

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 ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 48 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Проверочная работа Контрольная работа Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
	Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6

А.С. Иванов

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 теоретических вопросов математического моделирования электрических машин и трансформаторов, изучение методов анализа переходных процессов в электрических машинах на основе их математических моделей

Задачи дисциплины

- изучение основных понятий и подходов к моделированию вращающихся электрических машин;
- изучение особенностей протекания переходных процессов в различных электрических машинах и влияния параметров электрических машин на ход переходного процесса;
- овладение навыками составления математических моделей и систем дифференциальных уравнений, описывающих поведение электрической машины;
- приобретение навыков обоснованного выбора математической модели, системы координат и формы записи при моделировании электрических машинах;
- освоение методов анализа разного рода переходных процессов в электрических машинах.

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 Способность принимать участие в решении исследовательских задач в рамках реализации научного проекта	ИД-4 _{ПК-2} Знает информационные технологии, используемые в науке и технике	знать: - принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах. уметь: - использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов.
ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике	ИД-2 _{ПК-3} Применяет методы конструирования и моделирования электрических машин для решения профессиональных задач	знать: - методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах. уметь: - составлять модели электрических машин и трансформаторов.
ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике	ИД-7 _{ПК-3} Владеет базовыми инструментальными средствами создания, моделирования и конструирования электрических машин в электроэнергетике	знать: - программные средства моделирования электрических машин. уметь: - моделировать динамические режимы электрических машин с учётом нелинейности и взаимного влияния

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		параметров.

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.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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	Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы.	17	3	8	-	2	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: «Особенности моделирования переходных процессов в ветвях электрических машин» <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 317-318 [4], часть 1</p>
1.1	Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева.	17		8	-	2	-	-	-	-	-	7	-	
2	Дифференциальные	17		8	-	2	-	-	-	-	-	7	-	

	уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.													Проработка лекции <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: «Моделирование переходных процессов в трансформаторах» <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], глава 25 [4], часть 2 [5], глава 15
2.1	Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах.	17	8	-	2	-	-	-	-	-	7	-		
3	Математическая модель обобщенной электрической	16	8	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Самостоятельное изучение</u>	

	в асинхронных двигателях. Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя.													
5	Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева	21	8	-	4	-	-	-	-	-	9	-		<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева и подготовка к контрольной работе"
5.1	Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных	21	8	-	4	-	-	-	-	-	9	-		<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], глава 26 [2], глава 35 [6], главы 71, 72, 73

	реактивных двигателей												
6	Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока.	16	8	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока."
6.1	Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока	16	8	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: «Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока» <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], часть 4
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	48	-	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	48	-	16		2		-	0.5		77.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы.

1.1. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева.

Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева..

2. Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.

2.1. Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах.

Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах..

3. Математическая модель обобщенной электрической машины

3.1. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин.

История создания обобщенной теории электрических машин. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения, применяемые при анализе. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные. Этапы и инварианты преобразования. Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения электрической машины в фазовых координатах. Переход к ортогональным координатам. Неподвижная и вращающиеся системы координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Преобразования Кларк и преобразования Парка. Матричная форма записи системы дифференциальных уравнений. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя.

4. Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя. Переходные процессы в асинхронных машинах

4.1. Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных системах координат. Переходные процессы в асинхронных двигателях. Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя.

Переходные процессы в асинхронных двигателях при пуске, реверсе и изменении нагрузки на валу. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса. Динамическая механическая характеристика. Ударный ток включения и ударный момент асинхронного двигателя. Переходный процесс при пуске двигателя переключением схемы «звезда» - «треугольник». Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Моделирование генераторного режима асинхронной машины. Математическая модель асинхронного генератора с самовозбуждением. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя. Математическая модель асинхронного конденсаторного двигателя.

5. Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева

5.1. Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей

Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельные синхронизирующие мощность и момент. Качания ротора синхронной машины. Моменты, действующие на ротор. Роль демпферной (успокоительной) обмотки.

6. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока.

6.1. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Дифференциальные уравнения машин постоянного тока и их связь с уравнениями установившихся режимов. Переходные процессы при включении обмотки возбуждения, пуске и набросе нагрузки двигателей с различными типами возбуждения. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние параметров двигателя постоянного тока на ход переходного процесса.

3.3. Темы практических занятий

1. Изучение инструментальных средств моделирования переходных процессов в расчетном программном комплексе;
2. Исследование переходных процессов двигателя постоянного тока;
3. Исследование пусковых, синхронизирующих и рабочих свойств синхронных микродвигателей;

4. Исследование вхождения в синхронизм синхронного двигателя;
5. Исследование переходных процессов в асинхронном конденсаторном двигателе;
6. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе;
7. Моделирование переходных процессов в трансформаторах;
8. Особенности моделирования переходных процессов в ветвях электрических машин.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математическая модель обобщенной электрической машины"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя. Переходные процессы в асинхронных машинах"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока."

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:								
принципы математического описания процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах	ИД-4ПК-2	+						Проверочная работа/Моделирование переходных процессов в трансформаторах
методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования переходных процессов в электрических машинах и трансформаторах	ИД-2ПК-3			+				Проверочная работа/Моделирование асинхронного электродвигателя
программные средства моделирования электрических машин	ИД-7ПК-3				+			Контрольная работа/Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса
Уметь:								
использовать современные программные средства для расчета переходных процессов в линейных и нелинейных электрических и магнитных цепях электрических машин и трансформаторов	ИД-4ПК-2						+	Проверочная работа/Моделирование машин постоянного тока
составлять модели электрических машин и трансформаторов	ИД-2ПК-3		+					Контрольная работа/Особенности моделирования переходных процессов в ветвях электрических машин
моделировать динамические режимы электрических машин с учётом нелинейности и взаимного влияния параметров	ИД-7ПК-3					+		Тестирование/Переходные процессы в синхронных машинах

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: Выполнение задания

1. Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса (Контрольная работа)
2. Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Моделирование асинхронного электродвигателя (Проверочная работа)
2. Моделирование машин постоянного тока (Проверочная работа)
3. Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Проверочная работа)
4. Особенности моделирования переходных процессов в ветвях электрических машин (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов по направлениям "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / А. И. Вольдек, В. В. Попов . – СПб. : Питер, 2010 . – 350 с. – (Учебник для вузов) . - ISBN 978-5-469-01381-5 .;
2. Токарев, Б. Ф. Электрические машины : Учебное пособие для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Б. Ф. Токарев . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 624 с. - ISBN 5-283-00595-X .;
3. Копылов, И. П. Математическое моделирование электрических машин : Учебник для электротехнических и энергетических специальностей вузов / И. П. Копылов . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2001 . – 327 с. - ISBN 5-06-003861-0 .;
4. Иванов, А. С. Переходные процессы в электрических машинах : практикум по курсу "Переходные процессы в электрических машинах" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. С. Иванов, Ю. А. Мощинский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 67 с. - ISBN 978-5-7046-1927-7 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10085>;
5. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 1", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012222.html>;

6. Иванов-Смоленский А.В.- "Электрические машины. В двух томах. Том 2", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012239.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SimInTech (студенческая версия).

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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-407, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-409, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-407, 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	3-203/5, Кабинет сотрудников каф. "ТОЭ"	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-403/5б, Помещение каф. "ТОЭ"	стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование электрических машин

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Моделирование переходных процессов в трансформаторах (Проверочная работа)
- КМ-2 Особенности моделирования переходных процессов в ветвях электрических машин (Контрольная работа)
- КМ-3 Моделирование асинхронного электродвигателя (Проверочная работа)
- КМ-4 Влияние параметров асинхронного двигателя на ход переходного процесса (Контрольная работа)
- КМ-5 Переходные процессы в синхронных машинах (Тестирование)
- КМ-6 Моделирование машин постоянного тока (Проверочная 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	8	10	12	14	16
1	Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Математическое описание переходных процессов. Тепловые переходные процессы.							
1.1	Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для математического описания переходных процессов. Тепловые переходные процессы. Режимы работы электрических машин по условиям нагрева.		+					
2	Дифференциальные уравнения трансформатора. Переходные процессы в трансформаторах.							
2.1	Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс при включении в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора, ударный ток короткого замыкания. Воздействие токов короткого замыкания на трансформатор. Включение трансформатора на постоянное напряжение. Волновые			+				

	переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах.						
3	Математическая модель обобщенной электрической машины						
3.1	Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных системах координат. Использование относительных единиц в обобщенной теории электрических машин. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин.			+			
4	Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя. Переходные процессы в асинхронных машинах						
4.1	Дифференциальные уравнения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных системах координат. Переходные процессы в асинхронных двигателях. Учёт нелинейных изменений параметров при математическом моделировании электрических машин. Математическая модель однофазного асинхронного двигателя.				+		
5	Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения Парка-Горева						
5.1	Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Переходный процесс при внезапном трёхфазном коротком замыкании синхронного генератора. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Дифференциальные уравнения синхронных двигателей с постоянными магнитами и синхронных реактивных двигателей					+	
6	Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока.						
6.1	Дифференциальные уравнения машин постоянного тока. Динамические режимы пуска, торможения, реверса и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока						+
Вес КМ, %:		15	17	17	17	17	17