



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Электротехнический факультет

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Handwritten signature of N. V. Lobov

Н. В. Лобов

2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы бакалавриата:

Электроснабжение

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

микропроцессорных средств автоматизации

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр(ы): 8

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

6 3Е

Часов по рабочему учебному плану:

216 ч

Виды контроля:

Экзамен: -
Диф. зачёт: 8 семестр

Курсовой проект: 8 семестр
Курсовая работа: -

Пермь
2017

Учебно-методический комплекс дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «03» сентября 2015 г. номер приказа «955» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»;

- компетентностной модели выпускника СПОП по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение», утверждённого «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Электроэнергетическое оборудование, Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Диагностика и надёжность электротехнических и электроэнергетических систем, Электрические станции и подстанции 1, Переходные процессы в электроэнергетических системах, Электроэнергетические системы и сети, Электроснабжение, Производственное оборудование и его эксплуатация, Автоматизация проектирования, Энергоснабжение, Информационное обеспечение систем управления, Энергосбережение и энергоаудит, Альтернативные и возобновляемые источники энергии, Микропроцессорные средства автоматизации в электроэнергетике, Организация и планирование производств в электроэнергетике и электротехнике, Электрические станции и подстанции 2, Средства автоматизации и управления.

Разработчики

канд. техн. наук
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.В. Ромодин
(инициалы, фамилия)

(ученая степень, звание)

(подпись)

А.В. Кухарчук
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.П. Казанцев
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микропроцессорных средств автоматизации «06» сентября 2017 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией электротехнического факультета « 14 » 09 2017 г., протокол № 4 .

Председатель учебно-методической комиссии
электротехнического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Л. Гольдштейн
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой МСА

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины - формирования комплекса знаний в области релейной защиты и автоматики систем электроснабжения (СЭС), в том числе выполнения и технической реализации устройств релейной защиты и автоматики основных элементов системы электроснабжения.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

- 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);
- Способность проводить обоснование проектных решений (ПК-4).

1.2 Задачи учебной дисциплины

- **изучение** теоретических основ релейной защиты и автоматики, методов расчёта параметров настройки устройств релейной защиты и автоматики элементов систем электроснабжения;
- **формирование умения** проектировать компоненты систем релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- **формирование умения** работать над проектами систем релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- **формирование навыков** использования информационных технологий при проектировании средств релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты

- характеристики токов и напряжений в ненормальных и аварийных режимах распределительных электрических сетей и основных электроприёмников;
- основные типы релейных защит;
- расчёты и выбор параметров релейной защиты;
- области автоматизированного управления состояниями схем питания потребителей и электроприёмников;
- характеристики и выбор аппаратов автоматического повторного включения, ввода резервного электрооборудования, синхронизации и др.;
- основные сведения о телемеханизации и диспетчерском управлении.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» относится к вариативной части блока 1 Дисциплины (модули) и является обязательной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
 - элементную базу, характеристики, эксплуатационные требования и регулировочные свойства средств РЗА электроэнергетических систем;
 - основные понятия и принципы построения релейной защиты, средств противоаварийной автоматики и автоматизации электроэнергетических систем;
 - методики проектирования средств РЗА;
 - принципы разработки структурных и упрощённых принципиальных схем основных типов систем РЗА с применением современных информационных технологий;
 - этапы развития, области применения и направления развития средств РЗА;

- физические явления, протекающие в системах РЗА, и основы теории их функционирования;
- методы расчёта основных параметров и характеристик средств РЗА;
- принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;

• **уметь:**

- формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета с его публичной защитой;
- составлять и оформлять документацию, предусмотренную правилами эксплуатации средств РЗА, используя современные информационные и телекоммуникационные технологии.

- использовать современные информационные и телекоммуникационные технологии для повышения надёжности, чувствительности, селективности и быстродействия средств РЗА;

- применять, эксплуатировать и производить выбор оборудования элементов релейной защиты и автоматики;

- выбирать и реализовывать эффективные алгоритмы работы средств РЗА в зависимости от предъявляемых требований;

• **владеть:**

- навыками проектирования средств РЗА;
- навыками проведения регламентных работ по наладке и испытанию средств РЗА;
- навыками применения современных компьютерных технологий для получения информации в сфере релейной защиты и автоматизации систем электроснабжения;
- навыками расчёта основных параметров и характеристик средств РЗА.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Электроэнергетическое оборудование, Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Диагностика и надёжность электротехнических и электроэнергетических систем, Электрические станции и подстанции 1, Переходные процессы в электроэнергетических системах, Электроэнергетические системы и сети, Электроснабжение, Производственное оборудование и его эксплуатация, Автоматизация проектирования, Энергоснабжение, Электрические станции и подстанции 2, Энергосбережение и энергоаудит, Альтернативные и возобновляемые источники энергии, Микропроцессорные средства	-

		автоматизации в электроэнергетике, Средства автоматизации и управления	
ПК-4	Способность проводить обоснование проектных решений	Электроэнергетическое оборудование, Электрические станции и подстанции 1, Электроэнергетические системы и сети, Производственное оборудование и его эксплуатация, Электрические станции и подстанции 2, Энергосбережение и энергоаудит, Альтернативные и возобновляемые источники энергии, Микропроцессорные средства автоматизации в электроэнергетике, Средства автоматизации и управления	-

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-3; ПК-4.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код	Формулировка компетенции
ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-3.Б1.В.11	Способность принимать участие в проектировании электроэнергетических и электротехнических систем в части разделов РЗиА, а именно первичных, вторичных цепей; монтажных схемы; ретрофит, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент Знает: – элементную базу, характеристики, эксплуатационные требования и регулировочные свойства средств РЗиА электроэнергетических систем; – основные понятия и принципы построения релейной защиты, средств противоаварийной автоматики и автоматизации электроэнергетических систем; – методики проектирования средств РЗиА;	Лекции. СРС.	Контрольные и тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: – формировать законченное представление о принятых решениях и	Практические занятия Лабораторные работы.	Задание на выполнение лабораторных работ.

полученных результатах в виде научно-технического отчета с его публичной защитой; – составлять и оформлять документацию, предусмотренную правилами эксплуатации средств РЗА, используя современные информационные и телекоммуникационные технологии.	СРС.	Типовое задание к курсовому проекту.
Владеет: – навыками проектирования средств РЗА; – навыками проведения регламентных работ по наладке и испытанию средств РЗА.	Лабораторные работы. Курсовое проектирование. СРС по подготовке к зачету.	Задание на выполнение лабораторных работ. Типовое задание к курсовому проекту.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-4

Код	Формулировка компетенции
ПК-4	Способность проводить обоснование проектных решений

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-4. Б1.В.11	Способность проводить обоснование проектных решений при выполнении работ по проектированию, эксплуатации, монтаже, пуско-наладке средств РЗА

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенций студент Знает: – принципы разработки структурных и упрощённых принципиальных схем основных типов систем РЗА с применением современных информационных технологий; – этапы развития, области применения и направления развития средств РЗА; – физические явления, протекающие в системах РЗА, и основы теории их функционирования; – методы расчёта основных параметров и характеристик средств РЗА; – принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;	Контрольные и тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля.	Контрольные и тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: – использовать современные информационные и телекоммуникационные технологии для повышения надёжности, чувствительности, селективности и	Задание на выполнение лабораторных работ. Типовое задание к курсовому проекту.	Задание на выполнение лабораторных работ. Типовое задание к курсовому проекту.

быстродействия средств РЗиА; – составлять и оформлять документацию, предусмотренную правилами эксплуатации средств РЗиА, используя современные информационные и телекоммуникационные технологии; – применять, эксплуатировать и производить выбор оборудования элементов релейной защиты и автоматики; – выбирать и реализовывать эффективные алгоритмы работы средств РЗиА в зависимости от предъявляемых требований;		
Владеет: – навыками применения современных компьютерных технологий для получения информации в сфере релейной защиты и автоматизации систем электроснабжения; – навыками расчёта основных параметров и характеристик средств РЗиА.	Задание на выполнение лабораторных работ. Типовое задание к курсовому проекту.	Задание на выполнение лабораторных работ. Типовое задание к курсовому проекту.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 6 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 8	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	60	60
	- в том числе в интерактивной форме	52	52
	- лекции (Л)	24	24
	- практические занятия (ПЗ)	8	8
	- лабораторные работы (ЛР)	24	24
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	156	156
	- изучение теоретического материала	36	36
	- расчётно-графические работы	–	–
	- курсовой проект	36	36
	- курсовая работа	–	–
	- реферат	–	–
	- подготовка к лабораторным занятиям	40	40
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	30	30
	- подготовка к практическим занятиям	14	14
	- индивидуальные задания	–	–
	- другие виды самостоятельной работы	–	–
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) дисциплине:	диф. зачет	

5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	216	216
	в зачётных единицах (ЗЕ)	6	6

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плин ы	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудо- ёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа					итого вый контр оль	самосто- -ятель- ная работа	
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КС Р			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	0,5	0,5						0,5
		1	2	1,5	0,5				4	6
		2	3	1,5	0,5	1			7,5	10,5
	2	3	4,5	2	0,5	2			9,5	14
		4	6	1,5	0,5	4			9	15
		5	7,5	1,5	1	5			11	18,5
	3	6	4	1,5	0,5	2			8	12
		7	4,5	2	0,5	2			7,5	12
		8	5	2	1	2			7,5	12,5
			2				2			2
	Итого по модулю:		39	14	5	18	2		64	103 / 2,86
2	4	9	2,5	1,5	1				6,5	9
		10	2	1,5	0,5				7,5	9,5
	5	11	2	1,5	0,5				6,5	8,5
		12	4	1,5	0,5	2			10	14
		13	2	1,5	0,5				6,5	8,5
	6	14	3	1		2			10	13
		15	3	1		2			9	12
		Заключе- ние	0,5	0,5						0,5
			2				2			2
	Итого по модулю:		21	10	3	6	2		56	77 / 2,14
	Курсовой проект								36	36,0 / 1
Промежуточная аттестация								Диф. зачет		
Итого:			60	24	8	24	4		156	216/ 6

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1 Релейная защита электроэнергетических систем

Л – 4 ч, ПЗ – 5 ч, ЛР – 18 ч, СРС – 64 ч, КСР – 2 ч.

Введение

Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. История развития РЗА. Роль курса в формировании бакалавра-инженера. Связь РЗА с другими дисциплинами.

Раздел 1 Режимы работы системы электроснабжения

Тема 1 Виды повреждений в СЭС и требования к РЗА

Повреждения и ненормальные режимы работы системы электроснабжения и её отдельных элементов. Векторные диаграммы токов и напряжений при коротких замыканиях (КЗ) в системе электроснабжения. Требования к устройствам релейной защиты и автоматики. Характеристики токов и напряжений в нормальных аварийных режимах распределительных электрических сетей и основных электроприёмников.

Тема 2 Вопросы автоматического управления системами электроснабжения

Общие вопросы теории и практики автоматического и автоматизированного управления в системах электроснабжения. Назначение и виды устройств релейной защиты и автоматики в системах электроснабжения.

Раздел 2 Токовые защиты систем электроснабжения

Тема 3 Первичные измерительные преобразователи

Трансформаторы тока в устройствах релейной защиты. Измерительные и логические реле. Источники оперативного тока. Применение основных типов релейной защиты; расчёты и выбор параметров аппаратов.

Тема 4 Виды токовых защит

Токовые защиты линий с односторонним питанием от междуфазных КЗ. Максимальная токовая защита. Токовая отсечка. Токовая защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени. Типовые схемы измерительных органов токовых защит. Принципиальные схемы токовых защит. Токовые защиты с использованием предохранителей с плавкой вставкой и автоматических выключателей.

Тема 5 Токовые защиты сетей электроснабжения

Токовая защита линий от замыканий на землю в сети с заземленной, изолированной и компенсированной нейтралью. Релейная защита линий с двухсторонним питанием. Токовая направленная защита. Дистанционная защита линии. Сопротивление и время срабатывания ступеней дистанционной защиты, реле направления мощности, «Девяностоградусная» схема включения реле направления мощности.

Раздел 3 Защита элементов сетей электроснабжения

Тема 6 Виды дифференциальных токовых защит

Продольная дифференциальная токовая защита линии. Поперечная дифференциальная токовая защита сдвоенной линии. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита параллельных линий.

Тема 7 Релейная защита трансформаторов

Релейная защита трансформаторов. Основные защиты трансформатора (двухступенчатая токовая защита, газовая защита, продольная дифференциальная токовая защита). Резервные защиты трансформатора.

Тема 8 Релейная защита электрических двигателей

Релейная защита электрических двигателей. Двухступенчатая токовая защита, продольная дифференциальная токовая защита. Защита двигателей от перегрузки, защита от исчезновения питания, защита двигателей от однофазных и двойных замыканий на землю в цепи статора. Защита синхронного двигателя от асинхронного хода.

Модуль 2 Автоматизация и противоаварийная автоматика электроэнергетических систем

Л – 10 ч, ПЗ – 3 ч, ЛР – 6 ч, СРС – 56 ч, КСР – 2 ч.

Раздел 4 Автоматизация управления систем электроснабжения

Тема 9 Автоматизированное управление состоянием схем питания потребителей

Области автоматизированного управления состояниями схем питания потребителей и электроприёмников; характеристики и выбор аппаратов автоматического повторного

включения, ввода резервного электрооборудования, синхронизации и др. Основные принципы регулирования частоты в электроэнергетических системах. Возможные последствия возникновения дефицита активной мощности в системе. «Лавина» частоты. Регулирующий эффект нагрузки, принципы организации автоматической частотной разгрузки (АЧР). Быстродействующая и медленнодействующая категории АЧР. АПВ после АЧР. Реле частоты, принципиальная схема АЧР.

Тема 10 Автоматическое повторное включение

Возможности ускорения действия защиты линий при наличии АПВ. Требования к устройствам АПВ. Механическое и электрическое АПВ. АПВ трансформатора. АПВ линий с односторонним питанием.

Раздел 5 Противоаварийная автоматика подстанций

Тема 11 Автоматический ввод резерва

Требования к устройствам АВР; одностороннее и двухстороннее АВР. АВР трансформатора. АВР линии.

Тема 12 Противоаварийная автоматика силовых трансформаторов

Автоматическое отключение трансформатора на подстанции, выполненной по упрощенной схеме. Автоматическая аварийная разгрузка трансформатора. Автоматическое управление режимами трансформатора. Автоматическое регулирование коэффициента трансформации понижающего трансформатора.

Тема 13 Противоаварийная автоматика синхронных машин

Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин, регулирование возбуждения по возмущающемуся воздействию и по отклонению напряжения от установленного значения. Автоматическое управление конденсаторными батареями.

Раздел 6 Телемеханизация и диспетчерское управление системами электроснабжения

Тема 14 Автоматизация диспетчерского управления системами электроснабжения

Основные сведения о телемеханизации и диспетчерском управлении. Телемеханизация как основа автоматизации диспетчерского управления системой электроснабжения. Понятие сообщения, сигнала, помехи, канала связи, информации. Количественная мера информации. Виды телемеханической информации.

Тема 15 Передача данных в системах электроснабжения

Несущий процесс, виды модуляции, кодо-импульсная модуляция. Помехозащитные коды. Принципы построения и структура кодо-импульсного устройства телемеханики. Примеры современных кодо-импульсных устройств телемеханики ближнего действия.

Заключение

Подведение итогов изучения дисциплины.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	2, 3	Выбор и проверка измерительных преобразователей: трансформаторов тока и напряжения
2	4, 5	Расчёт параметров (уставок) ненаправленных МТЗ, ТО
3	5	Выбор уставок защиты линий с односторонним и двусторонним питанием посредством максимальных фазных токовых отсечек без выдержки и с выдержкой времени и направленных максимально токовых защит.
4	6, 7	Расчёт параметров (уставок) дифференциальной защиты трансформаторов.

5	6,8	Расчёт параметров (уставок) релейной защиты асинхронных электродвигателей
6	6, 8	Расчёт параметров (уставок) релейной защиты синхронных электродвигателей и генераторов
7	9, 10, 11	Расчёт уставок местных и сетевых устройств АПВ и АВР
8	9, 12, 13	Расчёт уставок АПВ и АВР, в т.ч. трансформаторов и синхронных машин

Для подготовки к практическим занятиям требуется изучение следующих вопросов:

Тема 3. Векторные диаграммы токов вторичных цепей максимальных токовых защиты.

Тема 4. Направленные максимальные токовые защиты.

Тема 5. Выбор уставок направленных максимальных токовых защит.

Тема 6. Выбор уставок продольной дифференциальной защиты трансформаторов.

Тема 7. Алгоритм расчёта продольной дифференциальной защиты трансформатора на базе цифровых реле.

Тема 8. Алгоритм расчёта продольной дифференциальной защиты электродвигателей на базе цифровых реле.

Тема 9. Схемы вторичной коммутации устройств автоматики

Тема 10. Схема и реализации устройств АПВ для различных видов приводов коммутационных аппаратов.

Тема 11. Принципиальные схемы сетевых АВР.

Тема 12. Расчёт автоматики АЧР, АПВ, АВР и их реализации в зависимости от типа привода коммутационных аппаратов и системы оперативного тока.

Тема 13. Противоаварийная автоматика высоковольтного электропривода.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	Исследование устройства и принципа действия электромагнитных реле
2	3	Исследование измерительных трансформаторов тока в релейной защите
3	3, 4, 5	Исследование вторичные цепи релейной защиты на переменном оперативном токе на примере КРУн типа К-59
4	4, 5	Исследование микропроцессорных реле защит
5	4, 5	Исследование максимальных токовых защиты в радиальной сети 6-35 кВ с односторонним питанием
6	5	Исследование направленных максимальных токовые защиты линий сети с двусторонним питанием
7	6, 7, 12	Исследование релейной защиты понижающего трансформатора
8	4, 5	Обслуживание и наладка средств релейной защиты и автоматики
9	14, 15	Работа с осциллограммами аварийных процессов
10	6, 7, 8	Исследование программных средств автоматизации проектирования средств РЗА

Для подготовки к лабораторным занятиям требуется изучение следующих вопросов:

Тема 2. Принципы действия, наладки и эксплуатации электромагнитных реле.

Тема 3. Схемы соединения измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Тема 4. Принцип действия, наладки и эксплуатации реле индукционного типа, принципов организации систем переменного оперативного тока.

Тема 5. Типы, принцип действия, наладка и эксплуатация реле направления мощности.

Тема 6. Типы, принцип действия, наладка и эксплуатация реле дифференциальной защиты с торможением и без торможения.

Тема 7. Выполнение дифференциальной защиты трансформаторов.

Тема 8. Выполнение дифференциальной защиты двигателей и генераторов.

Тема 12. Автоматика АЧР, АПВ, АВР и их реализации в зависимости от типа привода коммутационных аппаратов и системы оперативного тока.

Тема 14. Требования к проектированию систем телемеханики и диспетчеризации.

Тема 15. Протоколы передачи данных в системах электроснабжения.

4.5. Курсовой проект (курсовая работа)

Тема типового курсового проекта «Проектирование устройств релейной защиты и автоматики сетевого района».

Курсовой проект выполняется по вариантам, вариант, соответствующий исходной схеме, принимается по порядковому номеру студента в списке группы, в случае если порядковый номер в списке группы больше 30, студент с порядковым номером 31 выполняет 1 вариант, 32 выполняет 2 вариант и т.д.

Для выбранной согласно варианту схемы электроснабжения объекта следует спроектировать и рассчитать уставки микропроцессорных устройств РЗА следующих элементов: трансформатора(ов), распределительных линий, СД и АД, батарей статических конденсаторов, трансформаторных подстанций, воздушных линий. Необходимо выполнить следующее:

- определить типы защит от возможных повреждений каждого из вышеперечисленных элементов схемы;
- наметить места установки защит и выбрать исполнение схемы каждой из защит;
- на основании данных по токам короткого замыкания рассчитать уставки срабатывания защит;
- выбрать измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- выбрать типы реле для схемы РЗ и рассчитать их параметры для каждого типа РЗ;
- составить карту селективности действия выбранных типов защит;
- выбрать защиту от понижения напряжения для электродвигателей при необходимости;
- выбрать тип и схему автоматики элементов схемы электроснабжения, дать обоснование выбранной схемы;
- приняв сопротивление энергосистемы на 10% меньше, проверить отходящие с подстанции линии и измерительные трансформаторы тока по условиям термической и электродинамической стойкости.

В расчетно-пояснительной записке содержатся результаты выполнения курсового проекта, которые оформляются в 4-х разделах.

4.6. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.7. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.

2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.

3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	4,0
2	Изучение теоретического материала	6,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,5
3	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,0
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
4	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,0
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
5	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	3,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
6	Изучение теоретического материала	3,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
7	Изучение теоретического материала	3,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,0
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
8	Изучение теоретического материала	3,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,0
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
9	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	3,0
10	Изучение теоретического материала	4,5
	Подготовка к практическим занятиям	3,0
11	Изучение теоретического материала	3,5

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
	Подготовка к практическим занятиям	3,0
12	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к практическим занятиям	3
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
13	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	3,0
14	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
15	Изучение теоретического материала	5
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,5
	Подготовка отчетов по лабораторным работам	1,5
	Курсовой проект	36,0
	Итого: в ч / в 3Е	156,0 / 4,3

5.2. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Требования правил устройства электроустановок в части раздела 3.

Тема 2. Назначение и виды устройств общесистемной и местной автоматики

Тема 3. Альтернативные способы измерения тока в силовых цепях

Тема 4. Релейная защита на подстанциях с выключателями нагрузки. Схемы токовых защит с дешунтированием электромагнитов отключения.

Тема 6. Способы снижения токов небаланса в схемах продольной и поперечной дифференциальной защиты.

Тема 7. Защита устройств РПН силовых трансформаторов. Защита авто- и вольтодобавочных трансформаторов.

Тема 8. Релейная защита многоскоростных электродвигателей. Методика расчёта продольной дифференциальной защиты на базе современных микропроцессорных устройств.

Тема 9. Реализация автоматики АЧР с использованием цифровых реле. Расчёт уставок автоматики АЧР.

Тема 11. Быстродействующие устройства АВР. Сетевые АВР.

Тема 12. Автоматическое управление режимом работы автотрансформаторов.

Тема 14. Протоколы и требования к обмену информации по ГОСТ Р МЭК 870-6-2-2000.

Тема 15. Современные системы телемеханизации на базе микропроцессорных устройств.

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения. При проведении практических и лабораторных занятий преследуются

следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области проектирования электромеханических систем, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение лабораторных и практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- опрос студентов на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- тестирование (модуль 1, 2);
- защита лабораторных работ (модуль 1, 2);
- защита курсового проекта (модуль 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт

Условия предоставления зачёта с оценкой по дисциплине:

- Зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля при выполнении заданий практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств, включающих типовые задания к курсовому проекту, задания контрольных работ, тестов, методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	КР	КП	ЛР, ПЗ	Зачёт
1	2	3	4	5	6	7
В результате освоения дисциплины студент						
Знает:						
– принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем		+		+		
– этапы развития, области применения и направления развития средств РЗА		+				
– методы расчёта основных параметров и	+	+		+		

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	ПК	КР	КП	ЛР, ПЗ	Зачёт
характеристик средств РЗА						
– методики проектирования средств РЗА		+		+		
– основные понятия и принципы построения релейной защиты, средств противоаварийной автоматики и автоматизации электроэнергетических систем		+		+		
– физические явления, протекающие в системах РЗА, и основы теории их функционирования		+		+		
– элементную базу, характеристики, эксплуатационные требования и регулировочные свойства средств РЗА электроэнергетических систем		+		+		
– принципы разработки структурных и упрощённые принципиальные схемы основных типов систем РЗА с применением современных информационных технологий	+	+		+		
Умеет:						
– применять, эксплуатировать и производить выбор оборудования элементов релейной защиты и автоматики				+	+	+
– формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчёта с его публичной защитой				+	+	+
– использовать современные информационные и телекоммуникационные технологии для повышения надёжности, чувствительности, селективности и быстродействия средств РЗА				+	+	+
– выбирать и реализовывать эффективные алгоритмы работы средств РЗА в зависимости от предъявляемых требований				+	+	+
– составлять и оформлять документацию, предусмотренную правилами эксплуатации средств РЗА, используя современные информационные и телекоммуникационные технологии				+	+	+
Владет:						
– навыками расчёта основных параметров и характеристик средств РЗА				+	+	+
– навыками применения современных компьютерных технологий для получения информации в сфере релейной защиты и автоматизации систем электроснабжения				+	+	+
– навыками проектирования средств РЗА				+	+	+
– навыками проведения регламентных работ по наладке и испытанию средств РЗА				+	+	+

Примечание:

ТК – текущий контроль проводимый в форме контрольных работ;

ПК – промежуточный контроль;

КП – курсовой проект;

ЛР, ПЗ – выполнение практических заданий и лабораторных работ с подготовкой отчёта.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	ч
Раздел:	P1			P2			P3			P4			P5			P6			
<i>Лекции</i>	2	2		2	2		2	2		2	2		2	2		2		2	24
<i>Практические занятия</i>			1		1	0,5	1	0,5	1		1	1		0,5	0,5				8
<i>Лабораторные работы</i>					6	5		3	3	1					3		3		24
<i>КСР</i>			1						1				1					1	4
<i>Изучение теоретического материала</i>	1	1	1,5	2,5	2	2	2	2	2	1,5	3	2	2,5	3	3	1	2	2	36
<i>Подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)</i>			3		8	6	2	3	3		2,5			2	3,5		4	3	40
<i>Подготовка отчетов по лабораторным</i>		1	2	2	2	2	2	2	2		1	2	1	3	2	1	2	3	30
<i>Курсовой проект</i>								5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		36
Модуль:	M1									M2									
Контр. тестирование									+									+	
Дисциплин. контроль																		+	Диф. зачёт

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.11 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины)	
	☐ базовая часть цикла ☒ обязательная по выбору студента ☒ вариативная часть цикла ☐ по выбору студента	
13.03.02 (код направления подготовки / специальности)	Электроэнергетика и электротехника профиль: Электроснабжение (полное название направления подготовки / специальности)	
ЭЭ / ЭС (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр	Форма обучения: ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ООП)	Семестр(-ы): <u>8</u>	Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>25</u>

- 1) Ромодин Александр Вячеславович, доцент, ЭТФ
кафедра МСА, телефон: 239-18-22
- 2) Кухарчук Александр Васильевич, ассистент, ЭТФ
кафедра МСА, телефон: 239-18-22

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1 Основная литература		
1	Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для вузов / В. А. Андреев .– 6-е изд., стер .– М. : Высш. шк., 2008 .– 639 с.	20
2	Схемы и подстанции электроснабжения : справочник : учебное пособие для вузов / Г. Н. Ополева .– Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2009 .– 479 с.	16
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
3	Релейная защита в задачах с решениями и примерами / А. М. Авербух .— Ленинград : Энергия, 1975 .– 416 с.	7
4	Релейная защита : учебное пособие для техникумов / Н. В. Чернобровов .– 5-е изд., перераб .– Москва : Энергия, 1974 .– 680 с.	12
2.2 Периодические издания		
5	Энергетик : производственно-массовый журнал / ЕЭС России; Всероссийский «Электропрофсоюз»; Единый энергетический комплекс; Энергопрогресс .– Москва : Энергопрогресс	
2.3 Нормативно-технические издания		
6	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей; Правила устройства электроустановок; СТО 59012820.29.240.008-2008 Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем.	Консультант Плюс
2.4 Официальные издания		
	не используются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на _____ « » _____

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

Основная литература

X

обеспечена

11

не обеспечена

Дополнительная литература

X

обеспечена

11

не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Handwritten signature

Н.В. Тюрикова

Текущие данные об обеспеченности на _____

(дата контроля литературы)

Основная литература

11

обеспечена

10

не обеспечена

Дополнительная литература

7

обеспечена

11

не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	ПЗ	Модель сети	–	Изучение принципов обеспечения селективности совместной работы релейной защиты по току и времени в простых сетях и сетях с двухсторонним питанием.
2	ЛР	Модель активно-адаптивной сети	–	Изучение влияния средств релейной защиты и автоматики на работу современных электроэнергетических систем
3	ЛР	Программное обеспечение стенда Комплекс изучение электромеханических реле защит и принципиальных схем и алгоритмов работы защиты	–	Изучение наладки и эксплуатации электромеханических реле и их схем

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-, видео-пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
+				Электромеханические реле
+				Экскурсия на подстанцию 110/10 кВ
+				Знакомимся - релейная защита силового трансформатора
+				Вакуумные выключатели. Принцип гашения дуги в вакууме
		+		Курс лекций по дисциплине «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Лаборатория активно-адаптивных систем	Кафедра МСА	04	58	12
2	Лаборатория энергосберегающих и энергооптимизирующих технологий	Кафедра МСА	106	34	12
3	Лаборатория автоматизации электрических сетей и электроснабжения	Кафедра МСА	101	37	18

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	Комплекс полунатурного моделирования активно-адаптивных сетей	1	Оперативное управление	04
2	Ячейка КРУн типа К-59	1	Оперативное управление	04
3	Комплекс изучение электромеханических реле защит и принципиальных схем и алгоритмов работы защиты	1	Оперативное управление	04
4	Микропроцессорная защита и современная коммутационная техника	1	Оперативное управление	106
5	Модель электрической системы	1	Оперативное управление	101

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		