

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: Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

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.01.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафронов Б.А.
	Идентификатор	Ra01acb9f-SafronovBA-92cc47d9

Б.А. Сафронов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешова Г.С.
	Идентификатор	R5007417e-AlexeenkovaGS-12aa20

Г.С. Кулешова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

С.А. Цырук

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение методов и технических средств релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем

Задачи дисциплины

- освоение знаний о методах и технических средствах релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;
- освоение 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.

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 знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-1 _{ПК-1} знает характеристики элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов	знать: - принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем; - основные источники научно-технической информации по релейной защите и автоматизации электроэнергетических систем; - методы и технические средства релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем. уметь: - применять, эксплуатировать и производить выбор элементов релейной защиты и автоматики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Проектирование и эксплуатация систем электроснабжения (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика 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 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	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения	11.5	9	0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.3	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие сведения о релейной защите. Термины и определения"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общие сведения о релейной защите. Термины и определения"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 74-98 [2], стр. 56-89 [3], стр. 5-15</p>
1.1	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения.	11.5		0.5	-	0.5	-	0.2	-	0.3	-	10	-	
2	Токовые защиты	47.85		3.5	-	1.2 5	-	0.8	-	0.30	-	42	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Токовые защиты"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Токовые защиты"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 102-125 [2], стр. 111-135</p>
2.1	Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты	11.05		0.5	-	0.2 5	-	0.2	-	0.1	-	10	-	
2.2	Токовые защиты	13.55		1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.1	-	12	-	
2.3	Токовая отсечка	11.50		1	-	0.2 5	-	0.2	-	0.05	-	10	-	
2.4	Максимальная токовая защита	11.75		1	-	0.5	-	0.2	-	0.05	-	10	-	
3	Защиты	35.25		3	-	1.2 5	-	0.7	-	0.30	-	30	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу</p>
3.1	Дифференциальные	11.55		1	-	0.2	-	0.2	-	0.1	-	10	-	

	защиты				5								"Защиты"
3.2	Дистанционные защиты	11.75	1	-	0.5	-	0.2	-	0.05	-	10	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Защиты"
3.3	Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем	11.95	1	-	0.5	-	0.3	-	0.15	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 18-30
4	Автоматика электроэнергетических систем	13.4	1	-	1	-	0.3	-	0.3	-	10.8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автоматика электроэнергетических систем"
4.1	Автоматика электроэнергетических систем	13.4	1	-	1	-	0.3	-	0.3	-	10.8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Автоматика электроэнергетических систем" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 206-235 [3], стр. 34-50
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	144.00	8.0	-	4.0 0	-	2.0	-	1.20	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.00	8.0	-	4.0 0	2.0		1.20	0.3		128.5		

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. Общие сведения о релейной защите. Термины и определения

1.1. Общие сведения о релейной защите. Термины и определения.

Что такое противоаварийная автоматика и релейная защита? Основные понятия, термины и определения, характеризующие свойства систем релейной защиты. Общие принципы построения систем релейной защиты и автоматики. Основные виды повреждений в электроэнергетических системах. Векторные диаграммы и расчет токов короткого замыкания. Особенности расчета токов короткого замыкания для целей релейной защиты. Однофазные замыкания в сетях с глухозаземленной и изолированной нейтралью. Векторные диаграммы и расчет токов.

2. Токовые защиты

2.1. Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты

Конструкция и маркировка выводов. Схемы замещения и векторные диаграммы. Погрешности трансформаторов тока. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле. Коэффициент схемы.

2.2. Токовые защиты

Общие принципы построения токовых защит. Способы обеспечения селективной работы токовых защит.

2.3. Токовая отсечка

Зона действия. Схемы токовых отсечек на постоянном оперативном токе. Ток срабатывания отсечки. Неселективные токовые отсечки. Способы обеспечения селективного действия неселективных токовых отсечек.

2.4. Максимальная токовая защита

Максимальная токовая защита со ступенчатой характеристикой. Способы обеспечения селективной работы. Схемы максимальной токовой защиты с независимой выдержкой времени срабатывания на постоянном оперативном токе. Чувствительность максимальной токовой защиты. Выбор тока срабатывания и выдержек времени срабатывания максимальных токовых защит. Максимальная токовая защита с зависимой от тока характеристикой. Способы обеспечения селективной работы защит с зависимой от тока характеристикой срабатывания. Схемы максимальной токовой защиты с зависимой от тока выдержкой времени срабатывания.

3. Защиты

3.1. Дифференциальные защиты

Токовая трехступенчатая защита. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой защиты. Оценка чувствительности трехступенчатой токовой защиты. Диаграмма выдержек времени трехступенчатых токовых защит. Токовая направленная защита. Назначение. Реле направления мощности. Схема и выбор параметров срабатывания максимальной токовой направленной защиты. Токовая направленная отсечка.

3.2. Дистанционные защиты

Дистанционная защита. Зоны действия. Схема трехступенчатой дистанционной защиты на постоянном оперативном токе. Выбор сопротивления срабатывания и оценка

чувствительности дистанционной защиты. Дифференциальные защиты. Назначение. Принцип действия продольной дифференциальной защиты. Ток небаланса. Выбор параметров срабатывания продольной дифференциальной защиты.

3.3. Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем

Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ). Газовая защита. Токовая отсечка, максимальная токовая защита. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора. Выбор параметров срабатывания. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит. Защиты, устанавливаемые на трансформаторах для выявления внутренних повреждений (требования ПУЭ). Газовая защита. Токовая отсечка, максимальная токовая защита. Дифференциальная защита трансформатора. Токи небаланса в дифференциальной защите трансформатора. Выбор параметров срабатывания. Защита трансформаторов от внешних КЗ и перегрузок. Выбор параметров срабатывания защит.

4. Автоматика электроэнергетических систем

4.1. Автоматика электроэнергетических систем

Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи. Назначение. Выбор параметров срабатывания. Автоматическое включение резервного питания. Выбор параметров срабатывания. Автоматическая частотная разгрузка.

3.3. Темы практических занятий

1. Соотношения токов и напряжений и векторные диаграммы при КЗ в линии и за трансформаторами со схемами соединений $Y/\Delta-11$ и $\Delta/Y-11$;
2. Автоматическое повторное включение на линиях электропередачи;
3. Расчет защиты параллельных линий напряжением 35 кВ;
4. Расчет защит трансформатора (основная защита – дифференциальная токовая отсечка, резервная защита – МТЗ; защита от перегрузки);
5. Расчет токовых направленных защит от многофазных КЗ в радиальной сети с 2-х сторонним питанием;
6. Расчет токовой защиты нулевой последовательности в сети с главной заземляющей нейтралью;
7. Расчет 3-х ступенчатой токовой защиты от многофазных КЗ в сети с односторонним питанием. Разработка разнесенных схем защиты;
8. Расчет уставок и проверка чувствительности МТЗ в сети с односторонним питанием. Выбор схем защит;
9. Защиты, устанавливаемые на генераторах. Выбор параметров срабатывания защит, устанавливаемых на генераторах.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие сведения о релейной защите. Термины и определения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Токовые защиты"

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Защиты"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Автоматика электроэнергетических систем"

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	
Знать:						
методы и технические средства релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем	ИД-1ПК-1	+				Тестирование/Термины и определения
основные источники научно-технической информации по релейной защите и автоматизации электроэнергетических систем	ИД-1ПК-1			+		Тестирование/Защиты
принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем	ИД-1ПК-1		+			Тестирование/Токовые защиты
Уметь:						
применять, эксплуатировать и производить выбор элементов релейной защиты и автоматики	ИД-1ПК-1				+	Контрольная работа/Автоматика и релейная защита

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Защиты (Тестирование)
2. Термины и определения (Тестирование)
3. Токовые защиты (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Автоматика и релейная защита (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

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 9 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Агафонов А. И., Бростилова Т. Ю., Джазовский Н. Б.- "Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем", (2-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Инфра-Инженерия", Вологда, 2020 - (300 с.)
<https://e.lanbook.com/book/148384>;
2. Дьяков, А. Ф. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" / А. Ф. Дьяков, В. В. Платонов . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 248 с. - Посвящается 70-летию Московского энергетического института (технического университета) . - ISBN 5-7046-0568-0 .;
3. 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>.

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, Сбердзас, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
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>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования	Ж-417 /2а, Помещение для	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и

и учебного инвентаря	инвентаря	курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
----------------------	-----------	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Термины и определения (Тестирование)
- КМ-2 Токовые защиты (Тестирование)
- КМ-3 Защиты (Тестирование)
- КМ-4 Автоматика и релейная защита (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения					
1.1	Общие сведения о релейной защите. Термины и определения.		+			
2	Токовые защиты					
2.1	Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты			+		
2.2	Токовые защиты			+		
2.3	Токовая отсечка			+		
2.4	Максимальная токовая защита			+		
3	Защиты					
3.1	Дифференциальные защиты				+	
3.2	Дистанционные защиты				+	
3.3	Защиты, устанавливаемые на отдельных элементах электроэнергетических систем				+	
4	Автоматика электроэнергетических систем					
4.1	Автоматика электроэнергетических систем					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25