

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: Распределительные электрические сети

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТОКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	6 семестр - 26 часа;
Практические занятия	6 семестр - 26 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 125,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лхамдондог А.
	Идентификатор	Rf28536f5-LkhamdondogA-46ed3d3

А. Лхамдондог

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Валянский А.В.
	Идентификатор	R98c29a50-ValianskyAV-a927df5f

А.В. Валянский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов расчёта различных видов коротких замыканий (симметричных и несимметричных) в электроустановках

Задачи дисциплины

- научить рассчитывать трехфазные токи короткого замыкания в начальный и произвольный момент времени;
- научить рассчитывать несимметричные режимы работы электроустановок.;
- научить чертить схемы замещения станций и подстанции.

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-2 Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии	знать: - методы расчета трехфазных коротких замыканий, особенности расчета несимметричных коротких замыканий. уметь: - рассчитывать несимметричные короткие замыкания; - рассчитывать токи трехфазных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Распределительные электрические сети (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теории трёхфазных электрических цепей переменного тока;
- знать конструктивные особенности и основные характеристики синхронных и асинхронных машин
- уметь строить векторные диаграммы токов и напряжений

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 5 зачетных единиц, 180 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	Раздел 1	10	6	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Самостоятельное изучение</u> <u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Раздел 1" [1], стр. 10-17, 25–28 , [2], стр. 13-29 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 6-12 [2], 4-9 [3], 16-24 [4], 96--98</p>	
1.1	Общие сведения об коротких замыканиях.	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
2	Раздел 2	18		4	-	2	-	-	-	-	-	12	-		<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Раздел 2" [1], стр. 52–69 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 15-20 [3], 51-54</p>
2.1	Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения	18		4	-	2	-	-	-	-	-	12	-		
3	Раздел 3	24		4	-	6	-	-	-	-	-	14	-		
3.1	Составление расчетной схемы и схемы замещения	24	4	-	6	-	-	-	-	-	14	-			

													[3], 35-48 [4], 104-107	
4	Раздел 4	30	4	-	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Раздел 4" [1], стр. 97–114, или [2], стр. 52-61
4.1	Определение начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания от электрических машин	30	4	-	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 54-63 [4], 108-119
5	Раздел 5	26	4	-	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Раздел 5". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:
5.1	Практические методы расчёта действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания	26	4	-	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Раздел 5 и подготовка к контрольной работе [1], стр. 153–172 [2], стр. 99-119 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 59-72 [3], 72-89 [4], 123-125
6	Раздел 6	36	6	-	6	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u>
6.1	Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий. Расчеты несимметричных коротких замыканий	36	6	-	6	-	-	-	-	-	-	24	-	Изучение материалов по разделу Раздел 6 и подготовка к контрольной работе [1], стр. 228–239, или [2], стр. 233–240 <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Раздел 6". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания

													и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 103-126 [2], 42-51 [3], 108-136
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	26	-	26	-	2	-	-	0.5	92	33.5	
	Итого за семестр	180.0	26	-	26		2		-	0.5		125.5	

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. Раздел 1

1.1. Общие сведения об коротких замыканиях.

Основные понятия. Допущения, принимаемые при расчетах токов короткого замыкания. Назначение расчетов токов коротких замыканий и предъявляемые к ним требования. Понятие о расчетных условиях.

2. Раздел 2

2.1. Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения

Исходное дифференциальное уравнение ПП и его решение. Понятие об ударном токе КЗ. Ударный коэффициент и способы его определения. Особенности ПП при КЗ в разветвленной цепи.

3. Раздел 3

3.1. Составление расчетной схемы и схемы замещения

Понятие о расчетной схеме и схеме замещения. Системы единиц, используемые при составлении схем замещения. Виды схем замещения. Преобразование схем замещения..

4. Раздел 4

4.1. Определение начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания от электрических машин

Определение начального действующего значения периодической составляющей (ПС) тока КЗ от СМ. Влияние двигателей и нагрузок в начальный момент КЗ.

5. Раздел 5

5.1. Практические методы расчёта действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания

Определение удалённости точки КЗ от электрической машины. Расчет действующего значения ПС тока при удалённых КЗ. Расчёт с использованием метода типовых кривых при простых и сложных расчетных схемах..

6. Раздел 6

6.1. Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий. Расчеты несимметричных коротких замыканий

Преимущества метода симметричных составляющих. Условия применимости этого метода. Исходные уравнения. Двухфазное КЗ. Однофазное КЗ. Двухфазное КЗ на землю. Правило эквивалентности тока прямой последовательности. Расчет токов и напряжений при несимметричных КЗ разными методами. Соотношение токов несимметричных КЗ разных видов при замыканиях в одной и той же точке..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт токов и напряжений при двухфазном КЗ на землю.;
2. Составление схем замещения нулевой последовательности Расчёт токов и напряжений при однофазном КЗ.;

3. Расчёт токов и напряжений при двухфазном КЗ.;
4. Определение действующего значения ПС тока КЗ в заданный момент времени с использованием метода типовых кривых.;
5. Определение начального действующего значения ПС тока короткого замыкания (КЗ), ударного тока КЗ и апериодической составляющей тока КЗ в произвольный момент времени.;
6. Примеры схем замещения. Способы преобразования схем. Схемы замещения трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов, трансформаторов с расщеплённой обмоткой низшего напряжения, сдвоенных токоограничивающих реакторов.;
7. Составление схем замещения при выражении их элементов в системах именованных и относительных единиц.

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	6	
Знать:								
•методы расчета трехфазных коротких замыканий, особенности расчета несимметричных коротких замыканий	ИД-2пк-2	+	+	+				Контрольная работа/Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания Расчетно-графическая работа/Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени Тестирование/Составление схем замещения для расчета токов КЗ
Уметь:								
•рассчитывать токи трехфазных	ИД-2пк-2				+	+		Расчетно-графическая работа/Расчет методом типовых кривых Контрольная работа/Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания Контрольная работа/Расчет тока КЗ в произвольный момент времени
рассчитывать несимметричные короткие замыкания	ИД-2пк-2						+	Расчетно-графическая работа/Расчет тока несимметричного КЗ

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет методом типовых кривых (Расчетно-графическая работа)
2. Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания (Контрольная работа)
3. Расчет тока КЗ в произвольный момент времени (Контрольная работа)
4. Расчет тока несимметричного КЗ (Расчетно-графическая работа)
5. Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени (Расчетно-графическая работа)
6. Составление схем замещения для расчета токов КЗ (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Козина, М. А. Короткие замыкания в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ : учебное пособие по дисциплине "Токи короткого замыкания" по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / М. А. Козина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 144 с. - ISBN 978-5-7046-2156-0 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10708>;
2. Волкова, Н. Н. Расчет несимметричных коротких замыканий : методические указания по дисциплинам "Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах" и "Токи короткого замыкания" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / Н. Н. Волкова, М. А. Козина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 52 с.
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10547>;
3. Крючков И.П. , Старшинов В.А. , Гусев Ю.П. - "Короткие замыкания и выбор электрооборудования", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (568 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72231;
4. Крючков И. П., Пираторов М. В., Старшинов В. А.- "Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные и методические материалы для выполнения квалификационных работ", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2015 - (138 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72328.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Dr.Web;
5. Acrobat Reader;
6. Neplan.

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
14. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории	ЭС-41, Учебная	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для

для проведения лабораторных занятий	аудитория каф. ЭС	одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
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-2/19, Учебная лаборатория "Вычислительный центр"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, телевизор
Помещения для консультирования	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-2/9, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, кондиционер, телевизор, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Токи короткого замыкания

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Составление схем замещения для расчета токов КЗ (Тестирование)
 КМ-2 Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания (Контрольная работа)
 КМ-3 Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 Расчет тока КЗ в произвольный момент времени (Контрольная работа)
 КМ-5 Расчет методом типовых кривых (Расчетно-графическая работа)
 КМ-6 Расчет тока несимметричного КЗ (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	5	7	8	9	12
1	Раздел 1							
1.1	Общие сведения об коротких замыканиях.		+	+	+			
2	Раздел 2							
2.1	Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения		+	+	+			
3	Раздел 3							
3.1	Составление расчетной схемы и схемы замещения		+	+	+			
4	Раздел 4							
4.1	Определение начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания от электрических машин			+		+	+	
5	Раздел 5							
5.1	Практические методы расчёта действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания			+		+	+	
6	Раздел 6							
6.1	Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий. Расчёты							+

	несимметричных коротких замыканий						
	Вес КМ, %:	10	20	15	20	15	20