С. Ковженкин, Л.С. Певцова. – Смоленск: РИО филиала ГОУВПО «МЭИ(ТУ)» в г. Смоленске, 2008.

2. Релейная защита воздушных линий электропередачи/Сост.: В. С. Кавженкин, Л. С. Певцова – Смоленск: РИО филиала ГОУ ВПО «МЭИ(ТУ)» в г. Смоленске, 2009. – 28 с.

3. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" : [для бакалавров напр. "Электроэнергетика и электротехника", профили "Электроснабжение" и "Электроэнергетические системы и сети"] / СФ МЭИ; сост. В.С. Ковженкин, Л.С. Певцова .— Смоленск : СФ МЭИ, 2015 .— 27, [1] с. : ил. — Библиогр.: с. 26 .— 31.82.

4. Дьяков, Анатолий Федорович. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем : учеб.пособие для вузов по направл.подгот.140200"Электроэнергетика" / А. Ф. Дьяков, Н. И. Овчаренко .— М. : Изд. дом МЭИ, 2008 .— 335 с.+ 2л. вкл. : ил. — ISBN 978-5-383-00244-5 : 594.00.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины**

1. Микропроцессорные системы <http://electricalschool.info/electronica/1197-mikroprocessornye-sistemy.html>

2. Структура микропроцессорных систем управления [http://radiomaster.ru/stati/mps/k580/1\\_k580.php](http://radiomaster.ru/stati/mps/k580/1_k580.php)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает лекции каждую неделю, практические занятия и лабораторные работы раз в две недели. Изучение курса завершается экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях и лабораторных работах, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**Практические занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Содержание практических занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;  
прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;  
способствуют свободному оперированию терминологией;  
предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

На практических занятиях выполняются индивидуальные расчетные задания. Студент готовит отчет о работе (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Лабораторные работы** по данной дисциплине проводятся в лаб.№ А119 оснащенной стендами.

Автор: канд. техн. наук, доцент

В.С. Ковженкин

И.о.зав. кафедрой ЭЭС,  
канд. технич. наук

Р.В. Солопов

Программа одобрена на заседании кафедры ЭЭС протокол №1 от 08.09.2016 года.



### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- ме- нен- ных	заме- ме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10