

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: Моделирование в электроэнергетике и электротехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.13.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 95,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 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	Козьмина И.С.
	Идентификатор	Ra036a963-KozminaIS-f85c8f2a

И.С. Козьмина

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

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-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике	ИД-3ПК-3 Знает и применяет на практике современные языки программирования для анализа, моделирования электроустановок в электроэнергетике и машинного обучения	знать: - реализацию метода симметричных составляющих. уметь: - производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ; - составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Моделирование в электроэнергетике и электротехнике (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 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	Основные положения метода симметричных составляющих	29.5	3	6	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение понятийного аппарата, теоретического обоснования и ограничений метода симметричных составляющих <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 58-73 [3], стр. 8-19	
1.1	Основные положения метода симметричных составляющих	29.5		6	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-		
2	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах	33.5		10	4	-	-	-	-	-	-	-	19.5	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Выполнение расчета простой несимметрии в соответствии с заданным вариантом лабораторной работы и обработка полученных результатов <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>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 225-244 [3], стр. 28-43
2.1	Расчетные выражения для токов и напряжений при простейших несимметриях и в сложно-несимметричных режимах	33.5		10	4	-	-	-	-	-	-	-	19.5	-	
3	Схемы замещения в симметричных координатах для	31.5		8	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-	<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> [2], стр. 457-479
3.1	Схемы замещения в симметричных координатах для отдельных элементов электрической системы	31.5	8	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-	
4	Методы расчета на ПЭВМ токов и напряжений при коротких замыканиях в электрической системе	31.5	8	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-	<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	31.5	8	4	-	-	-	-	-	-	19.5	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 158-195
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	32	16	-	-	-	-	-	0.3	78.0	17.7	
	Итого за семестр	144.0	32	16	-	-	-	-	-	0.3	95.7		

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 поперечной однократной несимметрии;
2. Расчет продольной 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:						
реализацию метода симметричных составляющих	ИД-3ПК-3	+	+			Тестирование/Однократная несимметрия в сети Тестирование/Основные положения метода симметричных составляющих Тестирование/Расчет сложного режима
Уметь:						
составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию	ИД-3ПК-3	+	+		+	Тестирование/Основные положения метода симметричных составляющих Тестирование/Простая однократная несимметрия Тестирование/Расчет сложного режима
производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ	ИД-3ПК-3		+	+	+	Тестирование/Однократная несимметрия в сети Тестирование/Простая однократная несимметрия Тестирование/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

3 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Однократная несимметрия в сети (Тестирование)
2. Основные положения метода симметричных составляющих (Тестирование)
3. Простая однократная несимметрия (Тестирование)
4. Расчет сложного режима (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

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 3 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 . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1992 . – 526 с. - ISBN 5-283-01171-2 : 33.75 .;
3. В. А. Давыдов, А. А. Осинцев, А. И. Щеглов, А. С. Трофимов- "Примеры расчета релейной защиты", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2018 - (92 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575265>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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/>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
16. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
17. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
18. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
19. АНО «Россия – страна возможностей» - <https://rsv.ru/education/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-411, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
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	Ж-411, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
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-107, Аудитория кафедры РЗиАЭ	стол, стул, шкаф, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	З-403/5б, Помещение каф. "ТОЭ"	стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование режимов в энергосистемах

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные положения метода симметричных составляющих (Тестирование)
- КМ-2 Простая однократная несимметрия (Тестирование)
- КМ-3 Однократная несимметрия в сети (Тестирование)
- КМ-4 Расчет сложного режима (Тестирование)

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