

**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**


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

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Наволочный А.А.
	Идентификатор	R80702b81-NavolochnyAA-af3ccd9

(подпись)

А.А.


Наволочный

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

А.А. Волошин

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.А. Волошин

(расшифровка  
подписи)

## 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-2ПК-1 Применяет специализированное программное обеспечение	уметь: - составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию; - производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ.
ПК-1 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике	ИД-3ПК-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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение понятийного аппарата, теоретического обоснования и ограничений метода симметричных составляющих <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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 <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Выполнение расчета простой несимметрии в соответствии с заданным вариантом лабораторной работы и обработка полученных результатов <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Выполнение расчета несимметричного режима в заданной сети в соответствии с	

	отдельных элементов электрической системы												заданным вариантом лабораторной работы и обработка полученных результатов <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], п. 4 [6], п. 3
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>58</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>75.7</b>		

**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	
<b>Знать:</b>						
методы расчета простых и сложных несимметрий	ИД-3ПК-1	+				Тестирование/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/Основные положения метода симметричных составляющих
<b>Уметь:</b>						
производить анализ результатов расчета несимметрий при помощи ПЭВМ	ИД-2ПК-1				+	Лабораторная работа/Расчет сложного режима
составлять расчетную модель на ПЭВМ и производить ее верификацию	ИД-2ПК-1				+	Лабораторная работа/Простая однократная несимметрия
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. 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](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-303, 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 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