

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Факультет приборостроения, электротехнических
и биотехнических систем

Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Тарасенко О.В.
2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы релейной защиты и автоматики»

По направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль: «Электроснабжение»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы релейной защиты и автоматики» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. – 31 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы релейной защиты и автоматики» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144.

СОСТАВИТЕЛЬ:

докт. техн. наук, профессор Захарчук А.С.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики «04» апреля 2023 г., протокол № 7

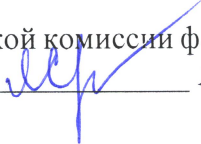
Заведующий кафедрой электроэнергетики  Половинка Д.В.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем

«18» апреля 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Захарчук А.С., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

1.1. Целью изучения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является: ознакомление с основными понятиями и терминами изучаемой дисциплины, которыми будущий специалист будет оперировать в своей практической деятельности; освоение базовых принципов построения устройств релейной защиты и автоматики и их функционирование как в нормальном, так и аварийном режимах на контролируемом объекте электротехнического назначения, освоить навыки расчета параметров защит.

1.2. Основными задачами данной дисциплины являются:

- освоение знаний о методах и технических средствах релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- освоенные дисциплины должно обеспечить студенту умение анализировать, эксплуатировать и создавать элементы релейной защиты и автоматики;
- приобретение первичных навыков работы с устройствами релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «*Основы релейной защиты и автоматики*» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: **знания** принципов построения и функционирования релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем, принципов оценки и расчета нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетического оборудования, основного состава проектной и технической документации в области релейной защиты и автоматики энергосистем, основных задач эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики, **умения** составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования, рассчитывать рабочие и аварийные токи электрооборудования, рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электро-энергетического оборудования, составлять техническую и проектную документацию по релейной защите; **навыки** выбора и построения систем релейной защиты и автоматики для объектов электроэнергетических систем, расчета аварийных режимов электроэнергети-

ческих систем сложной конфигурации, выполнения проектов и расчетов в области релейной защиты и автоматики энергосистем.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Электрические машины энергетических систем», «Электроэнергетические системы и сети», «Техника высоких напряжений» и служит основой для освоения дисциплины «Электрическая часть электрических станций и подстанций», «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах».

Дисциплина «Основы релейной защиты и автоматики» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-2. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: методы сбора и анализа данных для проектирования ПК-2.2. Уметь: выполнять сбор и анализ данных для проектирования, составлять конкурентно-способные варианты технических решений; обосновывать выбор целесообразного решения, подготавливать разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений; осуществлять контроль соответствия разрабатываемой предпроектной документации техническому заданию и нормативно-технической документации ПК-2.3. Владеть: принципами и методами проектирования объектов профессиональной деятельности	знать: принципы построения и функционирования релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем; принципы оценки и расчета нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетического оборудования; основной состав проектной и технической документации в области релейной защиты и автоматики энергосистем; основные задачи эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики;
		уметь: составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования; рассчитывать рабочие и аварийные токи электрооборудования; рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электроэнергетического оборудования; составлять техническую и проектную документацию по релейной защите;
		владеть: навыками выбора и построения систем релейной защиты и автоматики для объектов электроэнергетических систем; навыками расчета аварийных режимов электроэнергетических систем сложной конфигурации; навыками выполнения проектов и расчетов в области релейной защиты и автоматики энергосистем.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4зач. ед)	144 (4зач. ед)	144 (4зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	78		16
в том числе:			
Лекции	26		6
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия	26		6
Лабораторные работы	26		4
Самостоятельная работа студента (всего)	66		128
в том числе:			
Курсовая работа (курсовой проект)	36		36
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-		-
Форма аттестации	экзамен	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем. Назначение релейной защиты. Требования к релейной защите.

Изображение схем релейной защиты на чертежах. Элементы защиты. Принципы выполнения устройств релейной защиты. Источники оперативного тока.

Тема 2. Трансформаторы тока и схемы их соединений. Принцип действия.

Параметры, влияющие на уменьшение намагничивающего тока. Выбор трансформаторов тока и допустимой вторичной нагрузки. Типовые схемы соединений трансформаторов тока. Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду. Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду. Соединение трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду. Включение реле на разность токов двух фаз (схема восьмерки). Соединение трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности. Последовательное соединение трансформаторов тока. Параллельное соединение трансформаторов тока.

Тема 3. Реле. Электромагнитные реле тока и напряжения. Принцип действия.

Работа электромагнитного реле на переменном токе. Разновидности электромагнитных реле. Токовые реле. Реле напряжения. Промежуточные реле. Указательные реле. Реле времени.

Тема 4. Максимальная токовая защита. Принцип действия токовых защит. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени. Схемы защиты. Выбор тока срабатывания защиты. Чувствительность защиты. Выдержка времени

защиты МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения. Схема защиты. Ток срабатывания токовых реле. Напряжение срабатывания реле минимального напряжения. Чувствительность реле напряжения. Напряжение срабатывания реле нулевой последовательности. Применение защиты МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока. Принцип действия защиты. Индукционные реле. Схема защиты. Выдержки времени защит МТЗ на переменном оперативном токе. Схема с дешунтированием катушки отключения выключателей. Схемы с питанием оперативных цепей защиты от блоков питания защиты с использованием энергии заряженного конденсатора. Поведение МТЗ при двойных замыканиях на землю. Область применения МТЗ.

Тема 5. Токовые отсечки. Принцип действия. Схемы отсечек. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием. Ток срабатывания отсечки. Зона действия отсечки. Время действия отсечки. Неселективные отсечки. Отсечки на линиях с двусторонним питанием. Отсечки с выдержкой времени. Сеть с односторонним питанием. Сеть с двусторонним питанием. Токовая трехступенчатая защита. Применение токовых отсечек.

Тема 6. Измерительные трансформаторы напряжения. Принцип действия. Погрешности трансформаторов напряжения. Схемы соединений трансформаторов напряжения. Схема соединения трансформаторов напряжения в звезду. Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в открытый треугольник. Схема соединения трансформаторов напряжения в разомкнутый треугольник. Контроль за исправностью цепей напряжения.

Тема 7. Токовая направленная защита. Необходимость токовой направленной защиты. Индукционные реле направления мощности. Общие сведения. Конструкция и принцип действия. Типы реле мощности. Характеристики реле мощности. Полярность обмоток. Самоход. Индукционные реле мощности типа РБМ. Схема и принцип действия токовой направленной защиты. Схемы включения реле направления мощности. Требования к схемам включения 90° и 30° схемы. Работа реле, включенных по 90° и 30° схемам. Блокировка максимальной направленной защиты при замыканиях на землю. Выбор уставок защиты. Ток срабатывания пусковых реле. Выдержка времени защиты. Мертвая зона. Токовые направленные отсечки. Оценка токовых направленных защит.

Тема 8. Дифференциальная защита линий. Назначение и виды дифференциальных защит. Продольная дифференциальная защита. Принцип действия защиты. Токи небаланса в дифференциальной защите. Принципы выполнения продольной дифференциальной защиты. Комплект продольной дифференциальной защиты типа ДЗЛ. Оценка продольной дифференциальной защиты. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий. Общие сведения. Токовая поперечная дифференциальная защита. Принцип действия защиты. Мертвая зона защиты. Схема токовой поперечной дифференциальной защиты. Оценка токовой поперечной дифференциальной защиты. Направленная поперечная дифференциальная защита. Принцип действия. Автоматическая блокировка защиты. Зона каскадного действия. Мертвая зона по напряжению.

Схема направленной поперечной дифференциальной защиты. Выбор уставок направленной поперечной дифференциальной защиты. Оценка направленных поперечных дифференциальных защит. Направленная поперечная дифференциальная защита нулевой последовательности.

Тема 9. Защита трансформаторов и автотрансформаторов. Виды повреждений трансформаторов и типы используемых защит. Повреждения трансформаторов и защиты от них. Ненормальные режимы трансформаторов и защита от них. Дифференциальная защита трансформаторов. Назначение и принцип действия дифференциальной защиты.

Тема 10. Особенности дифференциальной защиты трансформаторов. Меры по выравниванию вторичных токов. Компенсация сдвига токов I_1 и I_2 по фазе. Выравнивание величин токов I_1 и I_2 . Токи небаланса в дифференциальной защите. Общие сведения. Причины повышенного тока небаланса в дифференциальной защите трансформаторов и автотрансформаторов. Расчет тока небаланса. Меры для предупреждения действия защиты от токов небаланса. Токи намагничивания силовых трансформаторов и автотрансформаторов при включении их под напряжение. Схемы дифференциальных защит. Дифференциальная токовая отсечка. Дифференциальная защита с токовыми реле, включенными через БНТ. Дифференциальная защита с реле имеющим торможение. Общие сведения. Характеристика реле с торможением. Оценка дифференциальных защит трансформаторов. Токовая отсечка трансформаторов. Газовая защита. Принцип действия и устройство газового реле. Оценка газовой защит. Защита от сверхтоков. Назначение защиты от сверхтоков. Максимальная токовая защита трансформаторов. Защита 2-х обмоточных понизительных трансформаторов. Защита трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения, или работающих на две секции шин. Защита трехобмоточных трансформаторов. Токовая защита с пуском по напряжению. Защита трансформаторов от перегрузки. Подстанция с персоналом. Подстанция без персонала. Защита от перегрузки трехобмоточных трансформаторов. Защита от перегрузки автотрансформаторов.

Тема 11. Защита электродвигателей 6-10 кВ. Повреждения и ненормальные режимы работы электродвигателей. Типы защит. Повреждения электродвигателей. Ненормальные режимы работы. Типы защит. Защита от многофазных КЗ. Защита от перегрузки. Защита минимального напряжения.

Тема 12. Автоматическое повторное включение (АПВ). Общие сведения. Классификация АПВ. Требования к схемам АПВ. Принцип действия схемы АПВ однократного действия. Ускорение действия релейной защиты с АПВ. Выполнение АПВ на переменном оперативном токе.

Тема 13. Автоматическое включение резервного питания (АВР). Общие сведения. Требования к схемам АВР. Принцип действия схемы АВР.

Тема 14. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Принцип действия АЧР.

Тема 15. Противоаварийная автоматика. Назначение и виды противоаварийной автоматики.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем	2		2
2.	Трансформаторы тока и схемы их соединений	2		
3.	Реле. Электромагнитные реле тока и напряжения	2		
4.	Максимальная токовая защита	2		
5.	Токовые отсечки	2		
6.	Измерительные трансформаторы напряжения	2		
7.	Токовая направленная защита	2		2
8.	Дифференциальная защита линий	2		
9.	Защита трансформаторов и автотрансформаторов	2		
10.	Особенности дифференциальной защиты трансформаторов.	2		
11.	Защита электродвигателей 6-10 кВ	1		
12.	Автоматическое повторное включение (АПВ)	1		
13.	Автоматическое включение резервного питания (АВР)	1		2
14.	Автоматическая частотная разгрузка (АЧР)	1		
15.	Противоаварийная автоматика	2		
Итого:		26		6

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1	Токовые и токовые направленные защиты линии электропередачи напряжением выше 1 кВ и их элементная база	2		2
	Определение коэффициентов схемы $k_{сх}$ и расчетных нагрузок трансформатора для различных схем соединения трансформаторов тока и реле			
2	Токовые защиты от междуфазных коротких замыканий	2		
3	Токовые защиты от замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью	2		
4	Токовая защита от коротких замыканий на землю в сетях с заземленной нейтралью	2		
5	Токовые направленные защиты	2		2
	Защита линий в сетях напряжением до 1 кВ плав-			

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
	кими предохранителями и расцепителями автоматических выключателей			
6	Защита плавкими предохранителями	2		
7	Защита расцепителями автоматических выключателей	2		
8	Защита предохранителями и расцепителями автоматических выключателей	2		2
	Защита трансформаторов			
9	Токовая отсечка и максимальная токовая защита	2		
10	Дифференциальные защиты	2		
11	Защита предохранителями	1		
	Защита электродвигателей			
12	Защита от перегрузки и токовая отсечка. Проверка наличия самозапуска. Защита от асинхронного хода синхронного двигателя.	1		
13	Защита предохранителями и тепловыми реле магнитных пускателей. Защита расцепителями автоматических выключателей	1		
14	Защита электродвигателя от неполнофазных режимов. Минимальная защита напряжения.	1		
15	Защита от однофазных повреждений на землю. Дифференциальная защита	2		
Итого:		26		6

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Устройство и исследование трансформаторов тока и схем их соединений	2		
2.	Исследование электромагнитных токовых реле	2		
3.	Исследование электромагнитных реле напряжения	2		
4.	Исследование максимальной токовой защиты питающей линии	2		2
5.	Исследование токовой отсечки питающей линии	2		2
6.	Устройство и исследование измерительных трансформаторов напряжения и схем их соединения обмоток	2		
7.	Исследование токовой направленной защиты питающей линии	2		
8.	Исследование дифференциальной защиты питающей линии	2		
9.	Исследование дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора с токовыми реле РНТ-565, включенными через БНТ.	2		

№	Название темы	Объем часов		
10.	Исследование дифференциальной защиты двухобмоточного трансформатора с токовыми реле ДЗТ-11, включенными через БНТ с торможением.	2		
11.	Устройство и исследование работы газовой защиты трансформатора	1		
12.	Исследование релейной защиты электродвигателей 6-10 кВ	1		
13.	Конструкция и исследование работы трансформатора тока нулевой последовательности (ТНП)	2		
14.	Исследование комплектного устройства РПВ-258 для автоматического повторного включения (АПВ) объектов электроэнергетической системы	2		
Итого:		26		4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1.	Соединение трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду. Включение реле на разность токов двух фаз (схема восьмерки). Соединение трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности. Последовательное соединение трансформаторов тока. Параллельное соединение трансформаторов тока.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		11
2.	Применение защиты МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока. Принцип действия защиты. Индукционные реле. Схема защиты. Выдержки времени защит МТЗ на переменном оперативном токе. Схема с дешунтированием катушки отключения выключателей. Схемы с питанием оперативных цепей защиты от блоков питания защиты с использованием энергии заряженного конденсатора.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		11

№	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
	Поведение МТЗ при двойных замыканиях на землю. Область применения МТЗ.				
3.	Отсечки на линиях с двусторонним питанием. Отсечки с выдержкой времени. Сеть с односторонним питанием. Сеть с двусторонним питанием. Токовая трехступенчатая защита.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		12
4.	Блокировка максимальной направленной защиты при замыканиях на землю. Выбор уставок защиты. Ток срабатывания пусковых реле. Выдержка времени защиты. Мертвая зона. Токовые направленные отсечки. Оценка токовых направленных защит.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3		12
5.	Направленная поперечная дифференциальная защита. Принцип действия. Автоматическая блокировка защиты. Зона каскадного действия. Мертвая зона по напряжению. Схема направленной поперечной дифференциальной защиты. Выбор уставок направленной поперечной дифференциальной защиты. Оценка направленных поперечных дифференциальных защит. Направленная поперечная дифференциальная защита нулевой последовательности.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3		12
6.	Дифференциальная токовая отсечка. Защита трансформаторов с расщепленной обмоткой	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		12

№	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
	низшего напряжения, или работающих на две секции шин. Защита трехобмоточных трансформаторов. Токовая защита с пуском по напряжению. Защита трансформаторов от перегрузки. Подстанция с персоналом. Подстанция без персонала. Защита от перегрузки трехобмоточных трансформаторов. Защита от перегрузки автотрансформаторов.				
7.	Защита от многофазных КЗ. Защита от перегрузки. Защита минимального напряжения.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		12
8.	Выполнение АПВ на переменном оперативном токе.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		10
9.	Курсовая работа на тему: «Расчет релейной защиты подстанции. Блок «Линия-трансформатор»»	Выполнение курсовой работы (проекта)	36		36
Итого:			66		128

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики».

Содержание курсовой работы.

1. Анализ характеристик объекта, который защищается. Выбор силового трансформатора. Выбор схемы присоединения силового трансформатора к сети.
2. Анализ повреждений и ненормальных режимов работы объекта предварительный выбор защиты. Выбор реле защиты.
3. Расчет токов короткого замыкания при работе системы с максимальной нагрузкой. Расчет токов короткого замыкания при работе системы с минимальной нагрузкой
4. Выбор трансформаторов тока.
5. Расчет токовой отсечки линии высокого напряжения.
6. Расчет максимальной токовой защиты линии высокого напряжения.
7. Расчет дифференциальной защиты трансформатора.
8. Расчет защиты трансформатора от перегрузки.
9. Выбор газовой защиты трансформатора
10. Расчет максимальной токовой защиты на стороне низкого напряжения
11. Разработка схемы релейной защиты блока "Линия - трансформатор"

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие, а именно, каждая лабораторная работа выполняется несколькими студентами совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого, каждый студент получает свое индивидуальное задание к лабораторной работе, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Щеглов А.И., Релейная защита электрических сетей : учеб.пособие / Щеглов А.И. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 144 с. - ISBN 978-5-7782-2653-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226531.html>. - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература

1. Танфильев О.В., Релейная защита в задачах и упражнениях : сборник задач / Танфильев О.В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 46 с. - ISBN 978-5-7782-2751-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778227514.html>. - Режим доступа : по подписке.

в) методические рекомендации

1. Конспект лекций по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»/Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2015. – 62 с.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» / Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 42 с.

3. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» / Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 54 с.

4. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» / Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 34 с.

5. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» / Сост. А.С. Захарчук. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2016. – 65 с.

г) интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

1. Гуревич, В.И. Микропроцессорные реле защиты: устройство, проблемы, перспективы / В.И. Гуревич. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 336 с. – ISBN 978-5-9729-0043-5. // [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144648>

2. Периодические издания Журнал «Энергетик». // [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php>

3. Интернет-ресурсы 1. Мельников, М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / М.А. Мельников. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2008. – 218 с. // [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/espp/literatura/Tab/M_Melnikov_Rel_zash_2008.pdf

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Основы релейной защиты и автоматики» предполагает использование специализированной лаборатории (ауд. 23 компьютерно-лабораторного центра) и академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-2 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	Пороговый	знать: принципы построения и функционирования релейной защиты и автоматики электро-энергетических систем; принципы оценки и расчета нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетического оборудования; основной состав проектной и технической документации в области релейной защиты и автоматики энергосистем; основные задачи эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики;
Основной		Базовый	уметь: составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования; рассчитывать рабочие и аварийные токи электрооборудования; рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электро-энергетического оборудования; составлять техническую и проектную документацию по релейной защите;
Заключительный		Высокий	владеть: навыками выбора и построения систем релейной защиты и автоматики для объектов электроэнергетических систем; навыками расчета аварийных режимов электроэнергетических систем сложной конфигурации; навыками выполнения проектов и расчетов в области релейной защиты и автоматики энергосистем.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
1	ПК-2	Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: методы сбора и анализа данных для проектирования ПК-2.2. Уметь: выполнять сбор и анализ данных для проектирования, составлять конкурентно-способные варианты технических решений; обосновывать выбор целесообразного решения, подготавливать разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений; осуществлять контроль соответствия разрабатываемой предпроектной документации техническому заданию и нормативно-технической документации ПК-2.3. Владеть: принципами и методами проектирования объектов профессиональной деятельности	Тема 1. Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем.	7/8
				Тема 2. Трансформаторы тока и схемы их соединений.	7/8
				Тема 3. Реле.	7/8
				Тема 4. Максимальная токовая защита.	7/8
				Тема 5. Токовые отсечки.	7/8
				Тема 6. Измерительные трансформаторы напряжения.	7/8
				Тема 7. Токовая направленная защита.	7/8
				Тема 8. Дифференциальная защита линий.	7/8
				Тема 9. Защита трансформаторов и автотрансформаторов.	7/8
				Тема 10. Особенности дифференциальной защиты трансформаторов.	7/8
				Тема 11. Защита электродвигателей 6-10 кВ.	7/8
				Тема 12. Автоматическое повторное включение (АПВ).	7/8
				Тема 13. Автоматическое включение резервного питания (АВР).	7/8
				Тема 14. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР).	7/8
				Тема 15. Противоаварийная автоматика.	7/8

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-2.1. Знать: методы сбора и анализа данных для проектирования	знать: принципы построения и функционирования релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем; принципы оценки и расчета нормальных и аварийных режимов работы электроэнергетического оборудования; основной состав проектной и технической документации в области релейной защиты и автоматики энергосистем; основные задачи эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики;	Тема 1. Общие вопросы выполнения релейной защиты электроэнергетических систем Тема 2. Трансформаторы тока и схемы их соединений. Тема 3. Реле. Тема 4. Максимальная токовая защита. Тема 5. Токовые отсечки. Тема 6. Измерительные трансформаторы напряжения. Тема 7. Токовая направленная защита. Тема 8. Дифференциальная защита линий. Тема 9. Защита трансформаторов и автотрансформаторов. Тема 10. Особенности дифференциальной защиты трансформаторов. Тема 11. Защита электродвигателей 6-10 кВ.	тестовые задания к лабораторным работам
		ПК-2.2. Уметь: выполнять сбор и анализ данных для проектирования, составлять конкурентно-способные варианты технических решений; обосновывать выбор целесообразного решения, подготавливать разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений; осуществлять контроль соответствия разрабатываемой предпроектной документации техническому заданию и нормативно-технической документации объектов профессиональной деятельности	уметь: составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования; рассчитывать рабочие и аварийные токи электрооборудования; рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электро-энергетического оборудования; составлять техническую и проектную документацию по релейной защите;		тестовые задания к лабораторным работам

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
		ПК-2.3. Владеть: принципами и методами проектирования объектов профессиональной деятельности	владеть: навыками выбора и построения систем релейной защиты и автоматики для объектов электроэнергетических систем; навыками расчета аварийных режимов электроэнергетических систем сложной конфигурации; навыками выполнения проектов и расчетов в области релейной защиты и автоматики энергосистем.	Тема 12. Автоматическое повторное включение (АПВ). Тема 13. Автоматическое включение резервного питания (АВР). Тема 14. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Тема 15. Противоаварийная автоматика.	тестовые задания к лабораторным работам

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине. Вопросы базового уровня позволяют определить умения составлять схемы для реализации релейной защиты и автоматики электроэнергетического оборудования; рассчитывать рабочие и аварийные токи электрооборудования; рассчитывать уставки релейной защиты и автоматики на основе данных о нормальных и аварийных режимах работы электроэнергетического оборудования. Вопросы высокого уровня диагностируют владение навыками выбора и построения систем релейной защиты и автоматики для объектов электроэнергетических систем; навыками расчета аварийных режимов электроэнергетических систем сложной конфигурации.

Тест №1

1. Назначение релейной защиты и автоматики:

- а) включение резервного оборудования при отказе рабочего;
- б) снижение потерь мощности и энергии в электрической сети;
- в) повышение качества электроэнергии в электрической сети;
- г) повышение надежности электроснабжения потребителей;
- д) верного ответа нет.

2. В распределительной сети короткое замыкание (КЗ):

- а) грозит нарушением устойчивости;

- б) сопровождается протеканием малых токов КЗ;
 - в) не грозит нарушением устойчивости и сопровождается протеканием больших токов КЗ;
 - г) сопровождается повышением напряжения в точке к КЗ;
 - д) верного ответа нет.
3. Основной вид защиты в распределительной сети 10 кВ:
- а) дистанционная;
 - б) дифференциальная;
 - в) дифференциально-фазная;
 - г) максимальная токовая;
 - д) верного ответа нет.
4. Токовая отсечка линии без выдержки времени:
- а) защищает всю линию;
 - б) защищает всю линию и следующую;
 - в) защищает только часть линии;
 - г) защищает ровно 5% длины линии;
 - д) верного ответа нет.
5. Максимальная токовая защита линии:
- а) обладает свойством абсолютной селективности;
 - б) работает всегда неселективно;
 - в) обладает свойством относительной селективности;
 - г) работает всегда селективно;
 - д) верного ответа нет.

Тест № 2

1. Максимальная токовая защита и токовая отсечка:
- а) имеют одинаковый принцип действия;
 - б) имеют одинаковые зоны действия;
 - в) имеют одинаковые выдержки времени;
 - г) обладают свойством абсолютной селективности;
 - д) верного ответа нет.
2. Ток срабатывания МТЗ отстраивается:
- а) от минимального рабочего тока;
 - б) от максимального рабочего тока;
 - в) от тока КЗ;
 - г) от тока небаланса;
 - д) верного ответа нет.
3. Ток срабатывания ТО линии отстраивается:
- а) от максимального рабочего тока;
 - б) от тока КЗ в месте установки защиты;
 - в) от минимального тока КЗ в конце защищаемой линии;
 - г) от максимального того КЗ в конце защищаемой линии;
 - д) верного ответа нет
4. Кратность тока КЗ это:
- а) то же, что и чувствительность защиты;
 - б) отношение тока к КЗ к току срабатывания реле;

- в) отношение тока КЗ к току срабатывания защиты;
 - г) отношение тока КЗ к максимальному рабочему току защищаемой линии;
 - д) верного ответа нет.
5. Токовая защита от замыканий на землю является:
- а) простой максимальной токовой защитой;
 - б) фильтровой с фильтром тока обратной последовательности;
 - в) фильтровой с фильтром тока прямой последовательности;
 - г) фильтровой с фильтром тока нулевой последовательности;
 - д) верного ответа нет.

Тест № 3

1. Под устройством релейной защиты подразумевается:
- а) совокупность устройств, действующих при возникновении аварии или перегрузки оборудования на его отключение или на сигнал;
 - б) совокупность устройств, осуществляющих регулирование напряжения в электрической сети;
 - в) совокупность устройств, обеспечивающих устойчивость электроэнергетических систем;
 - г) совокупность устройств, действующих измерения режимных параметров оборудования электрических сетей;
 - д) верного ответа нет.
2. В сетях 6-35 кВ ток замыкания фазы на землю является:
- а) емкостным током;
 - б) индуктивным током;
 - в) активным током;
 - г) активно-индуктивным током;
 - д) верного ответа нет.
3. При КЗ на землю чувствительность защиты можно повысить за счет:
- а) фильтра токов обратной последовательности;
 - б) фильтра токов прямой последовательности;
 - в) фильтра токов нулевой последовательности;
 - г) отстройки от тока небаланса;
 - д) верного ответа нет.
4. Объект релейной защиты (РЗ)?:
- а) зависит от вида РЗ;
 - б) определяет виды РЗ всегда;
 - в) не связан с видом РЗ;
 - г) определяет виды РЗ в некоторых случаях;
 - д) верного ответа нет.
5. Продольная дифференциальная защита линии обладает свойством:
- а) абсолютной селективности;
 - б) относительной селективности;
 - в) условной селективности;
 - г) случайной селективности;
 - д) верного ответа нет.

Тест № 4

1. Можно считать, что:

- а) дифзащита – это МТЗ с органом торможения;
- б) дифзащита – это дистанционная защита с торможением;
- в) дифзащита – это высокочастотная МТЗ;
- г) дифзащита – это вариант дистанционной защиты;
- д) верного ответа нет.

2. Регулирование напряжения трансформатора:

- а) повышает чувствительность дифзащиты;
- б) снижает чувствительность дифзащиты;
- в) заставляет вводить выдержку времени в дифзащиту;
- г) не влияет на чувствительность дифзащиты;
- д) верного ответа нет.

3. Погрешность трансформаторов тока:

- а) растет с увеличением тока;
- б) уменьшается с увеличением тока;
- в) не изменяется при изменении тока;
- г) не имеет значения для релейной защиты;
- д) верного ответа нет.

4. Газовая защита трансформатора обычно применяется:

- а) на трансформаторах типа ТМГ;
- б) на сухих трансформаторах;
- в) на трансформаторах без расширителя;
- г) на трансформаторах с расширителем;
- д) верного ответа нет.

5. Ток сквозного КЗ трансформатора отключается:

- а) газовой защитой;
- б) дифференциальной защитой;
- в) максимальной токовой защитой;
- г) защитой от перегрузки;
- д) верного ответа нет.

Тест № 5

1. Дифференциальная защита трансформатора реагирует:

- а) на перегрузку трансформатора;
- б) на внешнее КЗ;
- в) на КЗ на выводах трансформатора;
- г) на витковое замыкание в обмотке;
- д) верного ответа нет.

2. Однофазные КЗ происходят в сетях:

- а) с изолированной нейтралью;
- б) с нейтралью, заземлённой через катушку индуктивности;
- в) с эффективно заземленной нейтралью;
- г) в сетях 6-35 кВ;
- д) верного ответа нет.

3. В системах электроснабжения применяется:

- а) однократное трёхфазное АПВ;
- б) двукратное трехфазное АПВ;
- в) однократное однофазное АПВ;
- г) многократное трёхфазное АПВ;
- д) верного ответа нет.

4. Успешность АПВ определяется:

- а) классом напряжения;
- б) предшествующей нагрузкой линии;
- в) деионизацией воздушного промежутка после снятия напряжения;
- г) временем суток;
- д) верного ответа нет.

5. Запуск АПВ осуществляется по сигналу:

- а) диспетчерского персонала;
- б) релейной защиты;
- в) снижения напряжения;
- г) снижения частоты;
- д) верного ответа нет.

Тест № 6

1. АПВ трансформаторов не должно работать:

- а) при глубоком снижении напряжения в сети;
- б) при внутренних повреждениях трансформатора;
- в) при повышении напряжения в сети;
- г) при снижении частоты в сети;
- д) верного ответа нет.

2. АПВ не предусматривается:

- а) для воздушных линий;
- б) для кабельных линий;
- в) для трансформаторов;
- г) для шин электростанций и подстанций;
- д) верного ответа нет.

3. АПВ с улавливанием синхронизма применяется:

- а) на линиях с односторонним питанием;
- б) на линиях с двусторонним питанием;
- в) для трансформаторов;
- г) для генераторов;
- д) верного ответа нет.

4. Назначение АВР – это:

- а) обеспечение поддержания требуемого напряжения на шинах узла нагрузки;
- б) уменьшение потерь мощности и энергии в электрических сетях;
- в) повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения;
- г) повышение надёжности электроснабжения ответственных потребителей при потере питания;
- д) верного ответа нет.

5. Действие устройства АВР должно быть:

- а) однократным;

- б) двукратным;
- в) трёхкратным;
- г) многократным;
- д) верного ответа нет.

Тест № 7

1. Релейная характеристика имеет вид:

- а) скачкообразный;
- б) плавной кривой;
- в) синусоидальной кривой;
- г) пилообразной линии;
- д) верного ответа нет.

2. Реализация самоконтроля и диагностики цифровых устройств релейной защиты:

- а) значительно проще, чем у их электромеханических аналогов;
- б) значительно труднее, чем у их электромеханических аналогов;
- в) цифровые устройства релейной защиты абсолютно надёжны и не нуждаются в самоконтроле и диагностике;
- г) сложность реализации самоконтроля и диагностики примерно такая же, как у их электромеханических аналогов;
- д) верного ответа нет.

3. Погрешность измерения тока в цифровых реле при насыщении трансформатора тока:

- а) не зависит от насыщения трансформаторов тока;
- б) такая же, как у их электромеханических аналогов;
- в) существенно меньше, чем у их электромеханических аналогов;
- г) существенно выше, чем у их электромеханических аналогов;
- д) верного ответа нет.

4. Цифровые устройства обеспечивают:

- а) более высокий коэффициент возврата измерительных органов, чем их электромеханические аналоги;
- б) такой же коэффициент возврата измерительных органов, как у их электромеханических аналогов;
- в) меньший коэффициент возврата измерительных органов, чем у их электромеханических аналогов;
- г) единичный коэффициент возврата измерительных органов;
- д) верного ответа нет.

5. Надёжность цифровых устройств релейной защиты:

- а) такая же, как у их электромеханических аналогов;
- б) выше, чем у их электромеханических аналогов;
- в) ниже, чем у их электромеханических аналогов;
- г) намного выше, чем у их электромеханических аналогов;
- д) верного ответа нет.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания к лабораторным работам»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Задания к выполнению курсовой работы.

Таблица 1.

Задания по вариантам (исходные данные для выполнения курсовой работы)

№ варианта	Установленная мощность трансформатора, $S, S_{нтр}$, МВА,	Напряжение распределительного устройства с высшей стороны, $U_{ВН}$, кВ	Напряжение распределительного устройства с низшей стороны, $U_{НН}$, кВ	Длина участка линии, $L_{л}=l_y$, км	Максимальная мощность короткого замыкания на шинах системы питания, $S_{кстх}$, МВА
1	4	35	6,3	5	300
2	4	35	11	6	325
3	6,3	35	11	7	350
4	10	36,75	6,3	8	375
5	10	36,75	10,5	9	400
6	16	36,75	6,3	10	425
7	16	36,75	10,5	11	450
8	25	36,75	6,3	12	475
9	25	36,75	10,5	5	500
10	32	36,75	6,3	6	525
11	32	36,75	10,5	7	550
12	40	36,75	6,3	5	575
13	40	36,75	10,5	6	600
14	63	36,75	6,3	2	1000
15	63	36,75	10,5	3	1100
16	6,3	115	6,6	5	300
17	6,3	115	11	6	325
18	10	115	6,6	7	350
19	10	115	11	8	375
20	25	115	6,3	9	400
21	25	115	10,5	10	425
22	40	115	6,3	11	600
23	40	115	10,5	12	650
24	63	115	6,3	5	1000

№ варианта	Установленная мощность трансформатора, $S, S_{нтр}$, МВА,	Напряжение распределительного устройства с высшей стороны, $U_{ВН}$, кВ	Напряжение распределительного устройства с низшей стороны, $U_{НН}$, кВ	Длина участка линии, $L_{л}=l_y$, км	Максимальная мощность короткого замыкания на шинах системы питания, $S_{кстх}$, МВА
25	63	115	10,5	6	1100
26	80	115	6,3	8	1200
27	80	115	10,5	10	1300
28	4	158	6,6	15	300
29	4	158	11	18	350
30	16	158	6,6	19	650
31	16	158	11	20	675
32	32	158	6,3	21	700
33	32	158	10,5	22	725
34	63	158	6,3	23	750
35	63	158	10,5	24	775
36	125	165	10,5	25	800
37	32	230	11	26	825
38	63	230	11	27	850
39	100	230	11	28	875
40	160	230	11	29	900

Содержание текущих задач, которые необходимо решить в процессе выполнения курсовой работы, приведено в разделе 4.7.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству курсовая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Курсовая работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы на защите курсовой работы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Курсовая работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы на защите курсовой работы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Курсовая работа выполнена на низком уровне (правильные ответы на защите курсовой работы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Курсовая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы на защите курсовой работы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы

1. Назначение и требования к релейной защите.
2. Элементы защиты.
3. Принципы выполнения устройств релейной защиты.
4. Источники оперативного тока.
5. Принцип действия трансформатора тока.

6. Параметры, влияющие на уменьшение намагничивающего тока.
7. Выбор трансформаторов тока и допустимой вторичной нагрузки.
8. Типовые схемы соединений трансформаторов тока.
9. Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в полную звезду.
10. Соединение трансформаторов тока и обмоток реле в неполную звезду.
11. Соединение трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду.
12. Включение реле на разность токов двух фаз (схема восьмерки).
13. Соединение трансформаторов тока в фильтр токов нулевой последовательности.
14. Последовательное соединение трансформаторов тока.
15. Параллельное соединение трансформаторов тока.
16. Электромагнитные реле тока и напряжения.
17. Принцип действия и работа электромагнитного реле на переменном токе.
18. Разновидности электромагнитных реле. Токовые реле. Реле напряжения. Промежуточные реле. Указательные реле. Реле времени.
19. Принцип действия токовых защит.
20. Защита линий с помощью МТЗ с независимой выдержкой времени. Схемы защиты. Выбор тока срабатывания защиты. Чувствительность защиты.
21. Выдержка времени защиты МТЗ с пуском (блокировкой) от реле минимального напряжения. Схема защиты. Ток срабатывания токовых реле.
22. Напряжение срабатывания реле минимального напряжения. Чувствительность реле напряжения.
23. Напряжение срабатывания реле нулевой последовательности.
24. Применение защиты МТЗ с зависимой и с ограниченно зависимой характеристикой выдержки времени от тока.
25. Индукционные реле. Схема защиты.
26. Выдержки времени защит МТЗ на переменном оперативном токе. Схема с дешунтированием катушки отключения выключателей. Схемы с питанием оперативных цепей защиты от блоков питания защиты с использованием энергии заряженного конденсатора.
27. Поведение МТЗ при двойных замыканиях на землю.
28. Токовые отсечки. Принцип действия. Схемы отсечек.
29. Отсечки мгновенного действия на линиях с односторонним питанием. Ток срабатывания отсечки. Зона действия отсечки. Время действия отсечки. Неселективные отсечки.
30. Отсечки на линиях с двусторонним питанием.
31. Отсечки с выдержкой времени. Сеть с односторонним питанием. Сеть с двусторонним питанием.
32. Токовая трехступенчатая защита. Применение токовых отсечек.
33. Измерительные трансформаторы напряжения. Принцип действия.
34. Погрешности трансформаторов напряжения.
35. Схемы соединений трансформаторов напряжения. Схема соединения трансформаторов напряжения в звезду. Схема соединения обмоток трансформаторов напряжения в открытый треугольник. Схема соединения трансформаторов напряжения в разомкнутый треугольник.
36. Контроль за исправностью цепей напряжения.
37. Токовая направленная защита. Необходимость токовой направленной защиты.
38. Индукционные реле направления мощности. Конструкция и принцип действия.
39. Типы реле мощности. Характеристики реле мощности. Полярность обмоток. Самоход .

40. Индукционные реле мощности типа РБМ.
41. Схема и принцип действия токовой направленной защиты.
42. Схемы включения реле направления мощности. Требования к схемам включения 90° и 30° схемы. Работа реле, включенных по 90° и 30° схемам.
43. Блокировка максимальной направленной защиты при замыканиях на землю. Выбор уставок защиты.
44. Ток срабатывания пусковых реле. Выдержка времени защиты. Мертвая зона.
45. Токовые направленные отсечки. Оценка токовых направленных защит.
46. Дифференциальная защита линий. Назначение и виды дифференциальных защит.
47. Продольная дифференциальная защита линий. Принцип действия защиты. 45. Токи небаланса в дифференциальной защите линий.
48. Принципы выполнения продольной дифференциальной защиты линий. Комплект продольной дифференциальной защиты типа ДЗЛ.
49. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий. Токовая поперечная дифференциальная защита. Принцип действия защиты. Мертвая зона защиты.
50. Схема токовой поперечной дифференциальной защиты линий.
51. Направленная поперечная дифференциальная защита. Принцип действия. Автоматическая блокировка защиты. Зона каскадного действия. Мертвая зона по напряжению.
52. Схема направленной поперечной дифференциальной защиты. Выбор уставок направленной поперечной дифференциальной защиты.
53. Направленная поперечная дифференциальная защита нулевой последовательности.
54. Виды повреждений трансформаторов и типы используемых защит. Повреждения трансформаторов и защиты от них.
55. Ненормальные режимы трансформаторов и защита от них. 54. Дифференциальная защита трансформаторов. Назначение и принцип действия дифференциальной защиты.
56. Меры по выравниванию вторичных токов. Компенсация сдвига токов I_1 и I_2 по фазе. Выравнивание величин токов I_1 и I_2 .
57. Токи небаланса в дифференциальной защите. Причины повышенного тока небаланса в дифференциальной защите трансформаторов и автотрансформаторов. Расчет тока небаланса.
58. Меры для предупреждения действия защиты от токов небаланса.
59. Токи намагничивания силовых трансформаторов и автотрансформаторов при включении их под напряжение.
60. Схемы дифференциальных защит трансформаторов. Дифференциальная токовая отсечка.
61. Дифференциальная защита трансформаторов с токовыми реле, включенными через БНТ.
62. Дифференциальная защита трансформаторов с реле имеющим торможение. Характеристика реле с торможением.
63. Токовая отсечка трансформаторов.
64. Газовая защита. Принцип действия и устройство газового реле. Оценка газовой защиты.
65. Защита от сверхтоков. Назначение защиты от сверхтоков.
66. Максимальная токовая защита трансформаторов. Защита 2-х обмоточных понизительных трансформаторов. Защита трансформаторов с расщепленной обмоткой низшего напряжения, или работающих на две секции шин.
67. Защита трехобмоточных трансформаторов. Токовая защита с пуском по напряжению.
68. Защита трансформаторов от перегрузки. Подстанция с персоналом. Подстанция без персонала.

69. Защита от перегрузки трехобмоточных трансформаторов. Защита от перегрузки автотрансформаторов.
70. Повреждения и ненормальные режимы работы электродвигателей.
71. Защита от многофазных КЗ электродвигателей.
72. Защита от перегрузки электродвигателей.
73. Защита минимального напряжения электродвигателей.
74. Автоматическое повторное включение (АПВ). Общие сведения. Классификация АПВ. Требования к схемам АПВ.
75. Принцип действия схемы АПВ однократного действия. Ускорение действия релейной защиты с АПВ. Выполнение АПВ на переменном оперативном токе.
76. Автоматическое включение резервного питания (АВР). Общие сведения. Требования к схемам АВР. Принцип действия схемы АВР.
77. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Принцип действия АЧР.
78. Противоаварийная автоматика. Назначение и виды противоаварийной автоматики.

Практические задания

1. При выборе тока срабатывания максимальной токовой защиты учитывается коэффициент возврата реле. Можно ли определить этот коэффициент возврата для реле РТ-80, уменьшая ток в его обмотке до возвращения реле из состояния после срабатывания, когда его контакты замкнуты, в начальное состояние, и полученный таким образом ток разделить на ток срабатывания реле? Если нельзя, то почему? Как нужно определять ток возврата реле для расчета коэффициента возврата?
2. Участок сети, выполненный кабелем с бумажной изоляцией, защищается от токов КЗ и токов перегрузки предохранителем ПН-2 с медной плавкой вставкой, имеющей наплавленный оловянный шарик. Номинальный ток плавкой вставки $I_{н.п.в.}$ равен длительно допустимому току защищаемого участка $I_{д.д.п.}$. Можно ли в данном случае применить медную плавкую вставку такого же сечения, но без оловянного шарика? К чему это может привести?
3. Длительно допустимый ток проводников $I_{д.д.п.}$, защищаемых предохранителем только от токов КЗ, равен 21 А. Определить максимально допустимый номинальный ток плавкой вставки $I_{н.п.в.}$.
4. При повреждении в конце участка, защищаемого предохранителем от токов КЗ, минимальный ток КЗ $I_{к.мин}$ = 600 А. определить максимально допустимый номинальный ток плавкой вставки $I_{н.п.в.}$.
5. Длительно допустимый ток участка сети, защищаемого предохранителем от токов КЗ и токов перегрузки, $I_{д.д.п.}$ = 63 А. Определить максимально допустимый номинальный ток плавкой вставки $I_{н.п.в.}$, если участок выполнен:
 - а) кабелем с бумажной изоляцией;
 - б) проводниками с резиновой изоляцией, проложенными во взрывоопасном производственном помещении.
6. При выборе тока срабатывания максимальной токовой защиты учитывается коэффициент возврата реле. Можно ли определить этот коэффициент возврата для реле РТ-80, уменьшая ток в его обмотке до возвращения реле из состояния после срабатывания, когда его контакты замкнуты, в начальное состояние, и полученный таким образом ток разделить на ток срабатывания реле? Если нельзя, то почему? Как нужно определять ток возврата реле для расчета коэффициента возврата?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («экзамен»)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)