

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Распределительные электрические сети

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	6 семестр - 14 часов;
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 107,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Домашнее задание Лабораторная работа Тестирование Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Николаева О.О.
	Идентификатор	R145c98b1-NikolayevaOO-1194867

О.О. Николаева


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Валянский А.В.
	Идентификатор	R98c29a50-ValianskyAV-a927df5f

А.В. Валянский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов выполнения комплексов релейной защиты и автоматики (РЗА) электроэнергетических систем, технических средств для их реализации, способов расчета параметров устройств РЗА и оценки принимаемых решений

Задачи дисциплины

- освоение знаний о принципах построения и технических средствах релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- формирование умения рассчитывать параметры устройств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем и анализировать получаемые результаты;
- приобретение первичных навыков работы с устройствами релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем;
- формирование умения оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты электроэнергетических систем.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2ПК-2 Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии	знать: - принципы выполнения комплексов РЗА основных объектов электроэнергетических систем; - технические средства реализации устройств РЗА электроэнергетических систем. уметь: - рассчитывать параметры устройств РЗА электроэнергетических систем; - оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты; - работать с устройствами релейной защиты электроэнергетических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Распределительные электрические сети (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Энергоэлектротехника и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»	3	6	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение терминологии по разделу "Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 15-17 [9], Р.1</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Токовые защиты от коротких замыканий" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС" материалу.</p>	
1.1	Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»	3		2	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
2	Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС	15		2	4	-	-	-	-	-	-	-	9		-
2.1	Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС	15		2	4	-	-	-	-	-	-	-	9		-

														<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 30-41 [3], стр. 4-15 [7], стр. 5-14 [9], Р.2</p>
3	Токовые защиты от коротких замыканий	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые защиты от коротких замыканий"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 16-21, 42-44 [9], Р.3</p>	
3.1	Токовые защиты от коротких замыканий	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
4	Максимальная токовая защита от многофазных КЗ	18	2	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение соответствующей части расчетно-графической работы по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ". Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	
4.1	Максимальная токовая защита от многофазных КЗ	18	2	4	2	-	-	-	-	-	10	-		

													<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ" материалу.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Максимальная токовая защита от многофазных КЗ и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-15, 18-20 [2], стр. 63-66, 50-55 [3], стр. 16-23 [6], стр. 23-33 [9], Р.4</p>
5	Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени	20	2	6	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>
5.1	Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени	20	2	6	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического</u></p>

													<p>задания: Выполнение соответствующей части расчетно-графической работы по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени". Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени" материалу.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-23 [2], стр. 58-66, 70-73 [3], стр. 24-32 [5], стр. 38-49 [6], стр. 34-45 [9], Р.5</p>
6	Токовые направленные защиты	13	2	-	4	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Токовые направленные защиты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Токовые направленные защиты" материалу в виде упражнения из сборника.</p>
6.1	Токовые направленные защиты	13	2	-	4	-	-	-	-	-	7	-	

															<p>Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые направленные защиты"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 26-30 [2], стр. 78-102 [4], стр. 4-15 [5], стр. 17-25 [9], Р.6</p>
7	Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью	13	2	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 31-33 [2], стр. 66-70, 233-249 [3], стр. 32-43 [9], Р.7</p>	
7.1	Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью	13	2	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 31-33 [2], стр. 66-70, 233-249 [3], стр. 32-43 [9], Р.7</p>	
8	Автоматическое	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Самостоятельное изучение</u>	

	повторное включение и автоматический ввод резерва													<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.54-61 [9], Р.8
8.1	Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
9	Дистанционная защита	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Дистанционная защита" <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дистанционная защита" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дистанционная защита" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 4-33 [2], стр. 119-123 [5], стр. 5-16 [8], стр.231-240 [9], Р.9
9.1	Дистанционная защита	8	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
10	Дифференциальные токовые защиты	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Дифференциальные токовые защиты" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.
10.1	Дифференциальные токовые защиты	14	2	-	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>

													Повторение материала по разделу "Дифференциальные токовые защиты" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Дифференциальные токовые защиты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 66-68, 87-88 [2], стр. 139-174, 217-229 [4], стр. 16-25 [5], стр. 26-37 [8], стр.207-231 [9], Р.10
11	Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 193-210 [9], Р.11
11.1	Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу
12	Релейная защита и автоматика трансформаторов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу
12.1	Релейная защита и автоматика трансформаторов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита и автоматика трансформаторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу

														"Релейная защита и автоматика трансформаторов" <u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Релейная защита и автоматика трансформаторов" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 66-68, 87-88 [2], стр. 175-188 [4], стр. 26-32 [9], Р.12-13
13	Релейная защита синхронных генераторов	10	2	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Релейная защита синхронных генераторов" материалу в виде упражнения из сборника. Задание выполняется индивидуально по вариантам.
13.1	Релейная защита синхронных генераторов	10	2	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита синхронных генераторов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 189-193, 229-232 [4], стр. 33-41 [9], Р.14
14	Релейная защита блока генератор-	5	2	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Релейная

	трансформатор													защита блока генератор-трансформатор"
14.1	Релейная защита блока генератор-трансформатор	5	2	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Релейная защита блока генератор-трансформатор" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 105-108, 116-118 [9], Р.15
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	28	14	28	-	2	-	-	0.5	74	33.5		
	Итого за семестр	180.0	28	14	28		2		-	0.5		107.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

1.1. Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»

Основные понятия и определения. Основные режимы работы ЭЭС. Основные устройства системы автоматического управления (САУ). Классификация РЗА. Назначение и функции релейной защиты. Требования к устройствам РЗ. Функциональная схема релейной защиты.

2. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС

2.1. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС

Основные виды повреждений в ЭЭС. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ на линиях электропередачи (ЛЭП) в сети с глухозаземленной нейтралью. Расчет токов КЗ. Векторные диаграммы и соотношения для расчета токов однофазных замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью. Векторные диаграммы и расчет токов при КЗ за трансформатором со схемой соединения обмоток $\Delta/Y-11$.

3. Токовые защиты от коротких замыканий

3.1. Токовые защиты от коротких замыканий

Общие вопросы. Измерительные трансформаторы тока. Определение и структура токовых защит. Измерительные органы (тока) и логические органы токовых защит. Изображение элементов и устройств релейной защиты.

4. Максимальная токовая защита от многофазных КЗ

4.1. Максимальная токовая защита от многофазных КЗ

Назначение МТЗ. Выбор параметров срабатывания МТЗ. Оценка чувствительности МТЗ. Особенности выполнения МТЗ с зависимыми характеристиками выдержек времени. Схемы соединения трансформаторов тока и реле тока максимальной токовой защиты. Разнесенные схемы МТЗ. Максимальная токовая защита с пуском по напряжению.

5. Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени

5.1. Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени

Выбор параметров срабатывания и оценка первой ступени. Выбор параметров срабатывания и оценка второй ступени токовой защиты. Схемы трехступенчатой токовой защиты. Общая оценка токовых защит.

6. Токовые направленные защиты

6.1. Токовые направленные защиты

Принцип действия токовых направленных защит. Максимальная токовая направленная защита (последняя ступень). Токовая отсечка линии с двусторонним питанием. Общая оценка токовых направленных защит.

7. Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью

7.1. Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью

Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП) от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью. Защита от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью.

8. Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва

8.1. Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва

Автоматическое повторное включение (АПВ). Автоматическое включение резервного источника питания (АВР).

9. Дистанционная защита

9.1. Дистанционная защита

Принцип действия дистанционной защиты. Схема включения ИОС. Структура трехступенчатой дистанционной защиты. Выбор параметров срабатывания. Характеристики срабатывания ИОС. Общая оценка дистанционных защит.

10. Дифференциальные токовые защиты

10.1. Дифференциальные токовые защиты

Общая характеристика дифференциальных токовых защит. Продольная дифференциальная токовая защита. Дифференциально-фазная токовая защита с ВЧ блокировкой. Направленная защита с высокочастотной блокировкой. Поперечная дифференциальная токовая направленная защита параллельных линий.

11. Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование

11.1. Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование

Виды повреждений и требования к защите. Дифференциальная токовая защита шин. Неполная дифференциальная токовая защита шин. Логическая защита шин. АПВ шин. Виды резервирования. Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ).

12. Релейная защита и автоматика трансформаторов

12.1. Релейная защита и автоматика трансформаторов

Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов. Требования к релейной защите трансформаторов. Дифференциальная защита трансформатора. Примеры выполнения дифференциальной токовой защиты трансформаторов. Газовая защита трансформатора. Двухступенчатая токовая защита трансформаторов небольшой мощности. Защиты трансформаторов от внешних междуфазных КЗ. Защита трансформаторов и автотрансформаторов от КЗ на землю (ТЗНП). Защита трансформаторов и автотрансформаторов от перегрузки рабочим током. Автоматическое регулирование коэффициента трансформации (АРКТ).

13. Релейная защита синхронных генераторов

13.1. Релейная защита синхронных генераторов

Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов. Продольная дифференциальная защита генератора от междуфазных КЗ. Защита от витковых КЗ в

обмотках статора. Защиты от повреждений в цепях возбуждения. Защита генератора от токов внешних КЗ и перегрузки рабочим током. Токовая защита обратной последовательности.

14. Релейная защита блока генератор-трансформатор

14.1. Релейная защита блока генератор-трансформатор

Особенности релейной защиты блока. Дифференциальные токовые защиты блока. Защита генераторов от замыкания обмотки статора на землю. Защита от повышения напряжения. Резервные защиты блока от внешних КЗ и перегрузок. Защита ротора от перегрузки. Защита от потери возбуждения. Комплекс релейной защиты блока.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет дифференциально-фазной защиты (ДФЗ) линии 110 кВ;
2. Письменный опрос;
3. Расчет токовых направленных защит от многофазных КЗ в радиальной сети с двусторонним питанием и в кольцевой сети с одним источником питания;
4. Релейная защита генераторов. Расчет продольной дифференциальной токовой защиты турбогенератора;
5. Расчет токовой защиты нулевой последовательности в сети с глухозаземленной нейтралью;
6. Расчет защиты параллельных линий напряжением 35 кВ;
7. Расчет уставок и проверка чувствительности МТЗ в сети с односторонним питанием. Выбор схем защит. Контрольная работа №1;
8. Расчет трехступенчатой дистанционной защиты линий от многофазных КЗ в сети с односторонним питанием;
9. Соотношения токов и напряжений и векторные диаграммы при коротких замыканиях в линии и за трансформаторами со схемами соединений $Y/\Delta-11$ и $\Delta/Y-11$;
10. Расчет защит трансформатора;
11. Расчет токовых отсеков на линиях с односторонним питанием;
12. Расчет трехступенчатой токовой защиты от многофазных КЗ в сети с односторонним питанием. Разработка разнесенных схем защиты.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Токовая защита со ступенчатой характеристикой выдержки времени от многофазных КЗ;
2. Определение токораспределения в схемах токовых защит и оценка их чувствительности;
3. Максимальная токовая защита с независимой характеристикой выдержки времени.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»"
2. Обсуждение материалов раздела "Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС"
3. Обсуждение материалов раздела "Токовые защиты от коротких замыканий"
4. Обсуждение материалов раздела "Максимальная токовая защита от многофазных КЗ"

5. Обсуждение материалов раздела "Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени"
6. Обсуждение материалов раздела "Токовые направленные защиты"
7. Обсуждение материалов раздела "Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью"
8. Обсуждение материалов раздела "Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва"
9. Обсуждение материалов раздела "Дистанционная защита"
10. Обсуждение материалов раздела "Дифференциальные токовые защиты"
11. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование"
12. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита и автоматика трансформаторов"
13. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита синхронных генераторов"
14. Обсуждение материалов раздела "Релейная защита блока генератор-трансформатор"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)														Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Знать:																
технические средства реализации устройств РЗА электроэнергетических систем	ИД-2ПК-2			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» Тестирование/Тестирование
принципы выполнения комплексов РЗА основных объектов электроэнергетических систем	ИД-2ПК-2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» Домашнее задание/Контрольная

																<p>работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью»</p> <p>Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем»</p>
Уметь:																
<p>работать с устройствами релейной защиты электроэнергетических систем</p>	ИД-2ПК-2		+		+	+										<p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3</p>
<p>оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты</p>	ИД-2ПК-2				+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	<p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3</p> <p>Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета</p> <p>Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты»</p> <p>Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий»</p> <p>Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью»</p>
<p>рассчитывать параметры</p>	ИД-2ПК-2				+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	Лабораторная работа/Защита

<p>устройств РЗА электроэнергетических систем</p>																	<p>лабораторной работы №2 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 Расчетно-графическая работа/Защита типового расчета Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» Домашнее задание/Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» Домашнее задание/Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» Домашнее задание/Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» Контрольная работа/Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» Тестирование/Тестирование</p>
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)
4. Защита типового расчета (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» (Контрольная работа)
2. Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» (Контрольная работа)
3. Тестирование (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» (Домашнее задание)
2. Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» (Домашнее задание)
3. Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кривенков, В. В. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : Учебное пособие для вузов по специальности "Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельских хозяйств" / В. В. Кривенков, В. Н. Новелла . – М. : Энергоиздат, 1981 . – 328 с.;
2. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем : Учебное пособие для вузов по направлению 551700 "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергетических систем" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; Ред. А. Ф. Дьяков . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 296 с. - ISBN 5-7046-0779-9 .;
3. Алексеев, О. П. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 1 : для студентов по направлению 13.03.02

"Электроэнергетика и электротехника" / О. П. Алексеев, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов ; ред. Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 44 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8646>;

4. Алексеев, О. П. Сборник упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем". Часть 2 : для студентов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / О. П. Алексеев, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов ; ред. Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 68 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9303>;

5. Темкина, Р. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : сборник задач и упражнений по курсу "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем" по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Р. В. Темкина, О. О. Николаева, Б. А. Сафронов ; ред. Р. В. Темкина ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2217-8 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11051>;

6. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: [в 2 ч.]. Ч.1 : практикум по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / В. В. Будкин, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2219-2 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11100>;

7. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: [в 2 ч.]. Ч. 2 : практикум по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / В. В. Будкин, Р. В. Темкина, Б. А. Сафронов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 40 с. - ISBN 978-5-7046-2220-8 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11101>;

8. Дьяков А. Ф., Овчаренко Н. И.- "Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем", (2-е), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (336 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72351;

9. Темкина, Р. В. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Р. В. Темкина, О. О. Николаева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 248 с. - ISBN 978-5-7046-2505-6 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=11889>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сбёрджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-116, Учебная лаборатория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для хранения оборудования и	Д-2/9, Помещение учебно-вспомогательного	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет,

учебного инвентаря	персонала каф. "ЭЭС"	многофункциональный центр, кондиционер, телевизор, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
--------------------	-------------------------	---

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа №1 «Векторные диаграммы и максимальная токовая защита» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2 «Токовые ступенчатые защиты» (Домашнее задание)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Контрольная работа №3 «Токовые направленные и дистанционные защиты линий» (Домашнее задание)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
- КМ-6 Контрольная работа №4 «Защиты с абсолютной селективностью» (Домашнее задание)
- КМ-7 Тестирование (Тестирование)
- КМ-8 Письменный опрос «Релейная защита и автоматизация элементов энергосистем» (Контрольная работа)
- КМ-9 Защита типового расчета (Расчетно-графическая работа)
- КМ-10 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс с КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	8	13	13	13	13
1	Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»											
1.1	Введение в курс «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»		+	+	+	+		+		+		
2	Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС											
2.1	Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ в ЭЭС		+	+	+	+	+	+		+		+
3	Токовые защиты от коротких замыканий											
3.1	Токовые защиты от коротких замыканий		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

4	Максимальная токовая защита от многофазных КЗ										
4.1	Максимальная токовая защита от многофазных КЗ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени										
5.1	Параметры срабатывания и схемы токовых защит со ступенчатыми характеристиками выдержек времени	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	Токовые направленные защиты										
6.1	Токовые направленные защиты	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью										
7.1	Защита от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью и от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва										
8.1	Автоматическое повторное включение и автоматический ввод резерва	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
9	Дистанционная защита										
9.1	Дистанционная защита	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10	Дифференциальные токовые защиты										
10.1	Дифференциальные токовые защиты	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование										

11.1	Релейная защита и автоматика сборных шин. Резервирование	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	Релейная защита и автоматика трансформаторов										
12.1	Релейная защита и автоматика трансформаторов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	Релейная защита синхронных генераторов										
13.1	Релейная защита синхронных генераторов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	Релейная защита блока генератор-трансформатор										
14.1	Релейная защита блока генератор-трансформатор	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вес КМ, %:		7	5	10	5	10	10	15	8	20	10