

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети; Цифровые системы релейной защиты и автоматики; Гидроэлектростанции и цифровые технологии; Интеллектуальная возобновляемая энергетика

Уровень образования: бакалавр

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Блок	Блок 1. «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.06
Трудоемкость в зачетных единицах	5 семестр - 5
Часов (всего) по учебному плану	180
Лекции	5 семестр - 32 часа
Практические занятия	5 семестр – 16 часов
Лабораторные работы	5 семестр – 16 часов
Самостоятельная работа	5 семестр – 80 часов
включая: РГР курсовые проекты (работы)	5 семестр – 20 часов Учебным планом не предусмотрены
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой экзамен защита курсового проекта/работы	5 семестр – 2,5 часа
Контроль: экзамен	5 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Заведующий кафедрой Энергетики
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой Энергетики
(название кафедры)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики,

к.т.н., доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

В.Н. Курьянов
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Цифровые системы релейной защиты и автоматики

Заведующий кафедрой Энергетики,
к.т.н., доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательных программ Гидроэлектростанции и цифровые технологии, Интеллектуальная возобновляемая энергетика

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Н.В. Байдакова
(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики
(название кафедры)


(подпись)

Е.Г. Зенина
(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины – изучение особенностей и причин возникновения, последствий электромагнитных переходных процессов, освоение методов расчета симметричных и несимметричных повреждений в электроэнергетических системах.

Задачи дисциплины:

- освоение методики анализа симметричных и несимметричных электромагнитных переходных процессов;
- приобретение навыков расчета параметров симметричных и несимметричных электромагнитных 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-1. Способен управлять технологическим оборудованием, выбирать серийное и проектировать новое оборудование	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных по заданной тематике, обосновывает выбор технологических решений	знать: – методы составления схем замещения и определения параметров элементов при расчете электромагнитных переходных процессов; уметь: – анализировать исходные данные, необходимые для расчета параметров симметричных и несимметричных электромагнитных переходных процессов; – рассчитывать параметры элементов электроэнергетических систем, изображать их графически в виде схем замещения и проводить их преобразования к простейшему виду.
	ПК-1.2. Демонстрирует понимание технологических процессов, способов управления оборудованием и их взаимосвязь с задачами эксплуатации	знать: – соотношения и параметры, описывающие трёхфазное короткое замыкание и основные виды поперечных и продольных несимметричных режимов; – физические основы электромагнитных переходных процессов, происходящих в начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины уметь: – рассчитывать электромагнитные переходные процессы в сетях выше 1 кВ с помощью метода симметричных составляющих;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		– изображать графически расчетные токи и напряжения в заданной точке электроэнергетической системы

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профили: Электроэнергетические системы и цифровые технологии, Цифровые системы релейной защиты и автоматики, Гидроэлектростанции и цифровые технологии, Интеллектуальная возобновляемая энергетика).

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «ТОЭ».

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

знать:

- методы составления схем замещения и определения параметров элементов при расчете электромагнитных переходных процессов;
- соотношения и параметры, описывающие трёхфазное короткое замыкание и основные виды поперечных и продольных несимметричных режимов;
- физические основы электромагнитных переходных процессов, происходящих в начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины;

уметь:

- анализировать исходные данные, необходимые для расчета параметров симметричных и несимметричных электромагнитных переходных процессов;
 - рассчитывать параметры элементов электроэнергетических систем, изображать их графически в виде схем замещения и проводить их преобразования к простейшему виду;
 - рассчитывать электромагнитные переходные процессы в сетях выше 1 кВ с помощью метода симметричных составляющих;
 - изображать графически расчетные токи и напряжения в заданной точке электроэнергетической системы.
- Результаты образования, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении дисциплин специализации и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Основные сведения об электромагнитных переходных процессах в трёхфазных цепях. Расчёт трёхфазного короткого замыкания.	43	5	6	8	9	-	-	-	20	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1]с.23-26,с.27-31,с.32-47, с.48-79; [2]с. 9-76; [3] с.10-18, с. 19-51, с. 153-183	
2	Несимметричные переходные процессы	52	5	19	6	7	-	-	-	20	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [1]с.80-96,с.97-124,с.125-149, с. 277-298; [2]с. 77-130, с. 131-154; [3] с. 97-115, с.191-227, с. 228-238, с. 239-286, с. 287-310	
3	Переходные процессы в синхронной машине	29	5	7	2	-	-	-	-	20	-	Проработка и повторение лекционного материала. Изучение литературы [2]с.154-211, [3] с. 71-96, с. 115-136, с. 137-152	
4	Расчетное задание (РГР)	20	5	-	-	-	-	-	-	20	-	Проработка лекционного материала и материалов практик. Согласно графику выполнения РГР.	
5	Экзамен	36	5	-	-	-	-	-	2,5	-	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетам с последующим устным ответом согласно программе экзамена	
	Итого:	180		32	16	16	-	-	2,5	80	33,5		

3.2. Краткое содержание разделов

5 семестр

1. Основные сведения об электромагнитных переходных процессах в трёхфазных цепях.

Расчёт трёхфазного короткого замыкания

Основные понятия и определения. Причины появления и виды коротких замыканий, их последствия. Назначение расчетов коротких замыканий. Основные допущения, принимаемые при расчетах. Составление схем замещения и расчет их параметров. Приближённый учёт системы. Системы именованных и относительных единиц. Приведение параметров схемы к основной ступени напряжения. Преобразование схем замещения. Трёхфазное короткое замыкание в электрической сети. Трёхфазное КЗ в простейшей цепи. Ударный ток КЗ. Действующее значение полного и ударного токов КЗ. Приближённое определение периодической составляющей тока КЗ. Алгоритм определения начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания. Расчёт токов КЗ в произвольный момент времени.

2. Несимметричные переходные процессы

Основные допущения, принимаемые при расчетах. Параметры элементов для токов обратной и нулевой последовательности. Схемы замещения различных последовательностей. Распределение и трансформации токов и напряжений. Однофазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание на землю. Учет переходного сопротивления в месте замыкания. Правило эквивалентности прямой последовательности. Однократная продольная несимметрия. Разрыв одной фазы трехфазной цепи. Разрыв двух фаз. Несимметрия от включения сопротивлений. Правило эквивалентности прямой последовательности при продольной несимметрии.

3. Переходные процессы в синхронной машине

Основные положения. ЭДС и реактивности синхронной машины. Сверхпереходные ЭДС и сверхпереходные индуктивности синхронной машины. Сравнение реактивностей синхронной машины. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного тока в синхронной машине. Форсировка возбуждения в синхронной машине. Гашение магнитного поля.

3.3. Темы практических занятий

1. Составление схем замещения с исключением трансформаторных связей путем приведения параметров всех элементов расчетной схемы к одной ступени напряжения.
- 2-3. Математические модели электроэнергетической системы и ее элементов. Расчет параметров элементов ЭЭС в именованных единицах и относительных единицах. Преобразование схем замещения.
4. Расчет начального сверхпереходного и ударного токов короткого замыкания.
- 5-6. Составление и преобразование схем замещения различных последовательностей.
- 7-8. Контрольная работа №1. Расчет симметричных КЗ в электрической системе.
- 9-10. Расчет переходных процессов при несимметричных коротких замыканиях.
- 11-12. Контрольная работа №2. Расчет переходных процессов при однократной поперечной несимметрии.
- 13-14. Расчет однократной продольной несимметрии.
- 15-16. Контрольная работа №3. Переходные процессы в синхронной машине.

3.4. Темы лабораторных работ

- 1-2. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя точное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.
- 3-4. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.

- 5-6. Расчет токов трехфазного КЗ, используя точное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.
- 7-8. Расчет токов трехфазного КЗ, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.
- 9. Определение токов трехфазного короткого замыкания методом расчетных и типовых кривых.
- 10. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ.
- 11. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Однофазное КЗ
- 12. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ на землю.
- 13-14. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв одной фазы.
- 15-16. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв двух фаз

3.5. РГР

Тема: Расчет симметричных и несимметричных коротких замыканий в электрической сети (по вариантам).

3.6. Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрены.

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1)					Формы контроля
		1	2	3	4	5	
Знать:							
методы составления схем замещения и определения параметров элементов при расчете электромагнитных переходных процессов	ПК-1.1	X	X	X	X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
соотношения и параметры, описывающие трёхфазное короткое замыкание и основные виды поперечных и продольных несимметричных режимов	ПК-1.2	X	X	X	X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
физические основы электромагнитных переходных процессов, происходящих в начальный момент внезапного нарушения режима синхронной машины	ПК-1.2			X		X	Контрольная работа №3; экзамен
Уметь:							
анализировать исходные данные, необходимые для расчета параметров симметричных и несимметричных электромагнитных переходных процессов	ПК-1.1	X	X	X	X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
рассчитывать параметры элементов электроэнергетических систем, изображать их графически в виде схем замещения и проводить их преобразования к простейшему виду	ПК-1.1	X	X		X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
рассчитывать электромагнитные переходные процессы в сетях выше 1 кВ с помощью метода симметричных составляющих	ПК-1.2	X	X		X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
изображать графически расчетные токи и напряжения в заданной точке электроэнергетической системы	ПК-1.2	X	X		X	X	Контрольные работы №1, №2; отчеты лабораторных работ, РГР, экзамен
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.4.1)</i>		43	52	29	20		

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПОДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

– Контрольные работы:

Кр №1 Расчет симметричных КЗ в электрической системе

Кр №2 Расчет переходных процессов при однократной поперечной несимметрии.

Кр №3 Переходные процессы в синхронной машине.

– отчеты по лабораторным работам:

ЛБ 1-2. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя точное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.

ЛБ 3-4. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.

ЛБ 5-6. Расчет токов трехфазного КЗ, используя точное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.

ЛБ 7-8. Расчет токов трехфазного КЗ, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.

ЛБ 9. Определение токов трехфазного короткого замыкания методом расчетных и типовых кривых.

ЛБ 10. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ.

ЛБ 11. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Однофазное КЗ

ЛБ 12. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ на землю.

ЛБ 13-14. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв одной фазы.

ЛБ 15-16. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв двух фаз

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

Экзамен.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В приложение к диплому выносятся оценка за 5 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература:

1. Короткие замыкания и выбор электрооборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / И.П. Крючков [и др.]; под ред. И.П. Крюčkова, В.А. Старшинова. – Электрон.текстов. дан. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – Режим доступа:

<http://www.nelbook.ru/reader/?book=174>

2. Котова Е. Н. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебно-метод. пособие / Е. Н. Котова, Т. Ю. Паниковская. - Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2014. - 216 с.

- Режим доступа:

<http://www.nelbook.ru/reader/?book=175>

3. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов/ И.П.Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П.Гусев, М.В.Пираторов; под ред. И.П.Крючкова. М.: Издательский дом МЭИ, 2008 – 416 с.

4. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания [Электронный ресурс]: РД 153-34.0-20.527-98. – Электрон.текстов. дан. – М.: НЦ ЭНАС,2013. - 152 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=38586

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Office Word, Excel и PowerPoint.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

Базаданных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное помещение, оснащено:

- доска маркерная передвижная – 1 шт.;
- персональный компьютер – 1 шт.;
- проектор – 1 шт.;
- экран – 1 шт.;
- столы и стулья на 35 посадочных мест.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой (20 компьютеров), с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Учебная аудитория для проведения занятий практического типа

- доска маркерная передвижная – 1 шт.;

- телевизор – 2 шт.;

- персональные компьютеры со специализированным программным обеспечением – 11 шт.;

- столы и стулья на 24 посадочных места.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории Электротехники и электроники.

5 семестр

КМ-1	Кр №1 Расчет симметричных КЗ в электрической системе
КМ-2	Кр №2 Расчет переходных процессов при однократной поперечной несимметрии.
КМ-3	Кр №3 Переходные процессы в синхронной машине.
КМ-4	ЛБ 1-2. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя точное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.
КМ-5	ЛБ 3-4. Расчет токов трехфазного короткого замыкания, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в именованных единицах.
КМ-6	ЛБ 5-6. Расчет токов трехфазного КЗ, используя точное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.
КМ-7	ЛБ 7-8. Расчет токов трехфазного КЗ, используя приближенное приведение элементов схемы замещения в относительных единицах.
КМ-8	ЛБ 9. Определение токов трехфазного короткого замыкания методом расчетных и типовых кривых.
КМ-9	ЛБ 10. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ.
КМ-10	ЛБ 11. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Однофазное КЗ
КМ-11	ЛБ 12. Несимметричные КЗ в разветвленной сети. Двухфазное КЗ на землю.
КМ-12	ЛБ 13-14. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв одной фазы.
КМ-13	ЛБ 15-16. Продольные несимметрии в разветвленной сети. Обрыв двух фаз
КМ-14	Расчетное задание

Трудоемкость дисциплины= 53.е.

[illegible]