

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
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.16
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:	
Зачет с оценкой	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рыжкова Е. Н.
	Идентификатор	R53c2ea63-RyzhkovaYN-12c1f249

(подпись)

Е.Н. Рыжкова

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кошарная Ю.В.
	Идентификатор	Ra3970c37-KosharnyaYV-98175eff

(подпись)

Ю.В. Кошарная

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение электромагнитных и электромеханических переходных процессов в системах электроснабжения, получение навыков их расчета для последующего использования полученных знаний при оценке аварийных и аномальных режимов при проектировании и эксплуатации питающих и распределительных сетей

Задачи дисциплины

- приобретение навыков анализа условий возникновения электромагнитных и электромеханических переходных процессов в конкретных электрических схемах сетей промышленных предприятий;
- приобретение навыков расчетов токов симметричных и несимметричных коротких замыканий, в том числе для выбора и проверки электрооборудования;
- приобретение навыков расчетов статической и динамической устойчивости в системах электроснабжения;
- приобретение навыков выбора методов и средств для улучшения протекания электромагнитных и электромеханических переходных процессов.

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 способен планировать и контролировать деятельности по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	ИД-1 _{ПК-3} Определение видов и объемов работ, подлежащих выполнению на трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах в процессе проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту	знать: - схемы замещения элементов систем электроснабжения для расчетов электромагнитных и электромеханических переходных процессов.
ПК-3 способен планировать и контролировать деятельности по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов	ИД-5 _{ПК-3} Обеспечение взаимодействия структурных подразделений организации при ликвидации нештатных и аварийных ситуаций на трансформаторных подстанциях и распределительных пунктах	знать: - основы теории электромеханических переходных процессов в современных электроэнергетических системах и системах электроснабжения.
ПК-6 способен осуществлять разработку текстовой и графической частей проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства	ИД-1 _{ПК-6} Формирование перечня оптимальных технических решений проектной документации системы электроснабжения	знать: - основы теории электромагнитных переходных процессов для общих расчетных задач по выбору силового оборудования, устройств релейной защиты и автоматики.
ПК-6 способен осуществлять разработку текстовой и графической	ИД-2 _{ПК-6} Разработка конструкторской документации на различных	уметь: - выполнять расчеты устойчивости с учетом регулирования возбуждения.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
частей проектной документации системы электроснабжения объектов капитального строительства	стадиях проектирования системы электроснабжения объектов	

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.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы общей теории переходных процессов в простейших цепях
- знать классификацию режимов работы сетей электроснабжения
- знать конструкцию и схемы замещения электрических синхронных и асинхронных машин
- уметь рассчитывать установившиеся, аварийные и послеаварийные режимы работы СЭС
- уметь рассчитывать переходные процессы в простейших RLC-цепях

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	Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям	32.6	9	2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	28.8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Составить расчетную схему замещения для определения тока симметричного КЗ, рассчитать параметры в относительных базисных единицах с приведением к одной ступени трансформации по средним значениям Кт.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Сравнение расчетных методов точного и приближенного приведения параметров схем замещения: стр.13-56 в источнике "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 ."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.4 [5], стр. 12-34</p>
1.1	Основные допущения. Преобразование схем замещения	32.6		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	28.8	-	
2	Трехфазные короткие замыкания	30.8		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	27	-	
2.1	Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Практические	30.8		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	27	-	

	методы расчета переходного процесса короткого замыкания												<p>апериодической составляющей. Расчет ударного тока. Определение действующего значения тока КЗ в заданном выключателе в момент отключения.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Переходные и сверхпереходные ЭДС и реактивности синхронной машины, их сравнение. Уравнения электромагнитного переходного процесса. Внезапное КЗ синхронной машины.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[4], стр. 23-48 [5], стр. 58-73</p>
3	Несимметричные режимы	30.8	2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	27	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Для начального момента времени аналитически определить значение тока однофазного КЗ в точке К(N). Построить векторную диаграмму напряжений на шинах 10 кВ подстанции В.</p>
3.1	Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов. Однократная поперечная несимметрия	30.8	2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	27	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Параметры элементов для токов обратной и нулевой последовательностей. Распределение и трансформация токов и напряжений. Однократная поперечная несимметрия. Однофазное, двухфазное и двухфазное на землю короткое замыкание. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Сравнение видов КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[5], стр. 315-339</p>
4	Расчеты устойчивости простейших систем	31.8	2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	28	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Определить коэффициенты запаса</p>

4.1	Понятие о статической и динамической устойчивости	31.8		2	-	1	-	0.5	-	0.3	-	28	-	<p>статической устойчивости при передаче мощности от электростанции А в систему для трех случаев: - генераторы ст. А не имеют автоматических регуляторов возбуждения (АРВ) - генераторы снабжены АРВ пропорционального типа; - генераторы снабжены АРВ сильного действия. Определить предельное время отключения трехфазного и однофазного коротких замыканий в начале линии Л-1.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Основные положения, применяемые при анализе. Понятие о статической и динамической устойчивости. Основные понятия и определения. Статическая устойчивость. Характеристики мощности электропередачи. Векторные диаграммы. Характеристики мощности простейшей системы. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами. Характеристика мощности электропередачи с генераторами, оснащенными АРВ пропорционального и сильного действия. Статические, динамические и внешние характеристики мощности простейшей системы. Действительная характеристика мощности. Практические критерии статической устойчивости. Основные соотношения между параметрами режима в простейшей системе. Прямой критерий статической устойчивости. Определение коэффициента запаса. Косвенные вторичные критерии статической устойчивости. Применение практических критериев устойчивости. Динамическая устойчивость. Электромеханические переходные процессы при больших возмущениях. Задачи исследования и основные допущения. Количественная оценка относительного</p>
-----	---	------	--	---	---	---	---	-----	---	-----	---	----	---	--

													<p>движения ротора генератора. Правило площадей при работе генератора на шины бесконечной мощности. Численные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений движения роторов генераторов системы: метод последовательных интервалов – модификация метода Эйлера, методы Рунге-Кутты, методы «прогноза-коррекции». Способы повышения динамической устойчивости.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], стр. 56-70 [3], стр. 22-41</p>
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	8	-	4	-	2.0	-	1.2	0.3	110.8	17.7	
	Итого за семестр	144.0	8	-	4	2.0		1.2		0.3	128.5		

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. Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям

1.1. Основные допущения. Преобразование схем замещения

Понятие о расчетных условиях. Точное и приближенное приведение параметров схемы к одной ступени. Система относительных единиц. Методы преобразования схем замещения. Коэффициенты распределения. Применение принципа наложения.

2. Трехфазные короткие замыкания

2.1. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания

Действующие значения полных величин и их отдельных слагающих. Определение эквивалентной постоянной времени. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов.

3. Несимметричные режимы

3.1. Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов.

Однократная поперечная несимметрия

Параметры элементов и схемы отдельных последовательностей Общие замечания. Образование высших гармоник. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Однофазное, двухфазное и двухфазное на землю короткое замыкание. Правило эквивалентности прямой последовательности. Особенности расчетов токов КЗ в распределительных сетях.

4. Расчеты устойчивости простейших систем

4.1. Понятие о статической и динамической устойчивости

Характеристики мощности простейшей системы. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами. Характеристика мощности электропередачи с генераторами, оснащенными АРВ пропорционального и сильного действия. Прямой критерий статической устойчивости. Определение коэффициента запаса. Динамическая устойчивость. Правило площадей при работе генератора на шины бесконечной мощности.

3.3. Темы практических занятий

1. Однократная поперечная несимметрия;
2. Несимметричные режимы;
3. Расчеты устойчивости простейших систем;
4. Понятие о статической и динамической устойчивости;
5. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям Основные допущения.

2. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания.
3. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Сравнение видов КЗ.
4. Основные положения, применяемые при анализе статической и динамической устойчивости

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:						
схемы замещения элементов систем электроснабжения для расчетов электромагнитных и электромеханических переходных процессов	ИД-1 _{ПК-3}	+				Тестирование/Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям
основы теории электромеханических переходных процессов в современных электроэнергетических системах и системах электроснабжения	ИД-5 _{ПК-3}		+			Контрольная работа/Замыкания
основы теории электромагнитных переходных процессов для общих расчетных задач по выбору силового оборудования, устройств релейной защиты и автоматики	ИД-1 _{ПК-6}				+	Контрольная работа/Устойчивость
Уметь:						
выполнять расчеты устойчивости с учетом регулирования возбуждения	ИД-2 _{ПК-6}			+		Контрольная работа/Режимы

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. Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Замыкания (Контрольная работа)
2. Режимы (Контрольная работа)
3. Устойчивость (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №9)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих. При освоении дисциплины используется система БАРС

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. 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.;
2. Д. В. Армеев, Е. П. Гусев, А. П. Долгов, В. М. Зырянов, В. М. Левин- "Переходные процессы в электрических системах: сборник задач", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2014 - (331 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436254>;
3. Жданов, П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / П. С. Жданов ; Ред. Л. А. Жуков . – стереотип . – М. : Альянс, 2015 . – 456 с. - ISBN 978-5-91872-101-8 .;
4. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев, М. В. Пираторов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 396 с. - Победитель Всероссийского конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике 2017 г. - ISBN 978-5-7046-1948-2 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10738;
5. 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 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

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. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. 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	НТБ-303,	стол компьютерный, стул, стол письменный,

самостоятельной работы	Компьютерный читальный зал	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 и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Переходные процессы в системах электроснабжения

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям (Тестирование)
- КМ-2 Замыкания (Контрольная работа)
- КМ-3 Режимы (Контрольная работа)
- КМ-4 Устойчивость (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	2	4	6	8
1	Понятие о переходных процессах применительно к простейшим цепям					
1.1	Основные допущения. Преобразование схем замещения		+			
2	Трехфазные короткие замыкания					
2.1	Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи. Практические методы расчета переходного процесса короткого замыкания			+		
3	Несимметричные режимы					
3.1	Основные положения в исследовании несимметричных переходных процессов. Однократная поперечная несимметрия				+	
4	Расчеты устойчивости простейших систем					
4.1	Понятие о статической и динамической устойчивости					+
Вес КМ, %:			10	30	40	20