

**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: Электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ**  
**ОБЪЕКТОВ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.08.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 7;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 48 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 153,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатова Е.П.
	Идентификатор	R51c6ebe0-KurbatovaYP-a15ccd67

(подпись)

Е.П. Курбатова

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
	Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca

(подпись)

П.А. Курбатов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение методов и средств математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов для последующего использования в их проектировании и эксплуатации.

### Задачи дисциплины

- изучение методов макроскопического математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов;
- освоение принципов работы с компьютерными программными средствами, применяемыми при макроскопическом моделировании процессов в физических системах;
- изучение математических моделей типовых элементов и узлов электротехнического оборудования;
- обучение методам анализа и обобщения результатов математического моделирования для их применения при проектировании и эксплуатации электротехнических объектов.

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-5 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-3 <sub>ПК-5</sub> Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов	знать: - методы макроскопического математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов; - принципы построения математических моделей и их эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах на основе законов электротехники, механики, распространения тепла.  уметь: - определять параметры эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах; - применять физические законы и методы при анализе электромагнитных явлений и процессов в электрических аппаратах; - применять методы макроскопического моделирования для построения эквивалентных схем механических узлов электрических аппаратов.
ПК-5 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования	ИД-7 <sub>ПК-5</sub> Применяет современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы и характеристики электрических и электронных аппаратов при реализации различных	уметь: - применять современные компьютерные технологии для построения макромоделей механических узлов с 3D визуализацией; - применять современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	функций	работы электрических цепей; - применять методы и программные средства для компьютерного моделирования контактных систем электрических аппаратов; - выполнять анализ результатов математического моделирования для их применения при исследованиях режимов работы и характеристик электротехнических объектов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 7 зачетных единиц, 252 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 математической макроскопической модели электротехнического объекта	36	7	6	4	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу для подготовки к тесту №1 "Основные понятия макромоделирования"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 72-78 [3], стр. 4-14 [4], стр.72-78</p>
1.1	Понятие математической макроскопической модели электротехнического объекта	36		6	4	6	-	-	-	-	-	20	-	
2	Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов	54		8	4	12	-	-	-	-	-	30	-	
2.1	Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов	54		8	4	12	-	-	-	-	-	30	-	

													<p>электротехнических объектов"  <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>  [1], стр. 159-167  [2], стр. 78-96, стр. 184-187  [3], стр. 14-27  [4], стр.78-96, стр.184-187</p>
3	Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов	54	8	4	12	-	-	-	-	-	30	-	<p><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения лабораторной работы необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения", а также изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов.</p>
3.1	Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов	54	8	4	12	-	-	-	-	-	30	-	<p><u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u>  Изучение материалов по разделу для подготовки к контрольной работе №2 "Моделирование контактной системы"  <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>  [2], стр. 126-140  [3], стр. 27-35  [4], стр.126-140</p>
4	Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов	72	10	4	18	-	-	-	-	-	40	-	<p><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения лабораторной работы необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления", а также изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов.</p>
4.1	Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических	72	10	4	18	-	-	-	-	-	40	-	<p><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></u> Для выполнения лабораторной работы необходимо предварительно ознакомиться с описанием лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле</p>

	объектов													с переключающимися контактами", а также изучить задачи выполнения лабораторной работы и обработки полученных результатов. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу для подготовки к контрольной работе №3 "Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 167-197 [2], стр. 140-150 [3], стр. 64-69 [4], стр.140-150
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	252.0	32	16	48	-	2	-	-	0.5	120	33.5		
	Итого за семестр	252.0	32	16	48		2		-	0.5		153.5		

**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 математической макроскопической модели электротехнического объекта

##### 1.1. Понятие математической макроскопической модели электротехнического объекта

Понятие математической модели. Макроскопические и микроскопические модели, основные допущения. Электрическая, электромагнитная, механическая и тепловая подсистемы физической системы электротехнического объекта. Термины и определения; элементы, фазовые переменные, источники фазовых переменных. Компонентные и топологические уравнения. Обзор программных средств для анализа процессов на основе макромоделей технических устройств..

#### 2. Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов

##### 2.1. Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов

Основы теории подобия. Теоремы и дополнительные положения о подобии. Критерии подобия элементов подсистем электротехнических объектов и их применение при макроmodellировании. Аналогии элементов и фазовых переменных основных подсистем. Прямые и обращенные модели. Компонентные и топологические уравнения электрической, электромагнитной, механической и тепловой подсистем. Независимые и зависимые источники фазовых переменных. Представление математической модели в виде эквивалентных схем электрических цепей..

#### 3. Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов

##### 3.1. Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов

Методы построения эквивалентных схем математических моделей. Эквивалентные схемы моделей электрической, электромагнитной, механической и тепловой подсистем типовых узлов электротехнических объектов. Принципы построения эквивалентных схем для анализа электротехнических устройств. Объединения моделей отдельных подсистем в единую систему с использованием зависимых источников фазовых переменных и элементов. Формирование систем топологических уравнений математической модели..

#### 4. Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов

##### 4.1. Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов

Построение математических моделей электротехнических объектов в программной среде Matlab Simulink. Модели простейших механизмов электрических аппаратов, электротехнических устройств с электромагнитным приводом. Анализ переходных и установившихся процессов в электротехнических объектах с применением специализированных программных средств..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Моделирование механической подсистемы вращательного движения. Модель маятника;
2. Моделирование кривошипно-шатунного механизма;
3. Макромодели контактных систем электрических аппаратов с 3D визуализацией;
4. Моделирование системы, состоящей из нескольких масс, соединенных пружинами



- между собой и с неподвижным основанием;
5. Модель контактной системы реле с размыкающимися и замыкающимися контактами;
  6. Моделирование механической подсистемы поступательного движения. Анализ движения массы, подключенной к пружине;
  7. Работа в Matlab Simulink. Основные элементы интерфейса. Математические операции в Simulink;
  8. Моделирование тепловой подсистемы. Нагрев катушки с током.;
  9. Моделирование магнитной подсистемы. Дроссель со стальным сердечником;
  10. Электрическая цепь трансформатора напряжения. Собственная и взаимная индуктивность;
  11. Моделирование электрической подсистемы. Источник ЭДС, подключенный к комплексной электрической нагрузке;
  12. Моделирование нелинейных элементов в электрических цепях и задание собственных ВАХ.;
  13. Моделирование электромеханической системы контактора постоянного тока;
  14. Построение графов и эквивалентных схем механических подсистем;
  15. Моделирование электромеханической системы контактора переменного тока.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Построение модели механизма свободного расцепления;
2. Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактам;
3. Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения;
4. Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях.

### **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	
<b>Знать:</b>						
принципы построения математических моделей и их эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах на основе законов электротехники, механики, распространения тепла	ИД-3ПК-5		+			Тестирование/Модели подсистем электротехнических объектов
методы макроскопического математического моделирования процессов в физических системах электротехнических объектов	ИД-3ПК-5	+				Тестирование/Основные понятия макромоделирования
<b>Уметь:</b>						
применять методы макроскопического моделирования для построения эквивалентных схем механических узлов электрических аппаратов	ИД-3ПК-5		+			Контрольная работа/Макромодель механического узла
применять физические законы и методы при анализе электромагнитных явлений и процессов в электрических аппаратах	ИД-3ПК-5			+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения"
определять параметры эквивалентных схем для анализа физических процессов в электрических аппаратах	ИД-3ПК-5				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами"
выполнять анализ результатов математического моделирования для их применения при исследованиях режимов работы и характеристик электротехнических объектов	ИД-7ПК-5				+	Контрольная работа/Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока
применять методы и программные средства для компьютерного моделирования контактных систем	ИД-7ПК-5			+		Контрольная работа/Моделирование контактной системы

электрических аппаратов						
применять современные компьютерные технологии, позволяющие исследовать режимы работы электрических цепей	ИД-7ПК-5		+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях"
применять современные компьютерные технологии для построения макромоделей механических узлов с 3D визуализацией	ИД-7ПК-5				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления"

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока (Контрольная работа)
2. Макромодель механического узла (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Модели подсистем электротехнических объектов (Тестирование)
2. Моделирование контактной системы (Контрольная работа)
3. Основные понятия макро моделирования (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2016 . – 440 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-5890-4 .;
2. Основы теории электрических аппаратов : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / ред. П. А. Курбатов . – 5-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2015 . – 592 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1800-8 .;
3. Курбатов, П. А. Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов : учебное пособие по курсам "Математическое моделирование

электротехнических объектов", "Моделирование электромагнитных полей", "Механизмы электрических аппаратов" по специальности "Электрические и электронные аппараты" / П. А. Курбатов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 110 с. - ISBN 978-5-383-00092-2 .;

4. Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Годжелло А. Г., Дегтярь В. Г.- "Основы теории электрических аппаратов", (5-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2015 - (592 с.) [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=61364](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=61364).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

## 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
4. 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	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
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	ЭЭА-24, Кабинет сотрудников	стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол письменный, документы, запасные комплектующие для оборудования
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование электротехнических объектов

(название дисциплины)

#### 7 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные понятия макро моделирования (Тестирование)
- КМ-2 Модели подсистем электротехнических объектов (Тестирование)
- КМ-3 Макромодель механического узла (Контрольная работа)
- КМ-4 Моделирование контактной системы (Контрольная работа)
- КМ-5 Анализ процессов в электромеханической системе контактора постоянного тока (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №1 "Моделирование и анализ резонансных и несинусоидальных режимов в электрических цепях" (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы №2 "Моделирование электромагнитных процессов в двухобмоточном трансформаторе напряжения" (Лабораторная работа)
- КМ-8 Защита лабораторной работы №3 "Моделирование электромеханического реле с переключающимися контактами" (Лабораторная работа)
- КМ-9 Защита лабораторной работы №4 "Построение модели механизма свободного расцепления" (Лабораторная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
		Неделя КМ:	4	6	8	12	15	16	16	16	16
1	Понятие математической макрокопической модели электротехнического объекта										
1.1	Понятие математической макрокопической модели электротехнического объекта	+									
2	Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов										
2.1	Применение теории подобия для математического моделирования			+	+			+			

	основных подсистем электротехнических объектов									
3	Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов									
3.1	Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов				+			+		
4	Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов									
4.1	Применение математического моделирования для анализа процессов в физических системах электротехнических объектов					+			+	+
Вес КМ, %:		5	10	15	15	15	10	10	10	10