

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

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.17
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 6; 4 семестр - 5; всего - 11
Часов (всего) по учебному плану:	396 часа
Лекции	3 семестр - 48 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 80 часов
Практические занятия	3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов; 4 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Консультации	3 семестр - 2 часа; 4 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	3 семестр - 117,5 часов; 4 семестр - 97,5 часа; всего - 215,0 часов
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Расчетно-графическая работа Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

Г.В. Жихарева

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

Р.С. Куликов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение базовых знаний современной теории электрических цепей как основы для успешного изучения последующих предметов электротехнического, схмотехнического и технико-кибернетического циклов

Задачи дисциплины

- освоение основных понятий теории электрических цепей;
- изучение методов анализа и синтеза электрических цепей;
- формирование умения самостоятельно решать задачи анализа электрических цепей и рассчитывать их характеристики;
- получение навыков экспериментального исследования характеристик и режимов работы электрических цепей.

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 представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - методы синтеза линейных электрических цепей; - методы определения частотных характеристик линейных электрических цепей; - методы анализа волновых процессов в нагруженной линии передачи; - методы анализа нестационарных процессов в линейных электрических цепях; - методы анализа линейных электрических цепей при стационарных воздействиях. уметь: - рассчитывать линейные электрические цепи при стационарных внешних воздействиях; - рассчитывать частотные характеристики линейных электрических цепей; - рассчитывать линейные электрические цепи при нестационарном внешнем воздействии; - рассчитывать параметры сигналов в нагруженной линии передачи.
ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления	ИД-2 _{ОПК-4} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	знать: - правила подключения источников и измерительных приборов для исследования электрических цепей. уметь: - проводить экспериментальные исследования стационарных процессов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
экспериментальных данных		в линии передачи; - проводить экспериментальные исследования нелинейных резистивных электрических цепей; - проводить экспериментальные исследования линейных электрических цепей при гармоническом воздействии; - проводить экспериментальные исследования линейных резистивных цепей; - проводить экспериментальные исследования частотных характеристик линейных электрических цепей; - проводить экспериментальные исследования нестационарных процессов в линейных электрических цепях.
ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	ИД-З _{ОПК-4} Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	уметь: - анализировать волновые процессы в нагруженной линии передачи; - анализировать частотные характеристики линейных электрических цепей; - анализировать сигналы в нелинейных резистивных электрических цепях; - анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях; - анализировать линейные электрические цепи при гармоническом внешнем воздействии; - анализировать линейные резистивные электрические цепи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектронные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать теорию функций комплексного переменного
- знать аналитическую геометрию
- знать линейную алгебру
- знать основные понятия и законы теории электромагнетизма
- уметь строить графики по заданным функциям
- уметь выполнять элементарные операции с комплексными числами
- уметь решать линейные уравнения

- уметь решать дифференциальные уравнения

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 11 зачетных единиц, 396 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	Основные понятия теории электрических цепей	16	3	6	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение п. 1 расчетного задания. Анализ топологии заданной схемы линейной электрической цепи. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия теории электрических цепей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций, подготовка к тестированию <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия теории электрических цепей", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 16-18 [2], стр. 9, 48-49
1.1	Основные понятия теории электрических цепей	16		6	-	4	-	-	-	-	-	6	-	

													[4], стр. 25, 26, 33, 34, 37, 38	
2	Анализ линейных цепей в стационарном режиме	96		24	8	18	-	-	-	-	-	46	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Анализ линейных цепей в стационарном режиме" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение пп. 2-6 расчетного задания. Расчет токов и напряжений в заданной линейной электрической цепи методами контурных токов и узловых напряжений. Анализ полученных результатов: построение векторных диаграмм, расчет комплексных мощностей, проверка выполнения баланса мощностей. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для подготовки к лабораторным работам необходимо изучить содержание лабораторного задания, выполнить домашнюю подготовку к лабораторной работе и ответить на контрольные вопросы по лабораторной работе. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, подготовка к тестированию <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Анализ линейных цепей в стационарном режиме" и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
2.1	Методы анализа сложных цепей	33		8	4	6	-	-	-	-	-	15	-	
2.2	Анализ линейных цепей при гармоническом внешнем воздействии	53		12	4	9	-	-	-	-	-	28	-	
2.3	Элементы теории четырехполюсников	10		4	-	3	-	-	-	-	-	3	-	

														Изучение материала по разделу "Анализ линейных цепей в стационарном режиме", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 45-46 [2], стр. 16, 20, 26-27, 59-62 [3], стр. 10, 59-61 [4], стр. 60-65, 89, 91, 98-101, 301-303
3	Частотные характеристики линейных цепей	68		18	8	10	-	-	-	-	-	32	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций, подготовка к тестированию
3.1	Частотные характеристики апериодических цепей	28		8	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение пп. 7, 8 расчетного задания. Расчет, построение и анализ частотных характеристик заданной линейной электрической цепи. Задание выполняется индивидуально по вариантам.
3.2	Частотные характеристики резонансных цепей	40		10	4	6	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Частотные характеристики линейных цепей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Частотные характеристики линейных цепей", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Частотные характеристики линейных цепей" и подготовка к контрольной работе

														<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для подготовки к лабораторным работам необходимо изучить содержание лабораторного задания, выполнить домашнюю подготовку к лабораторной работе и ответить на контрольные вопросы по лабораторной работе. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 120-122 [2], стр. 32-33, 69-72 [4], стр. 128-134
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0		48	16	32	-	2	-	-	0.5	84	33.5	
	Итого за семестр	216.0		48	16	32	2		-		0.5	117.5		
4	Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником	18	4	4	4	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций, подготовка к тестированию <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для подготовки к лабораторной работе необходимо изучить содержание лабораторного задания, выполнить домашнюю подготовку к лабораторной работе и ответить на контрольные вопросы по лабораторной работе. <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником" материалу. Дополнительно студенту необходимо
4.1	Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником	18		4	4	2	-	-	-	-	-	8	-	

													изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 147-148 [3], стр. 16, 18, 65-66 [4], стр. 241, 242, 262-264	
5	Нестационарные процессы в линейных электрических цепях	60		10	8	12	-	-	-	-	-	30	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Нестационарные процессы в линейных электрических цепях" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для подготовки к лабораторным работам необходимо изучить содержание лабораторного задания, выполнить домашнюю подготовку к лабораторной работе и ответить на контрольные вопросы по лабораторной работе. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Нестационарные процессы в линейных электрических цепях" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Нестационарные процессы в линейных электрических цепях" и подготовка к контрольным работам
5.1	Классический метод анализа нестационарных процессов	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
5.2	Операторный метод анализа нестационарных процессов	40		4	8	6	-	-	-	-	-	22	-	
5.3	Анализ нестационарных процессов методом интеграла Дюамеля	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	

													<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Расчетное задание состоит в анализе прохождения импульсного сигнала через двухзвенную апериодическую цепь второго порядка. Задание выполняется индивидуально по вариантам. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, подготовка к тестированию <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 169-170, 209-211 [2], стр. 42-43, 81-87	
6	Цепи с распределенными параметрами	34		8	4	8	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для подготовки к лабораторной работе необходимо изучить содержание лабораторного задания, выполнить домашнюю подготовку к лабораторной работе и ответить на контрольные вопросы по лабораторной работе. <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, подготовка к тестированию
6.1	Цепи с распределенными параметрами	34		8	4	8	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Цепи с распределенными параметрами и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Цепи с распределенными параметрами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Цепи с распределенными параметрами" материалу. Дополнительно студенту

													необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 250-251 [4], стр. 352-355	
7	Синтез линейных цепей	32		10	-	10	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Синтез линейных цепей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Синтез линейных цепей и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Синтез линейных цепей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр. 26-28, 52, 68-70, 77-79
7.1	Синтез линейных двухполюсников	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
7.2	Синтез фильтров	20		6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		32	16	32	-	2	-	-	0.5	64	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	16	32	2		-		0.5	97.5		
	ИТОГО	396.0	-	80	32	64	4		1.0		215.0			

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. Основные понятия теории электрических цепей

1.1. Основные понятия теории электрических цепей

Предмет и задачи курса ОТЦ, его место в подготовке радиоинженеров. Понятие о методах теории цепей и теории поля. Пределы применимости методов теории цепей. Физические основы теории цепей. Понятие об электрической цепи. Основные электрические величины: ток, напряжение, мощность и энергия. Единицы измерения. Положительные направления тока и напряжения. Понятие о пассивных и активных элементах и участках цепей. Понятие о математических и схемных моделях элементов электрических цепей. Многополюсники. Идеализированные пассивные элементы электрических цепей. Определения сопротивления, проводимости, емкости и индуктивности. Единицы измерения. Зависимости между током, напряжением, мощностью и энергией для элементарных пассивных двухполюсников. Реальные пассивные элементы и их схемы замещения. Идеализированные активные элементы. Идеализированные источники тока и напряжения. Схемы замещения реальных источников. Понятие о схемах электрических цепей. Последовательное, параллельное и смешанное соединение двухполюсных элементов. Основы топологии цепей. Ветвь, узел и контур электрической схемы. Законы Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений. Физическое содержание законов Кирхгофа. Понятие об уравнениях электрического равновесия (математической модели) электрической цепи. Топологические и компонентные уравнения. Основная система уравнений электрического равновесия цепи. Использование топологических представлений для определения числа независимых уравнений баланса токов и баланса напряжений. Дифференциальное уравнение цепи. Классификация цепей по математическим моделям: линейные, нелинейные и параметрические цепи; цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами. Классификация цепей по энергетическим свойствам, числу внешних выводов и по топологическим особенностям. Формулировка задач анализа и синтеза электрических цепей..

2. Анализ линейных цепей в стационарном режиме

2.1. Методы анализа сложных цепей

Методы формирования уравнений электрического равновесия сложных цепей. Методы токов ветвей и напряжений ветвей. Методы контурных токов и узловых напряжений. Понятие об эквивалентных участках цепи. Эквивалентные преобразования цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением элементов. Преобразование «треугольника» сопротивлений в «звезду» и обратное преобразование. Основные теоремы теории цепей и их применение для решения задач анализа. Принцип наложения. Теорема взаимности. Теоремы об эквивалентных источниках..

2.2. Анализ линейных цепей при гармоническом внешнем воздействии

Понятие о периодических процессах. Период, частота. Гармонические колебания. Мгновенное значение, текущая и начальная фазы, амплитуда, циклическая и угловая частота гармонического колебания. Среднее и среднеквадратическое (действующее) значение периодической функции. Дифференциальные уравнения цепи при гармоническом воздействии. Анализ линейной цепи при гармоническом воздействии во временной области. Представление гармонических функций времени на комплексной плоскости. Комплексное текущее значение и комплексная амплитуда гармонического тока и напряжения. Понятие о методе комплексных амплитуд. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексное входное сопротивление и комплексная входная проводимость двухполюсников. Элементарные двухполюсники при гармоническом воздействии. Временные и векторные

диаграммы для тока, напряжения, мощности и энергии. Энергетические соотношения в простейших цепях при гармоническом воздействии. Мгновенная, средняя (активная), реактивная, полная и комплексная мощности. Единицы измерения. Коэффициент мощности. Баланс мощностей. Согласование источника энергии с нагрузкой по критериям максимума передаваемой средней мощности. Индуктивно-связанные цепи при гармоническом воздействии. Понятие о взаимной индуктивности. Компонентные уравнения связанных индуктивностей. Согласное и встречное включения. Понятие об одноименных зажимах. Применение метода комплексных амплитуд для анализа индуктивно-связанных цепей. Схема замещения связанных индуктивностей. Последовательное и параллельное включение связанных индуктивностей. Линейный трансформатор. Понятие об идеальном трансформаторе. Свойства идеального трансформатора. Понятие о реальных трансформаторах. Понятие о трехфазной электрической цепи. Виды соединений. Симметричный и несимметричный режимы работы. Вращающееся магнитное поле..

2.3. Элементы теории четырехполюсников

Элементы теории четырехполюсников. Основные уравнения и системы первичных параметров четырехполюсников. Физический смысл, основные свойства и методы определения первичных параметров. Связь между различными системами параметров. Канонические схемы замещения четырехполюсников. Составные четырехполюсники. Свойства нагруженных четырехполюсников. Характеристическое сопротивление и характеристическая постоянная передачи четырехполюсника. Активные и невзаимные четырехполюсники. Преобразователи сопротивления..

3. Частотные характеристики линейных цепей

3.1. Частотные характеристики апериодических цепей

Понятие о комплексных частотных характеристиках (КЧХ) линейных цепей. Классификация КЧХ, их размерность и формы представления. Понятие об амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристиках линейных электрических цепей. Логарифмические амплитудно-частотные характеристики (ЛАХ). Способы графического изображения КЧХ. Понятие о годографе (диаграмме) Найквиста. Электрические фильтры. АЧХ и ФЧХ RC- и RL-цепей. Понятие о фильтрах нижних частот, верхних частот, полосовых и режекторных фильтрах..

3.2. Частотные характеристики резонансных цепей

Резонансные явления в электрических цепях. Одиночный колебательный контур. Классификация одиночных колебательных контуров по способу включения источника энергии. Определение и критерии резонанса. Резонанс напряжений. Резонансная частота, характеристическое и резонансное сопротивление, добротность и обобщенная расстройка одиночного колебательного контура. Входные и передаточные частотные характеристики последовательного колебательного контура. Избирательность и полоса пропускания. Понятие об идеальной избирательной цепи. Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Входные и передаточные частотные характеристики параллельного колебательного контура. Влияние внутреннего сопротивления источника и сопротивления нагрузки на резонансные свойства одиночных колебательных контуров. Контур с неполным включением. Частотные характеристики сложных колебательных контуров. Коэффициент включения. Влияние внутреннего сопротивления источника и сопротивления нагрузки на резонансные свойства колебательных контуров с неполным включением. Связанные колебательные контуры. Виды связи, сопротивление связи, коэффициент и фактор связи. Сильная, слабая и критическая связь. Обобщенная схема замещения связанных контуров. Схемы замещения первичного и вторичного контуров. Частотные характеристики системы

двух связанных колебательных контуров, полоса пропускания и коэффициент прямоугольности..

4. Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником

4.1. Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником

Особенности электрических процессов в нелинейных цепях. Классификация нелинейных цепей. Нелинейные резистивные элементы. Вольтамперные характеристики нелинейных резистивных элементов. Общие понятия о методах формирования уравнений электрического равновесия нелинейных резистивных цепей. Графические методы анализа нелинейных резистивных цепей. Определение рабочих точек нелинейных резистивных элементов. Определение реакции безынерционного нелинейного резистивного элемента на произвольное внешнее воздействие. Нелинейное резистивное сопротивление при гармоническом воздействии. Образование гармоник. Понятие о режимах большого и малого сигналов. Линеаризация характеристик нелинейных резистивных элементов в окрестности рабочей точки. Понятие о нелинейных искажениях. Нелинейное резистивное сопротивление при одновременном воздействии двух гармонических колебаний. Комбинационные частоты..

5. Нестационарные процессы в линейных электрических цепях

5.1. Классический метод анализа нестационарных процессов

Понятие об установившихся, неуставившихся и переходных процессах. Непрерывность изменения энергии электрического и магнитного полей. Правила коммутации. Порядок цепи. Классический метод анализа переходных процессов. Дифференциальные уравнения простейших цепей и методы их решения. Свободные и вынужденные составляющие токов и напряжений. Определение постоянных интегрирования. Переходные процессы в цепях первого и второго порядков. Зависимость характера переходных процессов в цепи от типа корней характеристического уравнения. Постоянная времени цепи и время установления колебаний. Влияние потерь на характер свободного процесса. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Временные характеристики линейных цепей. Понятие о единичном скачке и единичном импульсе и их свойства. Переходная и импульсная характеристики..

5.2. Операторный метод анализа нестационарных процессов

Операторный метод анализа переходных процессов. Прямое и обратное преобразование Лапласа. Оригинал и изображение. Операторное сопротивление и операторная проводимость. Операторные схемы замещения элементарных двухполюсников при нулевых начальных условиях. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения цепи..

5.3. Анализ нестационарных процессов методом интеграла Дюамеля

Связь между операторными и временными характеристиками цепи. Понятие о собственных функциях линейной цепи. Применение принципа наложения для анализа нестационарных процессов в линейных цепях. Использование переходной и импульсной характеристик для анализа неуставившихся и переходных процессов. Интеграл Дюамеля. Системная функция линейной цепи. Входные и передаточные функции. Понятие о комплексной частоте. Нули и полюсы системной функции..

6. Цепи с распределенными параметрами

6.1. Цепи с распределенными параметрами

Понятие о цепях с распределенными параметрами. Линии передачи (длинные линии) и их классификация. Погонные параметры линий передачи. Эквивалентная схема отрезка линии малой длины. Дифференциальные уравнения линии передачи для мгновенных значений токов и напряжений. Решение дифференциальных уравнений линии. Понятие о прямой и обратной волнах. Волновое сопротивление линии. Однородная линия передачи при гармоническом воздействии. Длина волны в линии, фазовая скорость. Коэффициент затухания и коэффициент фазы. Явления в нагруженной линии передачи. Падающая и отраженная волны. Коэффициент отражения. Распределение амплитуд напряжения и тока в линии без потерь при различных видах нагрузки. Режимы бегущих, стоячих и смешанных волн. Понятие коэффициента стоячей (КСВ) и коэффициента бегущей волны (КБВ). Линия передачи как четырехполюсник. Матрица передачи и входное сопротивление отрезка линии передачи без потерь..

7. Синтез линейных цепей

7.1. Синтез линейных двухполюсников

Аналитические свойства функций входного сопротивления и проводимости линейного пассивного двухполюсника. Условия физической реализуемости. Свойства входных функций реактивных двухполюсников. Теорема Фостера. Реализация реактивных двухполюсников по заданной входной функции. Идея синтеза линейного двухполюсника с заданной структурой. Метод последовательного выделения простейших составляющих (метод Фостера). Метод разложения в цепную дробь (метод Кауэра). Канонические схемы реактивных двухполюсников..

7.2. Синтез фильтров

Свойства передаточных функций четырехполюсников. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые четырехполюсники. Постановка задачи синтеза линейных фильтров. Условия физической реализуемости. Аппроксимация частотных характеристик по Баттерворту и Чебышеву. Особенности синтеза фильтров верхних частот и полосовых фильтров. Понятие фильтра-прототипа. Схемная реализация четырехполюсника по заданному выражению для коэффициента передачи по напряжению. Способы схемной реализации..

3.3. Темы практических занятий

1. Анализ цепей методом интеграла Дюамеля. Контрольная работа № 6;
2. Синтез ФНЧ Баттерворта и Чебышева;
3. Метод комплексных амплитуд;
4. Расчет мощности и энергии в электрической цепи. Контрольная работа № 2;
5. Анализ свободных процессов методом дифференциальных уравнений. Контрольная работа № 5;
6. Частотные характеристики колебательных контуров. Контрольная работа № 3;
7. Эквивалентные преобразования линейных цепей. Контрольная работа № 1;
8. Элементарные двухполюсники. Законы электрических цепей;
9. Матричный метод расчета режимов работы линий передачи. Контрольная работа № 7;
10. Расчет параметров четырехполюсников. Контрольная работа № 4;
11. Анализ нестационарных процессов методом преобразования Лапласа;
12. Расчет цепей с индуктивной связью;
13. Расчет цепи с нелинейным двухполюсником;
14. Частотные характеристики RC- и RL-цепей;
15. Расчет нагруженной линии передачи;

16. Синтез ФВЧ и ПФ. Схемная реализация фильтров. Контрольная работа № 8;
17. Синтез реактивных двухполюсников по Фостеру и по Кауэру;
18. Гармоническое колебание и его параметры;
19. Расчет погонных параметров и параметров волновых процессов в линии передачи;
20. Анализ цепей методами контурных токов и узловых потенциалов.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Разветвленная цепь постоянного тока;
2. Свободные колебания и переходные процессы в цепях второго порядка;
3. RC-цепи при гармоническом внешнем воздействии;
4. Свободные колебания и переходные процессы в цепях первого порядка;
5. Стационарные процессы в линии передачи;
6. Цепи с нелинейным двухполюсником;
7. Частотные характеристики RC-цепей;
8. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультация перед экзаменом по разделу "Основные понятия теории электрических цепей"
2. Консультация перед экзаменом по разделу "Анализ линейных цепей в стационарном режиме"
3. Консультация перед экзаменом по разделу "Частотные характеристики линейных цепей"
4. Консультация перед экзаменом по разделу "Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником"
5. Консультация перед экзаменом по разделу "Нестационарные процессы в линейных электрических цепях"
6. Консультация перед экзаменом по разделу "Цепи с распределенными параметрами"
7. Консультация перед экзаменом по разделу "Синтез линейных цепей"

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	7	
Знать:									
методы анализа линейных электрических цепей при стационарных воздействиях	ИД-2ОПК-1	+	+						Контрольная работа/Метод комплексных амплитуд Контрольная работа/Методы анализа сложных цепей (постоянный ток) Контрольная работа/Системы параметров четырехполюсников
методы анализа нестационарных процессов в линейных электрических цепях	ИД-2ОПК-1					+			Контрольная работа/Классический метод анализа свободных процессов Контрольная работа/Методы анализа нестационарных процессов: операторный и интеграл Дюамеля
методы анализа волновых процессов в нагруженной линии передачи	ИД-2ОПК-1						+		Контрольная работа/Явления в нагруженной линии передачи
методы определения частотных характеристик линейных электрических цепей	ИД-2ОПК-1			+					Контрольная работа/Частотные характеристики линейных цепей
методы синтеза линейных электрических цепей	ИД-2ОПК-1							+	Контрольная работа/Синтез линейных двухполюсников и четырехполюсников
правила подключения источников и измерительных приборов для исследования электрических цепей	ИД-2ОПК-4	+	+						Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
Уметь:									
рассчитывать параметры сигналов в нагруженной линии передачи	ИД-2ОПК-1						+		Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2
рассчитывать линейные электрические цепи при нестационарном внешнем воздействии	ИД-2ОПК-1					+			Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 2

								Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 3 и 4 расчетного задания № 2
рассчитывать частотные характеристики линейных электрических цепей	ИД-2ОПК-1			+				Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 6-8 расчетного задания № 1
рассчитывать линейные электрические цепи при стационарных внешних воздействиях	ИД-2ОПК-1		+					Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 1 Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 3-5 расчетного задания № 1 Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения пунктов 6-8 расчетного задания № 1
проводить экспериментальные исследования нестационарных процессов в линейных электрических цепях	ИД-2ОПК-4					+		Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2
проводить экспериментальные исследования частотных характеристик линейных электрических цепей	ИД-2ОПК-4			+				Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
проводить экспериментальные исследования линейных резистивных цепей	ИД-2ОПК-4		+					Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
проводить экспериментальные исследования линейных электрических цепей при гармоническом воздействии	ИД-2ОПК-4		+					Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
проводить экспериментальные исследования нелинейных резистивных электрических цепей	ИД-2ОПК-4				+			Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2
проводить экспериментальные исследования стационарных процессов в линии передачи	ИД-2ОПК-4						+	Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2

анализировать линейные резистивные электрические цепи	ИД-3 _{ОПК-4}		+					Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
анализировать линейные электрические цепи при гармоническом внешнем воздействии	ИД-3 _{ОПК-4}		+					Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях	ИД-3 _{ОПК-4}					+		Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2
анализировать сигналы в нелинейных резистивных электрических цепях	ИД-3 _{ОПК-4}				+			Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2
анализировать частотные характеристики линейных электрических цепей	ИД-3 _{ОПК-4}			+				Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 1
анализировать волновые процессы в нагруженной линии передачи	ИД-3 _{ОПК-4}						+	Лабораторная работа/Защита лабораторного практикума № 2

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: Билеты (письменный опрос)

1. Метод комплексных амплитуд (Контрольная работа)
2. Методы анализа сложных цепей (постоянный ток) (Контрольная работа)
3. Системы параметров четырехполюсников (Контрольная работа)
4. Частотные характеристики линейных цепей (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)
2. Контроль выполнения пунктов 3-5 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)
3. Контроль выполнения пунктов 6-8 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторного практикума № 1 (Лабораторная работа)

4 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Классический метод анализа свободных процессов (Контрольная работа)
2. Методы анализа нестационарных процессов: операторный и интеграл Дюамеля (Контрольная работа)
3. Синтез линейных двухполюсников и четырехполюсников (Контрольная работа)
4. Явления в нагруженной линии передачи (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 2 (Расчетно-графическая работа)
2. Контроль выполнения пунктов 3 и 4 расчетного задания № 2 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторного практикума № 2 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка за 3 семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 4 семестр.

Экзамен (Семестр №4)

Оценка за 4 семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 4 семестр.

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. Баскаков, С. И. Лекции по теории цепей : Учебное пособие / С. И. Баскаков . – 3-е изд., испр . – М. : Эдиториал УРСС, 2002 . – 280 с. - ISBN 5-354-00061-0 .;
2. Гречихин, В. А. Основы теории цепей. Руководство к решению задач анализа линейных цепей с сосредоточенными параметрами : Учебное пособие по курсу "Основы теории цепей" по направлению "Радиотехника" / В. А. Гречихин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 92 с. - ISBN 5-7046-7070-3 .;
3. Гречихин, В. А. Основы теории цепей. Руководство к решению задач анализа и синтеза двухполюсников и четырехполюсников : Учебное пособие по курсу "Основы теории цепей" по направлению "Радиотехника" / В. А. Гречихин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 84 с. - ISBN 5-7046-0945-7 .;
4. Бакалов В. П., Дмитриков В. Ф., Крук Б. И.- "Основы теории цепей", (4-е изд.), Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2018 - (596 с.)
<https://e.lanbook.com/book/111006>.

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. Acrobat Reader;
6. Micro-Cap;
7. SmathStudio.

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

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
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые,

		мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-701, Учебная лаборатория Физических основ радиотехники	стол, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, принтер, кондиционер, верстак электротехнический
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-402, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
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	Е-817, Преподавательская	стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска пробковая, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории цепей

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 Методы анализа сложных цепей (постоянный ток) (Контрольная работа)
- КМ-3 Метод комплексных амплитуд (Контрольная работа)
- КМ-4 Контроль выполнения пунктов 3-5 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Частотные характеристики линейных цепей (Контрольная работа)
- КМ-6 Контроль выполнения пунктов 6-8 расчетного задания № 1 (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Системы параметров четырехполюсников (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита лабораторного практикума № 1 (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
		Неделя КМ:	4	5	8	11	13	14	15	16
1	Основные понятия теории электрических цепей									
1.1	Основные понятия теории электрических цепей			+	+				+	+
2	Анализ линейных цепей в стационарном режиме									
2.1	Методы анализа сложных цепей		+	+	+	+		+	+	+
2.2	Анализ линейных цепей при гармоническом внешнем воздействии		+	+	+	+		+	+	+
2.3	Элементы теории четырехполюсников			+	+				+	
3	Частотные характеристики линейных цепей									
3.1	Частотные характеристики апериодических цепей						+			+
3.2	Частотные характеристики резонансных цепей						+	+		+
Вес КМ, %:			5	10	10	10	10	10	5	40

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-9 Классический метод анализа свободных процессов (Контрольная работа)
- КМ- Контроль выполнения пунктов 1 и 2 расчетного задания № 2 (Расчетно-графическая

- 10 работа)
 КМ- Методы анализа нестационарных процессов: операторный и интеграл Дюамеля
 11 (Контрольная работа)
 КМ- Явления в нагруженной линии передачи (Контрольная работа)
 12
 КМ- Контроль выполнения пунктов 3 и 4 расчетного задания № 2 (Расчетно-графическая
 13 работа)
 КМ- Защита лабораторного практикума № 2 (Лабораторная работа)
 14
 КМ- Синтез линейных двухполюсников и четырехполюсников (Контрольная работа)
 15

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15
		Неделя КМ:	4	6	8	12	13	15	16
1	Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником								
1.1	Анализ цепи с нелинейным резистивным двухполюсником							+	
2	Нестационарные процессы в линейных электрических цепях								
2.1	Классический метод анализа нестационарных процессов		+		+			+	
2.2	Операторный метод анализа нестационарных процессов		+	+	+		+	+	
2.3	Анализ нестационарных процессов методом интеграла Дюамеля		+		+				
3	Цепи с распределенными параметрами								
3.1	Цепи с распределенными параметрами					+		+	
4	Синтез линейных цепей								
4.1	Синтез линейных двухполюсников								+
4.2	Синтез фильтров								+
Вес КМ, %:			10	10	10	10	10	40	10