

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции и подстанции

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.13.01.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темкина Р.В.
	Идентификатор	R380c76ab-TemkinaRV-bac1a72f

Р.В. Темкина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Поляков А.М.
	Идентификатор	R4a9cc249-PoliakovAM-44585360

А.М. Поляков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Монаков Ю.В.
	Идентификатор	R4bfa2851-MonakovYV-407f6fea

Ю.В. Монаков

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение принципов функционирования комплексов релейной защиты и автоматики (РЗА) электрических станций и подстанций, технических средств для их реализации, способов расчета параметров устройств РЗА.

Задачи дисциплины

- получение знаний о принципах функционирования и технических средствах релейной защиты и автоматизации электрических станций и подстанций;
- формирование умения рассчитывать параметры устройств релейной защиты и автоматики электрических станций и подстанций и анализировать получаемые результаты.

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-1 Способен применять методы анализа, разработки и обоснования технических решений в проектах электростанций и подстанций	ИД-3ПК-1 Производит оценку режимов и показателей функционирования электростанций и подстанций и их оборудования	знать: - технические средства реализации устройств РЗА; - принципы функционирования комплексов РЗА. уметь: - оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты; - рассчитывать параметры устройств релейной защиты и автоматики электрических станций и подстанций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические станции и подстанции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные методы анализа линейных и нелинейных цепей в установившихся и переходных режимах
- знать основные характеристики, режимы работы и методы расчета режимов синхронных генераторов и асинхронных двигателей
- знать современное оборудование электрических станций и подстанций, основные схемы электрических соединений распределительных устройств разных уровней напряжения
- уметь анализировать схемы и режимы работы электрических станций и подстанций
- уметь оценивать режимы работы синхронных генераторов и асинхронных двигателей

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Раздел 1 Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления	8	2	4	-	2	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> П1 [5] с.4-15, [1] с.4-11 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2] с 15-17, [1] с.22-28 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 4-11, 22-28 [2], 15-17 [4], 4-15 [5], 13-28</p>	
1.1	Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления	8		4	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Раздел 2 Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи разных классов напряжения	18		2	-	6	-	-	-	-	-	-	10		-
2.1	Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи	18		2	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> П2. [5] с.18-24; [1] с.12-15, 18-20 П3. [5] с.24-33; [1] с.12-23 П4. [5] с.33-41; [1] с.31-33 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2] с.44-45; [1] с.294-312 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 12-23 , 94-312 [2], 44-45</p>	

	разных классов напряжения												[4], 18-41
3	Раздел 3 Защиты, устанавливаемые на трансформаторах	30	4	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> П5-П7 [5] с.55-64; [2] с.50-54 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> раздел «Р3 трансформаторов» [1,2] <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 50-54 [4], 55-64
3.1	Защиты, устанавливаемые на трансформаторах	30	4	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> раздел «Р3 блоков генератор-трансформатор» [3]. раздел «Р3 генераторов ГЭС и АЭС» [4]. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], раздел «Р3 блоков генератор-трансформатор»
4	Раздел 4 Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций	30	4	-	8	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> П16. [5] с.51-55; [1] с.66-68, 87-88. Приложение [1] с.105-108, 116-118 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [2] с.100-104; [1] с.496-504 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 105-108, 116-118, 496-504 [2], 100-104 [4], 51-55
4.1	Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций	30	4	-	8	-	-	-	-	-	18	-	
5	Раздел 5 Защиты, устанавливаемые на электродвигателях	22	2	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
5.1	Защиты, устанавливаемые на электродвигателях	22	2	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	2	-	-	-	0.5	93.5		

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. Раздел 1 Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления

1.1. Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления

Управление электроэнергетическими системами в аварийных ситуациях. Основные понятия, термины и определения, характеризующие свойства систем релейной защиты. Общие принципы построения систем релейной защиты в нормативных документах. Основные требования к релейной защите. Виды повреждений в электроэнергетических системах. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты. Однофазные короткие замыкания в сетях с глухозаземлённой нейтралью и однофазные замыкания в сетях с изолированной нейтралью. Векторные диаграммы и расчет токов. Первичные преобразователи тока и напряжения для релейной защиты. Конструкция и маркировка выводов трансформаторов тока. Схемы замещения, векторные диаграммы и погрешности трансформаторов тока. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле. Коэффициент схемы. Токовые защиты. Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит. Селективные и неселективные токовые отсечки. Выбор параметров срабатывания токовых защит. Максимальные токовые защиты со ступенчатой характеристикой. Токовые направленные защиты. Дифференциальные защиты. Продольные и поперечные дифференциальные токовые защиты. Ток небаланса. Выбор параметров срабатывания дифференциальных защит. Дистанционные защиты. Выбор параметров срабатывания и оценка чувствительности дистанционных защит..

2. Раздел 2 Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи разных классов напряжения

2.1. Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи разных классов напряжения

Защиты линий электропередачи. Виды защит, устанавливаемых на линиях электропередачи с напряжением 6-35 кВ. Токовые ступенчатые защиты. Ближнее и дальнее резервное действие защит. Особенности повреждений, возникающих на линиях электропередачи с напряжением 110-220 кВ. Дистанционные защиты. Защиты, реагирующие на ток нулевой последовательности. Дифференциально-фазные защиты..

3. Раздел 3 Защиты, устанавливаемые на трансформаторах

3.1. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах

Повреждения и ненормальные режимы трансформаторов. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений. Газовые защиты. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах мощностью более 6,3 МВА. Дифференциальные защиты трансформаторов. Токи небаланса. Выбор параметров срабатывания..

4. Раздел 4 Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций

4.1. Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций

Основные режимы работы генераторов, учитываемые при выполнении релейной защиты. Повреждения и ненормальные режимы генераторов. Виды защит, устанавливаемых на генераторах. Защиты, устанавливаемые на турбогенераторах, работающих на сборные шины. Защиты от асинхронного хода. Защиты цепей возбуждения. Защиты от однофазных замыканий на землю..

5. Раздел 5 Защиты, устанавливаемые на электродвигателях

5.1. Защиты, устанавливаемые на электродвигателях

Требования ПУЭ к защитам электродвигателей. Виды защит, устанавливаемых на электродвигателях с номинальным напряжением выше 1 кВ. Схемы защит, выбор параметров срабатывания и проверка чувствительности защит..

3.3. Темы практических занятий

1. Защиты электродвигателей с номинальным напряжением ниже 1000 В. (2 часа);
2. Защиты, устанавливаемые на автономных генераторах и генераторах малых электростанций. (2 часа);
3. Защиты, устанавливаемые на гидрогенераторах. (2 часа);
4. Особенности режимов работы и возможные повреждения гидрогенераторов. (2 часа);
5. Защиты обмотки возбуждения генераторов от замыканий на землю в одной и двух точках. (2 часа);
6. Защиты генераторов от внешних коротких замыканий и перегрузок. (2 часа);
7. Основные защиты мощных трансформаторов. Дифференциальные токовые защиты. (2 часа);
8. Защиты трансформаторов от внешних коротких замыканий и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит. (2 часа);
9. Основные защиты, устанавливаемые на трансформаторах небольшой мощности (менее 6,3 МВА). Токовые отсечки и максимальные токовые защиты для выявления внутренних повреждений. (2 часа);
10. Селективные и неселективные защиты от однофазных замыканий на землю. (2 часа);
11. Поперечные токовые дифференциальные защиты. (2 часа);
12. Защиты со ступенчатыми характеристиками срабатывания. (2 часа);
13. Защиты генераторов от однофазных замыканий на землю в обмотках статора. (2 часа);
14. Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания. (2 часа);
15. Защиты блоков генератор-трансформатор. (2 часа);
16. Особенности релейной защиты генераторов атомных электростанций. (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

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	
Знать:							
принципы функционирования комплексов РЗА	ИД-3ПК-1	+	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи Контрольная работа/Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов Контрольная работа/Контрольная работа №3. Защиты генераторов Контрольная работа/Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей
технические средства реализации устройств РЗА	ИД-3ПК-1		+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи Контрольная работа/Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов Контрольная работа/Контрольная работа №3. Защиты генераторов Контрольная работа/Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей
Уметь:							
рассчитывать параметры устройств релейной защиты и автоматики электрических станций и подстанций	ИД-3ПК-1		+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи Контрольная работа/Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов Контрольная работа/Контрольная работа №3. Защиты генераторов

							Контрольная работа/Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей
оценивать чувствительность рассчитанных устройств релейной защиты	ИД-ЗПК-1		+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи Контрольная работа/Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов Контрольная работа/Контрольная работа №3. Защиты генераторов Контрольная работа/Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3. Защиты генераторов (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 2 семестр.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Федосеев, А. М. Релейная защита электроэнергетических систем : учебник для вузов по специальности "Автоматическое управление электроэнергетическими системами" / А. М. Федосеев, М. А. Федосеев . – репринтное воспроизведение изд. 1992 г . – М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 528 с. - Переизд. приурочено к 75-летию юбилею каф. "Релейная защита и автоматизация энергосистем" . - ISBN 978-5-383-01321-2 .;
2. Кривенков, В. В. Релейная защита и автоматика энергосистем : учебное пособие по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника", модуль "Электроэнергетика" / В. В. Кривенков ; ред. А. Ф. Дьяков ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 164 с. - ISBN 978-5-7046-1377-0 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5007>;
3. Басс, Э. И. Релейная защита электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" по дисциплине "Релейная защита электроэнергетических систем" / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев ; Ред. А. Ф. Дьяков . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 296 с. - ISBN 5-903072-44-5 .;
4. Упражнения по релейной защите : учебное пособие по курсу "Релейная защита и автоматизация" по направлению "Электроэнергетика" / О. П. Алексеев, Т. П. Маврицина, А. А. Налевин, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 64 с. - ISBN 5-7046-1287-3 .;
5. 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.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
11. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
12. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
13. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
14. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-327, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-415, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-102, Лаборатория каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер, станок для ручной обработки (фрезерный, токарный, заточной, сверлильный), наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной	Д-306, Учебная аудитория	парта, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, телевизор

аттестации		
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-106, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-103/2, Склад кафедры РЗиАЭ	компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Релейная защита

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1. Защиты линий электропередачи (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольная работа №2. Защиты трансформаторов (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа №3. Защиты генераторов (Контрольная работа)

КМ-4 Контрольная работа №4. Защиты электродвигателей (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	8	12	14
1	Раздел 1 Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления					
1.1	Общие сведения о релейной защите, требования к релейной защите. Виды повреждений элементов электрических систем и принципы их выявления		+	+	+	+
2	Раздел 2 Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи разных классов напряжения					
2.1	Защиты, устанавливаемые на линиях электропередачи разных классов напряжения		+	+	+	+
3	Раздел 3 Защиты, устанавливаемые на трансформаторах					
3.1	Защиты, устанавливаемые на трансформаторах		+	+	+	+
4	Раздел 4 Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций					
4.1	Защиты, устанавливаемые на генераторах электрических станций		+	+	+	+
5	Раздел 5 Защиты, устанавливаемые на электродвигателях					
5.1	Защиты, устанавливаемые на электродвигателях		+	+	+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25