

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: Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Колобродов Е.Н.
	Идентификатор	R3746fd8c-KolobrodovYN-d93f0e3}

Е.Н. Колобродов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов вычисления токов и напряжений при повреждениях в электрической системе для выбора параметров устройств релейной защиты и анализа их функционирования

Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ методов расчета токов и напряжений в электрической системе при несимметричных повреждениях;
- изучение методов создания схем замещения для отдельных элементов электрической системы;
- получение представлений о расчетных условиях применительно к выбору параметров устройств релейной защиты;
- приобретение навыков выполнения расчетов токов и напряжений при повреждениях в электрической системе для целей релейной защиты с помощью аналитических выражений и на ПЭВМ;
- освоение дисциплины должно обеспечить магистру умение анализировать, эксплуатировать и создавать устройства релейной защиты.

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 вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-2 _{ПК-1} Применяет специализированное программное обеспечение	уметь: - производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ; - составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию.
ПК-1 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-3 _{ПК-1} Способен производить расчеты параметров аварийных режимов	знать: - реализацию метода симметричных составляющих; - параметры отдельных элементов энергосистемы по последовательностям; - принцип составления схем замещения по последовательностям; - методы расчета простых и сложных несимметрий. уметь: - производить расчет несимметричных режимов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать теорию цепей трехфазного переменного тока

- знать элементы электроэнергетической системы и их параметры
- уметь производить расчет цепей переменного тока

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 3 зачетных единицы, 108 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	Основные положения метода симметричных составляющих	18	1	2	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение понятийного аппарата, теоретического обоснования и ограничений метода симметричных составляющих <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 8-19	
1.1	Основные положения метода симметричных составляющих	18		2	4	-	-	-	-	-	-	12	-		
2	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах	28		6	4	-	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Повторение методики расчета простой несимметрии при разных ее видах с целью закрепления навыка и понимания влияния параметров сети на получаемые соотношения токов и напряжений при несимметрии <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Выполнение расчета простой несимметрии в соответствии с заданным вариантом лабораторной работы и обработка полученных результатов <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 14 [2], стр. 59-99 [3], стр. 20-32, стр. 38-44
2.1	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах	28		6	4	-	-	-	-	-	-	-	18	-	
3	Схемы замещения в симметричных координатах для	26		4	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Выполнение расчета несимметричного режима в заданной сети в соответствии с	

	отдельных элементов электрической системы												заданным вариантом лабораторной работы и обработка полученных результатов <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 12 [5], стр. 138-140
3.1	Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы	26	4	4	-	-	-	-	-	-	18	-	
4	Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе	18	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Выполнение расчета несимметричного режима в заданной сети в соответствии с заданным вариантом лабораторной работы, составление матриц и обработка полученных результатов
4.1	Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе	18	4	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], п. 4 [6], п. 3
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	16	-	-	-	-	-	0.3	75.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Основные положения метода симметричных составляющих

1.1. Основные положения метода симметричных составляющих

Симметричные составляющие и их свойства. Разложение несимметричной трехфазной системы величин на симметричные составляющие. Свойства симметричного и несимметричного элементов в отношении симметричных составляющих. Фундаментальная система уравнений для обобщенной поперечной несимметрии.

2. Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах

2.1. Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах

Расчетные выражения и векторные диаграммы для токов и напряжений при однофазном КЗ на землю, КЗ между двумя фазами и двухфазном КЗ на землю. Правило эквивалентности прямой последовательности. Расширенная схема прямой последовательности. Направление и распределение мощностей для отдельных последовательностей при КЗ и разрывах. Основные методы расчета сложных видов повреждений.

3. Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы

3.1. Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы

Двухобмоточные и трехобмоточные трансформаторы. Удельные продольные параметры линий – двухпроводной вдали от земли, однофазной линии провод-земля. Сопротивление взаимной индукции между двумя линиями провод-земля. Удельные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей трехфазной ЛЭП без грозозащитного троса, а также при его наличии и многократном заземлении. Схемы замещения одиночных коротких и длинных ЛЭП. Схемы замещения параллельных ЛЭП при учете взаимной индукции между линиями.

4. Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе

4.1. Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе

Основные этапы решения задачи. Сетевой подход к составлению схем замещения. Представление сетевых схем в виде многополюсников и формирование на их основе обобщенных параметров в форме Z и Y . Матрица узловых сопротивлений и ее использование для расчета распределения токов и напряжений в нагрузочном режиме и расчета схемы дополнительного режима. Матрица узловых проводимостей и ее использование для расчета схемы дополнительного режима, а также получения эквивалентов сетевых схем.

3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. Расчет продольной однократной несимметрии;
2. Расчет поперечной однократной несимметрии;
3. Расчет сложного режима.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Основные положения метода симметричных составляющих"
2. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах"
3. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы"
4. Обсуждение материалов по вопросам раздела "Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе"

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 расчета простых и сложных несимметрий	ИД-3ПК-1	+				Тестирование/Тест: Основные положения метода симметричных составляющих
принцип составления схем замещения по последовательностям	ИД-3ПК-1			+		Лабораторная работа/Однократная несимметрия в сети Лабораторная работа/Простая однократная несимметрия
параметры отдельных элементов энергосистемы по последовательностям	ИД-3ПК-1			+		Лабораторная работа/Расчет сложного режима
реализацию метода симметричных составляющих	ИД-3ПК-1	+				Тестирование/Тест: Основные положения метода симметричных составляющих
Уметь:						
составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию	ИД-2ПК-1				+	Лабораторная работа/Простая однократная несимметрия
производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ	ИД-2ПК-1				+	Лабораторная работа/Расчет сложного режима
производить расчет несимметричных режимов	ИД-3ПК-1		+			Лабораторная работа/Расчет сложного режима

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест: Основные положения метода симметричных составляющих (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Однократная несимметрия в сети (Лабораторная работа)
2. Простая однократная несимметрия (Лабораторная работа)
3. Расчет сложного режима (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

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 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Ульянов, С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов / С. А. Ульянов . – 2-е изд., стер . – М. : Тид Арис, 2010 . – 520 с. - ISBN 978-5-904673-01-7 .;
2. 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 .;
3. Линт, Г. Э. Симметричные составляющие в релейной защите / Г. Э. Линт . – М. : Энергоатомиздат, 1996 . – 160 с. – (Б-ка электромонтера ; вып. 654) . - ISBN 5-283-01231-X : 4000.00 .;
4. В. А. Веников, Л. А. Жуков, Г. Е. Поспелов- "Режимы работы электрических систем и сетей", Издательство: "Высшая школа", Москва, 1975 - (343 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447957>;
5. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1985 . – 536 с.;
6. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях : Учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика" и специальностям "Электроэнергетические системы и сети" и "Электроснабжение(по отраслям)" / В. В. Ежков, и др. ; Ред. В. А. Строев . – М. : Высшая школа, 1999 . – 352 с. - ISBN 5-06-003329-5 : 32.20 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
9. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
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
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-103/1, Помещение каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения	Д-103/2, Склад	компьютерная сеть с выходом в Интернет,

оборудования и учебного инвентаря	кафедры РЗиАЭ	оборудование специализированное
--------------------------------------	---------------	---------------------------------

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и расчеты переходных процессов

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест: Основные положения метода симметричных составляющих (Тестирование)

КМ-2 Простая однократная несимметрия (Лабораторная работа)

КМ-3 Однократная несимметрия в сети (Лабораторная работа)

КМ-4 Расчет сложного режима (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Основные положения метода симметричных составляющих					
1.1	Основные положения метода симметричных составляющих		+			
2	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах					
2.1	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах					+
3	Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы					
3.1	Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы			+	+	+
4	Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе					
4.1	Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе			+		+
Вес КМ, %:			25	25	25	25