

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение

Наименование образовательной программы: Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.15
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 7; 4 семестр - 5; всего - 12
Часов (всего) по учебному плану:	432 часа
Лекции	3 семестр - 48 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 80 часов
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Консультации	3 семестр - 18 часов; 4 семестр - 2 часа; всего - 20 часов
Самостоятельная работа	3 семестр - 133,2 часа; 4 семестр - 113,5 часов; всего - 246,7 часа
в том числе на КП/КР	3 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая: Лабораторная работа Контрольная работа Расчетно-графическая работа Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	3 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ковалева Т.Ю.
	Идентификатор	R717191e9-KovalevaTY-25c12b9b

(подпись)

Т.Ю. Ковалева

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Барат В.А.
	Идентификатор	Rb173df8d-BaratVA-106e228a

(подпись)

В.А. Барат

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIGN-f73624c

(подпись)

И.Н. Желбаков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение свойств и методов расчета линейных и нелинейных электрических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами в различных режимах при воздействии постоянных и гармонических источников

Задачи дисциплины

- освоение методов решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей различной сложности во временной области;
- овладение современными способами расчета и анализа электрических цепей, основанными на компьютерных технологиях;
- овладение основными приемами обработки и представления экспериментальных данных;
- освоение методов решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей различной сложности в частотной области.

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
ОПК-1 способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения	ИД-4 _{ОПК-1} Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, цепей с распределенными параметрами, переходных процессов в электрических цепях	знать: - методы анализа линейных цепей первого порядка в динамических режимах; - методы анализа линейных цепей второго порядка в динамических режимах; - законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с синусоидальными источниками; - законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с постоянными источниками; - свойства, физико-математические модели и методы анализа цепей с распределенными параметрами в динамических режимах; - свойства, физико-математические модели и методы анализа цепей с распределенными параметрами в установившихся режимах; - законы, физико-математические модели и методы анализа нелинейных цепей в динамических режимах; - законы, физико-математические модели и методы анализа нелинейных цепей в установившихся режимах; - законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с многополюсными элементами; - способы расчета частотных

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>характеристик в линейных цепях с многополюсными элементами;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные требования и методики проведения измерений в электрических цепях. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять аналитические и численные методы для расчета динамических режимов линейных электрических цепей второго порядка; - применять аналитические методы для расчета установившихся режимов линейных электрических цепей с синусоидальными источниками; - применять аналитические методы для расчета установившихся режимов в трехфазных цепях; - применять аналитические и графические методы для расчета динамических режимов нелинейных электрических цепей; - рассчитывать параметры нелинейных резистивных элементов по их вольтамперным характеристикам (ВАХ) и строить общие ВАХ нелинейных схем; - применять аналитические методы для расчета динамических режимов в длинных линиях; - применять аналитические методы для расчета динамических режимов линейных электрических цепей первого порядка; - применять аналитические методы для расчета установившихся режимов в длинных линиях; - применять аналитические методы для расчета частотных характеристик линейных электрических цепей; - применять аналитические методы для расчета линейных электрических цепей с многополюсными элементами; - применять аналитические методы для расчета установившихся режимов линейных электрических цепей с постоянными источниками; - использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Приборы и методы контроля качества и диагностики (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.01 Приборостроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать для изучения дисциплины необходимо знать основы физических процессов, связанных с электричеством, основы матричного исчисления, действия с комплексными числами и основы математического анализа

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 12 зачетных единиц, 432 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	Методы анализа электрических цепей постоянного тока	36	3	8	8	4	-	-	-	-	-	16	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы анализа электрических цепей постоянного тока"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы анализа электрических цепей постоянного тока", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе «Расчет токов в электрических цепях с постоянными источниками с применением теоремы об активном двухполюснике и метода наложения»</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторным работам №1 и №2 необходимо предварительно изучить тему и цели выполнения лабораторных работ, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа электрических цепей постоянного тока" материалу. К лабораторной работе №2 необходимо выполнить подготовку.</p>
1.1	Методы анализа электрических цепей постоянного тока	36		8	8	4	-	-	-	-	-	-	16	

2	Методы анализа электрических цепей переменного тока	26		6	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы анализа электрических цепей переменного тока"
2.1	Методы анализа электрических цепей переменного тока	26		6	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы анализа электрических цепей переменного тока" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №3 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы №3, выполнить подготовку к лабораторной работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа электрических цепей переменного тока" материалу.
3	Анализ электрических цепей с многополюсными элементами	32		10	4	2	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №5 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к лабораторной работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ электрических цепей с многополюсными элементами" материалу.
3.1	Анализ электрических цепей с многополюсными элементами	32		10	4	2	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Анализ электрических цепей с многополюсными элементами" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе «Расчет параметров четырехполюсников»

													<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ электрических цепей с многополюсными элементами", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
4	Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников	38	8	8	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников"
4.1	Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсника	38	8	8	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Часть 1 курсовой работы включает в себя расчет частотных характеристик в ARC-цепи второго порядка. <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №4 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к лабораторной работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников" материалу.
5	Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка	20	6	4	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе «Расчет переходных процессов в цепях первого порядка с произвольными воздействиями с помощью интеграла Дюамеля»
5.1	Анализ динамических режимов в линейных	20	6	4	2	-	-	-	-	-	8	-	

	цепях первого порядка													<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №6 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к лабораторной работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка" материалу.</p>
6	Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка	28	10	4	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	
6.1	Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка	28	10	4	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов. Часть 2 курсовой работы включает в себя расчет динамических режимов в АРС-цепи второго порядка.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе «Расчет токов и напряжений в цепях второго порядка методом переменных состояния»</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p>	

														№7 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка" материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка"
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	
	Всего за семестр	252.0		48	32	16	16	2	4	-	0.8	99.7	33.5	
	Итого за семестр	252.0		48	32	16	18		4		0.8	133.2		
7	Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока	28	4	8	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторным работам №9 и №10 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока" материалу <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока"
7.1	Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока	28		8	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольным работам «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными источниками графическим методом» и «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными

														источниками аналитическим методом»
8	Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока	24	4	4	-	-	-	-	-	-	16	-	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание, часть 1 включает в себя задачу по разделу "Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока", которую необходимо решить несколькими методами. Студенту необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания, построить графики и сделать выводы. Вариант задания выдается индивидуально.
8.1	Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока	24	4	4	-	-	-	-	-	-	16	-	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока"
9	Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме	36	10	12	-	-	-	-	-	-	14	-	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме"
9.1	Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме	36	10	12	-	-	-	-	-	-	14	-	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе №11 необходимо предварительно изучить тему и цель выполнения лабораторной работы, выполнить подготовку к лабораторной работе, а также изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме" материалу. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов и подготовка к контрольной работе «Расчет установившихся процессов в длинных линиях без потерь в частотной области»
10	Переходные процессы	52	8	8	-	-	-	-	-	-	36	-	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u>

3.2 Краткое содержание разделов

1. Методы анализа электрических цепей постоянного тока

1.1. Методы анализа электрических цепей постоянного тока

Основные определения. Классификация цепей. Линейные электрические цепи со сосредоточенными параметрами (постоянные). Основные задачи теории цепей. Основные интегральные переменные. Математические модели двухполюсных элементов электрической цепи (во временной области). Независимый идеальный источник ЭДС (напряжения). Независимый идеальный источник тока. Резистивные элементы цепи (пассивные). Идеальный индуктивный элемент. Емкостной элемент (конденсатор). Простейшие схемы замещения реальных элементов цепи, составляемые с помощью идеальных элементов.. Топологические уравнения и матрицы электрических цепей. Граф электрической цепи и его основные подграфы. Основные подграфы. Топологические матрицы. Узловая матрица. Контурная матрица. Матрицы сопротивлений и проводимости ветвей. Закон Ома для обобщенной ветви. Полная система уравнений цепи. Уравнения Кирхгофа с записью источников в явном виде.. Основные принципы и теоремы теории электрических цепей. Принцип суперпозиции (метод наложения). Определение коэффициентов метода наложения. Способ расчёта цепи с помощью метода наложения. Принцип компенсации. Теорема об активном двухполюснике. (Метод эквивалентного генератора). Передача электрической энергии от активного двухполюсника к пассивному двухполюснику. Баланс мощностей в электрической цепи. Узловые уравнения электрической цепи. Составление узловых уравнений непосредственно по схеме. Пример. Формула двух узлов..

2. Методы анализа электрических цепей переменного тока

2.1. Методы анализа электрических цепей переменного тока

Анализ электрических цепей в частотной области. Синусоидальные источники. Установившиеся режимы. Метод комплексных амплитуд. Представление электрических сигналов во временной и частотной областях. Комплексная форма ряда Фурье. Модели двухполюсных элементов в частотной области. Законы Кирхгофа на комплексной плоскости. Комплексный (символический) метод расчёта электрических цепей синусоидального тока и напряжения. Комплексное сопротивление. Последовательные схемы замещения двухполюсников. Комплексная проводимость. Основные теоремы и принципы для расчёта цепей синусоидального тока. Метод эквивалентного генератора (теорема об активном двухполюснике). Узловые уравнения. Расширенный метод узловых потенциалов (расширенные узловые уравнения). Пример. Мощность в цепи синусоидального тока. Баланс мощностей цепи синусоидального тока. Передача мощности от активного двухполюсника к пассивному двухполюснику. Пример.

3. Анализ электрических цепей с многополюсными элементами

3.1. Анализ электрических цепей с многополюсными элементами

Четырёхполюсные элементы, их матрицы и уравнения. Определение коэффициентов четырёхполюсников. Уравнение типа Z. Уравнения типа Y. H- параметры. A- параметры. Пример T-образной схемы замещения. П- образная схема замещения. Симметричные четырёхполюсники. Вторичные параметры симметричных четырёхполюсников. Характеристическое сопротивление $Z_{c.g}$ - постоянная передачи. Связь между напряжением и током при произвольной нагрузке через вторичные параметры четырёхполюсника. Уравнения симметричного четырёхполюсника в гиперболических функциях. Входное сопротивление. Частные случаи. Соединения четырёхполюсников. Последовательное соединение. Параллельное соединение. Каскадное соединение четырёхполюсников.

Эквивалентные схемы многополюсных элементов. Управляемые источники (УИ). Схема замещения многополюсников с управляемыми источниками. Индуктивно-связанные ветви. Схема замещения индуктивно-связанных ветвей с УИ в Z- параметрах. Пример. Транзистор. Физическая модель транзистора (или схема Эберса-Молла). Схема замещения транзистора в H- параметрах. Операционный усилитель (ОУ). Малосигнальная низкочастотная модель ОУ в линейном режиме. Идеальный ОУ. Инвертирующий усилитель на базе ОУ. Особенности составления узловых уравнений для схем с УИ. Пример 1. Неинвертирующий усилитель. Повторитель.

4. Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников

4.1. Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсника

Частотные электрические фильтры. Фильтр низкой частоты (ФНЧ). Фильтр высокой частоты (ФВЧ). Полосно-пропускающий фильтр (ППФ). Полосно-заграждающий фильтр (ПЗФ). Требования к идеальному фильтру. Пример. Реальные фильтры. Фильтры 1-го порядка. Частотные характеристики R-L-C- цепей. Добротность R-L-C контура. Передаточная функция последовательного R-L-C контура (ФНЧ, ФВЧ, ППФ, ПЗФ). Активные RC фильтры (ARC- фильтры). Пример 1. Пример 2. Пример 3. Пример 4.

5. Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка

5.1. Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка

Анализ переходных процессов. Законы коммутации. Модели источников и единичные функции. Классический метод расчета. Цепи 1-го порядка. Схема заряда конденсатора. Схема разряда конденсатора. Воздействие прямоугольного импульса.. Классический метод расчета переходных процессов в R-L цепях 1-го порядка. Порядок расчета переходного процесса в разветвленной цепи 1-го порядка. Способы расчета τ . Пример. Расчет динамических режимов цепи при произвольных воздействиях (интеграл Дюамеля). Схемное моделирование источников в виде функции $1(t)$. Переходная характеристика. Импульсная характеристика. Схемная реализация для определения $h(t)$ и импульсной характеристики. Пример. Вывод соотношения для расчета динамических режимов при произвольном воздействии. Разложение импульса по методу наложения. Пример.

6. Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка

6.1. Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка

Переходные процессы в последовательной RLC цепи. Классический метод расчёта. Аперiodический процесс. Критический аперiodический процесс. Затухающий колебательный процесс. Рациональный способ определения корней характеристического уравнения. Составление и решение уравнений состояния. Правило нахождения матриц H_1 и H_2 . Пример. Определение начальных условий. Решение уравнений состояния для случая постоянных источников E и J. Запись свободной составляющей в зависимости от корней характеристического уравнения. Расчет переходных процессов в ARC цепях. Пример. Замечание. Расчет динамических режимов в цепях синусоидальных источников тока и напряжения. Пример 1. Пример 2. Обобщенные законы коммутации. Пример. Преобразование Лапласа от интеграла. Таблица преобразований Лапласа. Пример. Расчет переходных процессов с помощью операторной схемы замещения. Решение уравнений состояния в операторной форме. Связь переходной и импульсной характеристик цепи с передаточной функцией цепи. Операторный метод решения динамических режимов в электрических цепях. Свойства преобразования Лапласа. Линейность. Преобразование Лапласа от производной.. Численные методы расчета динамических режимов в линейных

электрических цепях. Численное интегрирование уравнений состояния. Формула неявного интегрирования Эйлера. Формула трапеций. Замечания. Пример. Метод дискретных линейных моделей. Пример.

7. Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока

7.1. Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока

Элементы нелинейной цепи. Их характеристики (компонентные уравнения). Нелинейный резистивный элемент. Примеры. Нелинейный конденсатор. Нелинейная индуктивность. Схемы замещения реальных нелинейных элементов. Аппроксимация характеристик нелинейных двухполюсных элементов. Некоторые особенности анализа нелинейных цепей. Методы расчета нелинейных электрических цепей с постоянным напряжением и током. Расчет цепи, содержащей один нелинейный элемент. Случай аналитической аппроксимации нелинейной функции. Последовательное соединение нелинейных элементов цепи. Параллельное соединение нелинейных элементов цепи. Пример. Расчет с помощью кусочно-линейной аппроксимации. Составление узловых уравнений для нелинейных электрических цепей. Пример. Особенности решения нелинейных уравнений. Расчет нелинейных электрических резистивных цепей при синусоидальных источниках. Пример 1. Пример 2 (однополупериодный выпрямитель). Двухполупериодный выпрямитель (выпрямитель по мостовой схеме). Индуктивные и емкостные нелинейные электрические цепи. Соединения индуктивных элементов. Емкостная нелинейная электрическая цепь. Математическая аналогия. Аналитические методы расчета нелинейных электрических цепей. Индуктивные и емкостные нелинейные электрические цепи в установившемся режиме. Понятие феррорезонанса. Численные методы решения нелинейных уравнений. Итерационные методы (методы последовательного приближения). Метод простой итерации. Графическая интерпретация метода. Условие сходимости итерационного процесса. Пример 1. Метод Ньютона. Пример 2. Метод дискретных линейных моделей нелинейных резистивных ветвей. Пример.

8. Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока

8.1. Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока

Особенности расчета переходных процессов (динамических режимов) в простейших нелинейных цепях. Применение аналитической аппроксимации характеристик нелинейных элементов. Применение условной линеаризации для нелинейного элемента. Применение кусочно-линейной аппроксимации характеристик нелинейных элементов. Уравнения состояния для нелинейных электрических цепей. Численные методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях. Пример 1. Численное интегрирование. Явный метод Эйлера. Неявный метод Эйлера. Метод дискретных схемных моделей для расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях. Переходные процессы в резистивных нелинейных электрических цепях. Электрические схемы с нелинейными накопителями. Пример 2. Применение динамических нелинейных цепей. Детектор амплитудно-моделированных колебаний.

9. Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме

9.1. Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме

Цепи с распределенными параметрами. Постановка задачи. Первичные параметры однородной длинной линии. Схема замещения длинной линии на основе идеальных элементов. Решение системы уравнений (1) и (2) операторным методом. Линия без потерь (ЛБП). Расчет распределенной системы в частотной области. Телеграфные уравнения в

комплексной форме записи. Длина волны. Входное сопротивление линии. Длинные линии без потерь. Коэффициент отражения в линии без потерь. Входное сопротивление. Частные случаи. Линия, короткозамкнутая на конце. Линия, разомкнутая на конце. Линия с согласованной нагрузкой. Качественные распределения $I(y)$ и $U(y)$ вдоль линии для разных Z_n . Применение короткозамкнутых и разомкнутых отрезков линий без потерь. Применение короткозамкнутых и разомкнутых отрезков линии для согласования нагрузки с генератором. Согласование с помощью параллельного короткозамкнутого шлейфа. Согласование с помощью последовательного короткозамкнутого шлейфа. Согласование с помощью четвертьволнового трансформатора. Пример.

10. Переходные процессы в длинных линиях

10.1. Переходные процессы в длинных линиях

Переходные процессы в длинных линиях. Расчет напряжения прямой волны линии без потерь при включении источника напряжения в начале линии. Расчет напряжения и тока в конце линии. Расчет напряжения и тока обратной волны в конце линии. Определение распределения тока и напряжения вдоль линии как суммы прямых и обратных волн. Расчет напряжения и тока в начале линии после прихода обратной волны. Расчет второй прямой волны от начала линии после прихода первой обратной волны. Расчет распределения тока и напряжения вдоль линии при $2t_z < t < 3t_z$. Расчет перехода волны с одной линии на другую. Пример. Расчет переходных процессов в линиях с потерями.

11. Трехфазные цепи

11.1. Трехфазные цепи

Трехфазные электрические цепи и системы. Трехфазные источники. Графики мгновенных значений и векторная диаграмма трехфазного генератора. Основные схемы соединения трехфазных генераторов. Соединение «звездой». Соединение «треугольником». Соединения трехфазных генераторов с нагрузкой.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет линейных ЭЦ с помощью теоремы об активном двухполюснике. Расчет линейных ЭЦ с помощью узловых уравнений и расширенных узловых уравнений;
2. Расчет переходных процессов в линейных ЭЦ 2-о порядка методом переменных состояния;
3. Расчет переходных процессов в линейных ЭЦ при произвольных воздействиях с помощью интеграла Дюамеля;
4. Расчет ЭЦ с взаимной индукцией;
5. Частотные характеристики пассивных электрических цепей;
6. Расчет параметров четырехполюсников. Расчет передаточных функций четырехполюсников;
7. Комплексный метод расчета линейных ЭЦ с источниками синусоидального напряжения в установившемся режиме;
8. Простейшие преобразования линейных электрических цепей (ЭЦ). Законы Кирхгофа. Расчет линейных ЭЦ с помощью принципа суперпозиции.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 4: «Частотные характеристики пассивных электрических цепей»;
2. Лабораторная работа № 11: «Цепи с распределенными параметрами»;

3. Лабораторная работа № 11-Б: «Согласование в длинных линиях без потерь»;
4. Лабораторная работа № 1: «Простейшие компоненты электрических цепей»;
5. Лабораторная работа № 2: «Исследование простейших электрических цепей»;
6. Лабораторная работа № 3: «Установившиеся режимы в линейных цепях с источниками синусоидального напряжения»;
7. Лабораторная работа № 5: «Исследование параметров трансформатора и линейных пассивных четырехполюсников»;
8. Лабораторная работа № 9-А: «Применение графического и графоаналитического методов расчета нелинейных электрических цепей (НЭЦ) при постоянных воздействиях в установившемся режиме»;
9. Лабораторная работа № 7: «Переходные процессы в RLC цепях»;
10. Лабораторная работа № 12: «Расчет переходных процессов в длинных линиях»;
11. Лабораторная работа № 9: «Нелинейные элементы электрических цепей»;
12. Лабораторная работа № 10: «Разветвленные нелинейные цепи при синусоидальном источнике напряжения»;
13. Лабораторная работа № 10-А: «Применение методов кусочно-линейной и аналитической аппроксимации для расчета динамических режимов НЭЦ»;
14. Лабораторная работа № 11-А: «Расчет длинных линий в установившемся режиме» (4 часа);
15. Лабораторная работа № 6: «Переходные процессы в RL и RC цепях».

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение раздела 1 курсовой работы "Расчет частотных характеристик ARC-цепей" под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий
2. Консультации направлены на выполнение раздела курсовой работы "Расчет временных характеристик ARC-цепей" под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по разделу "Методы анализа электрических цепей постоянного тока"
2. Обсуждение материалов по разделу "Методы анализа электрических цепей переменного тока"
3. Обсуждение материалов по разделу "Анализ электрических цепей с многополюсными элементами"
4. Обсуждение материалов по разделу "Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников"
5. Обсуждение материалов по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка"
6. Обсуждение материалов по разделу "Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка"
7. Обсуждение материалов по разделу "Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока"
8. Обсуждение материалов по разделу "Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока"

9. Обсуждение материалов по разделу "Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме"
10. Обсуждение материалов по разделу "Переходные процессы в длинных линиях"
11. Обсуждение материалов по разделу "Трёхфазные цепи"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Расчет частотных характеристик ARC-цепей"
2. Консультации проводятся по разделу "Расчет временных характеристик ARC-цепей"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

3 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Расчёт частотных и временных характеристик ARC-цепей

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 9	10 - 11	12 - 13	14	15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	5	45	10	10	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	5	50	60	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет передаточной функции схемы аналитически в канонической форме и расчет АЧХ и ФЧХ схемы с помощью ЭВМ
2	Оформление расчетно-пояснительной записки по первой части работы «Расчет частотных характеристик ARC-цепей»
3	Расчет переходной характеристики цепи методом переменных состояния
4	Расчет переходной характеристики цепи операторным методом и с помощью ЭВМ
5	Оформление расчетно-пояснительной записки по второй части работы «Расчет временных характеристик ARC-цепей»

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	7	8	9	10	11		
Знать:														
основные требования и методики проведения измерений в электрических цепях	ИД-4 _{ОПК-1}	+												Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2
способы расчета частотных характеристик в линейных цепях с многополюсными элементами	ИД-4 _{ОПК-1}				+									Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 4
законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с многополюсными элементами	ИД-4 _{ОПК-1}			+										Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 5
законы, физико-математические модели и методы анализа нелинейных цепей в установившихся режимах	ИД-4 _{ОПК-1}							+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 10 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 9
законы, физико-математические модели и методы анализа нелинейных цепей в динамических режимах	ИД-4 _{ОПК-1}								+					Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, часть 1: «Нелинейные цепи с источниками постоянных токов и эдс»
свойства, физико-математические модели и методы анализа цепей с распределенными параметрами в установившихся режимах	ИД-4 _{ОПК-1}										+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 11
свойства, физико-математические модели и методы анализа цепей с распределенными параметрами в	ИД-4 _{ОПК-1}											+		Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, часть 2: «Переходные процессы в длинных линиях»

динамических режимах															
законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с постоянными источниками	ИД-4 _{ОПК-1}	+													Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2
законы, физико-математические модели и методы анализа линейных цепей в установившихся режимах в цепях с синусоидальными источниками	ИД-4 _{ОПК-1}		+												Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3
методы анализа линейных цепей второго порядка в динамических режимах	ИД-4 _{ОПК-1}						+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 7
методы анализа линейных цепей первого порядка в динамических режимах	ИД-4 _{ОПК-1}						+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 6
Уметь:															
использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач	ИД-4 _{ОПК-1}						+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 7
применять аналитические методы для расчета установившихся режимов линейных электрических цепей с постоянными источниками	ИД-4 _{ОПК-1}	+													Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 2 Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет токов в электрических цепях с постоянными источниками с применением теоремы об активном двухполюснике и метода наложения»
применять аналитические методы для расчета линейных	ИД-4 _{ОПК-1}			+											Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 5

электрических цепей с многополюсными элементами													Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет параметров четырехполюсников»
применять аналитические методы для расчета частотных характеристик линейных электрических цепей	ИД-4 _{ОПК-1}				+								Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 4
применять аналитические методы для расчета установившихся режимов в длинных линиях	ИД-4 _{ОПК-1}									+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 11 Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет установившихся процессов в длинных линиях без потерь в частотной области»
применять аналитические методы для расчета динамических режимов линейных электрических цепей первого порядка	ИД-4 _{ОПК-1}					+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 6 Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет переходных процессов в цепях первого порядка с произвольными воздействиями с помощью интеграла Дюамеля»
применять аналитические методы для расчета динамических режимов в длинных линиях	ИД-4 _{ОПК-1}										+		Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет переходных процессов в длинных линиях без потерь» Расчетно-графическая работа/Расчетное задание, часть 2: «Переходные процессы в длинных линиях»
рассчитывать параметры нелинейных резистивных элементов по их вольтамперным характеристикам (ВАХ) и строить общие ВАХ нелинейных схем	ИД-4 _{ОПК-1}								+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 10 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 9 Контрольная работа/Контрольная работа

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: Письменная работа

1. Контрольная работа «Расчет параметров четырехполюсников» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Расчет переходных процессов в цепях первого порядка с произвольными воздействиями с помощью интеграла Дюамеля» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Расчет токов в электрических цепях с постоянными источниками с применением теоремы об активном двухполюснике и метода наложения» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в цепях второго порядка методом переменных состояния» (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа)
5. Защита лабораторной работы № 5 (Лабораторная работа)
6. Защита лабораторной работы № 6 (Лабораторная работа)
7. Защита лабораторной работы № 7 (Лабораторная работа)

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Расчет переходных процессов в длинных линиях без потерь» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными источниками аналитическим методом» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными источниками графическим методом» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Расчет установившихся процессов в длинных линиях без потерь в частотной области» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение домашнего задания (Решение задач)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы № 10 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 11 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 9 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Соблюдение графика выполнения задания

1. Расчетное задание, часть 1: «Нелинейные цепи с источниками постоянных токов и эдс» (Расчетно-графическая работа)
2. Расчетное задание, часть 2: «Переходные процессы в длинных линиях» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.
Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №3)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

Экзамен (Семестр №4)

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

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Бутырин П. А., Толчеев О. В., Шакирзянов Ф. Н.- "Основы электротехники", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2014 - (360 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72259;
2. Ковалева, Т. Ю. Расчет переходных характеристик цепей с нелинейными двухполюсными элементами и цепей с распределенными параметрами для различных электрофизических моделей их элементов : Методическое пособие по курсу "Общая электротехника и электроника" для всех направлений Института автоматизации и вычислительной техники / Т. Ю. Ковалева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 24 с.;
3. Ковалева, Т. Ю. Расчет частотных и переходных характеристик активных линейных цепей для различных электрофизических моделей их элементов : Методическое пособие по курсу "Общая электротехника и электроника" для всех направлений Института автоматизации и вычислительной техники / Т. Ю. Ковалева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 20 с.;
4. Методический комплекс по выполнению лабораторных работ : методическое пособие по курсам "Электротехника", "Теоретические основы электротехники", "Основы теории цепей", "Электрофизика информационных систем" по направлениям "Информатика и вычислительная техника", "Электроника и нанoeлектроника", "Приборостроение", "Управление в технических системах" / С. Н. Михалин, Т. Ю. Ковалева, Н. Р. Новикова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Ю. А. Казанцев . – М. : Изд-во МЭИ, 2014 . – 33 с.
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7018;
5. Михалин, С. Н. Основы электротехники. Лабораторные работы № 9-11 : методическое пособие по курсам "Электрофизика и электроника", "Основы теории цепей" и "Электрофизика информационных систем" по направлениям "Приборостроение", "Управление в технических системах" и "Информатика и вычислительная техника" / С. Н. Михалин, Т. Ю. Ковалева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. Ю. А. Казанцев . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 17 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2864;

6. Михалин, С. Н. Основы электротехники. Сборник лабораторных работ : методическое пособие по курсам "Электрофизика и электроника", "Основы теории цепей" и "Электрофизика информационных систем" по направлениям "Информатика и вычислительная техника", "Приборостроение" и "Управление в технических системах" / С. Н. Михалин, Т. Ю. Ковалева ; Ред. Ю. А. Казанцев ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 40 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2867;

7. Основы теории цепей : учебник для электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Г. В. Зевеке, и др. – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 528 с. - ISBN 5-283-00523-2 .;

8. Применение системы Design Lab 8.0 в курсах ТОЭ и электроники : методическое пособие по курсам "Электротехника и электроника" и "Микроэлектроника" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А. Т. Кобяк, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 128 с.;

9. Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники : Учебное пособие для электротехнических и энергетических специальностей вузов / Ред. П. А. Ионкин . – М. : Энергоиздат, 1982 . – 768 с.;

10. Теоретические основы электротехники. Т.1. Основы теории линейных цепей : учебник для электротехнических специальностей вузов / Ред. П. А. Ионкин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1976 . – 544 с.;

11. Теоретические основы электротехники. Т.2. Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля : учебник для электротехнических специальностей вузов / Ред. П. А. Ионкин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1976 . – 383 с.;

12. Электротехника. Сборник упражнений для самостоятельного изучения раздела "Динамические режимы в линейных цепях" : задачник по курсам "Электротехника", "Теоретические основы электротехники" по направлениям 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника"; 27.03.04 "Управление в технических системах"; 12.03.01 "Приборостроение"; 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника" / Е. М. Федорова, Н. Р. Новикова, Т. Ю. Ковалева, С. В. Вишняков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-2179-9 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10875.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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 Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. 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-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-306, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-305а, Учебная лаборатория каф. "ВМСС"	стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
	3-305б, Учебная лаборатория каф. "ВМСС"	стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
	Г-306, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	3-305а, Учебная лаборатория каф. "ВМСС"	стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
	3-305б, Учебная лаборатория каф. "ВМСС"	стол преподавателя, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	3-305б, Учебная	стол преподавателя, стул, компьютерная

аттестации	лаборатория каф. "ВМСС"	сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, сервер, компьютер персональный, инвентарь специализированный
	Г-306, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	З-303, Консультационный зал каф. "ВМСС"	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	З-308, Помещение для инвентаря	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехника

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита лабораторной работы № 1 (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы № 2 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Контрольная работа «Расчет токов в электрических цепях с постоянными источниками с применением теоремы об активном двухполюснике и метода наложения» (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 3 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Контрольная работа «Расчет параметров четырехполюсников» (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы № 5 (Лабораторная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы № 4 (Лабораторная работа)
- КМ-8 Контрольная работа «Расчет переходных процессов в цепях первого порядка с произвольными воздействиями с помощью интеграла Дюамеля» (Контрольная работа)
- КМ-9 Защита лабораторной работы № 6 (Лабораторная работа)
- КМ-10 Защита лабораторной работы № 7 (Лабораторная работа)
- КМ-11 Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в цепях второго порядка методом переменных состояния» (Контрольная 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	КМ -10	КМ -11
		Неделя КМ:	4	8	8	12	12	14	14	14	15	15	15
1	Методы анализа электрических цепей постоянного тока												
1.1	Методы анализа электрических цепей постоянного тока		+	+	+								
2	Методы анализа электрических цепей переменного тока												
2.1	Методы анализа электрических цепей переменного тока					+							
3	Анализ электрических цепей с												

	многополюсными элементами											
3.1	Анализ электрических цепей с многополюсными элементами					+	+					
4	Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсников											
4.1	Частотные характеристики и передаточные функции четырехполюсника							+				
5	Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка											
5.1	Анализ динамических режимов в линейных цепях первого порядка								+	+		
6	Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка											
6.1	Анализ динамических режимов в линейных цепях второго порядка										+	+
Вес КМ, %:		5	5	10	10	10	5	5	15	5	10	20

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита лабораторной работы № 9 (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы № 10 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными источниками графическим методом» (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа «Расчет токов и напряжений в нелинейных цепях с постоянными источниками аналитическим методом» (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчетное задание, часть 1: «Нелинейные цепи с источниками постоянных токов и эдс» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Контрольная работа «Расчет установившихся процессов в длинных линиях без потерь в

- частотной области» (Контрольная работа)
- КМ-7 Защита лабораторной работы № 11 (Лабораторная работа)
- КМ-8 Контрольная работа «Расчет переходных процессов в длинных линиях без потерь» (Контрольная работа)
- КМ-9 Расчетное задание, часть 2: «Переходные процессы в длинных линиях» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-10 Выполнение домашнего задания (Решение задач)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс с КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10
		Неделя КМ:	4	8	8	8	12	12	14	14	15	15
1	Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока											
1.1	Методы расчета нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока		+	+	+	+						
2	Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока											
2.1	Расчет переходных процессов в простейших нелинейных цепях постоянного тока						+					
3	Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме											
3.1	Цепи с распределенными параметрами в установившемся режиме							+	+			
4	Переходные процессы в длинных линиях											
4.1	Переходные процессы в длинных линиях									+	+	

5	Трехфазные цепи										
5.1	Трехфазные цепи										+
Вес КМ, %:		5	5	5	5	20	15	10	10	20	5

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электротехника

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Оценка выполнения раздела КР

КМ-2 Соблюдение графика выполнения КР и оценка выполнения раздела КР

КМ-3 Оценка выполнения раздела КР

КМ-4 Оценка выполнения раздела КР

КМ-5 Соблюдение графика выполнения КР и качество оформления расчетно-пояснительной записки

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	9	11	13	14	15
1	Расчет передаточной функции схемы аналитически в канонической форме и расчет АЧХ и ФЧХ схемы с помощью ЭВМ		+				
2	Оформление расчетно-пояснительной записки по первой части работы «Расчет частотных характеристик АРС-цепей»			+			
3	Расчет переходной характеристики цепи методом переменных состояния				+		
4	Расчет переходной характеристики цепи операторным методом и с помощью ЭВМ					+	
5	Оформление расчетно-пояснительной записки по второй части работы «Расчет временных характеристик АРС-цепей»						+
Вес КМ, %:			5	45	10	10	30