

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.14
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	3 семестр - 6; 4 семестр - 7; всего - 13
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	468 часа
<b>Лекции</b>	3 семестр - 48 часа; 4 семестр - 48 часа; всего - 96 часа
<b>Практические занятия</b>	3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
<b>Лабораторные работы</b>	3 семестр - 16 часов; 4 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
<b>Консультации</b>	3 семестр - 2 часа; 4 семестр - 18 часов; всего - 20 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	3 семестр - 117,5 часов; 4 семестр - 133,2 часа; всего - 250,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	4 семестр - 15,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	4 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа Домашнее задание Решение задач Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	4 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	4 семестр - 0,3 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2025

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кудряшов Т.В.
	Идентификатор	R7e3cbdd0-KudriashovTV-a06da3e

Т.В. Кудряшов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

А.Д. Баринов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8c

И.Н.  
Мирошникова

## 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

- приобретение знаний об основных понятиях теории электрических цепей, математических моделях элементов цепи;
- ознакомление с методами анализа: электрических цепей при постоянном и гармоническом воздействиях, частотных характеристик линейных фильтров, нестационарных процессов в линейных цепях, цепей с распределенными параметрами;
- ознакомление с методами синтеза линейных двухполюсников и фильтров;
- изучение методов математического описания электрических сигналов во временной и частотной области;
- формирование умения самостоятельно решать задачи анализа и синтеза электрических цепей и рассчитывать их характеристики;
- освоение методов 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 использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - методы расчета нелинейных электрических цепей; - основные понятия и законы теории электрических цепей; - методы анализа волновых процессов в нагруженной линии передачи; - методы анализа сложных электрических цепей; - методы расчета параметров линейных четырехполюсников; - методы анализа нестационарных процессов в линейных электрических цепях; - методы расчета частотных характеристик; - метод комплексных амплитуд.  уметь: - анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях операторным методом; - рассчитывать частотные характеристики линейных электрических цепей; - проводить расчет распределений амплитуд напряжений и токов в линии передачи при различных режимах ее работы;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять синтез линейных двухполюсников по заданным характеристикам;</li> <li>- проводить анализ сложных цепей по постоянному току и при гармоническом внешнем воздействии.</li> </ul>
<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p>ИД-60ПК-2 Выбирает способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- параметры гармонических сигналов;</li> <li>- правила подключения источников и измерительных приборов для исследования электрических цепей;</li> <li>- законы коммутации и параметры переходных процессов.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях и проводить их экспериментальные исследования;</li> <li>- анализировать нелинейные электрические цепи и проводить их экспериментальные исследования;</li> <li>- анализировать стационарные процессы в линии передачи и проводить их экспериментальные исследования;</li> <li>- анализировать частотные характеристики линейных электрических цепей и проводить их экспериментальные исследования;</li> <li>- анализировать линейные электрические цепи при гармоническом воздействии и по постоянному току и проводить их экспериментальные исследования.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Микроэлектроника и твердотельная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

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

- уметь строить графики по заданным функциям
- 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 13 зачетных единиц, 468 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	24	3	8	4	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные понятия теории электрических цепей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение п. 1 расчетного задания. Анализ топологии заданной схемы линейной электрической цепи. Задание выполняется индивидуально по вариантам</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основные понятия теории</p>
1.1	Основные понятия теории электрических цепей	24		8	4	4	-	-	-	-	-	-	8	

													электрических цепей" материалу <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к тестированию <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 16-18 [2], 9, 48, 49 [5], 25-26, 33-34, 37-38
2	Методы анализа сложных цепей	36	10	4	6	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Методы анализа сложных цепей и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение п. 2 расчетного задания. Составление уравнений для заданной линейной электрической цепи методами контурных токов и узловых напряжений. Задание выполняется индивидуально по вариантам <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Методы анализа сложных цепей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа сложных цепей" материалу
2.1	Методы анализа сложных цепей	36	10	4	6	-	-	-	-	-	16	-	

														<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 45, 46 [2], 16, 20, 26, 27 [4], 15-21 [5], 60-65
3	Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях	54	12	4	10	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях" материалу	
3.1	Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях	54	12	4	10	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение пп. 3-6 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 <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, подготовка к тестированию <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе	



													<p>"Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], 59-62 [4], 8-14 [5], 89, 91, 98-101</p>
4	Частотные характеристики линейных цепей	66	18	4	12	-	-	-	-	-	32	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение пп. 7, 8 расчетного задания. Расчет, построение и анализ частотных характеристик заданной линейной электрической цепи. Задание выполняется индивидуально по вариантам</p>
4.1	Частотные характеристики аperiodических цепей	32	8	2	6	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекций, подготовка к тестированию</p>
4.2	Частотные характеристики резонансных цепей	34	10	2	6	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Частотные характеристики</p>

													линейных цепей" материалу <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Частотные характеристики линейных цепей и подготовка к контрольной работе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 120-122 [2], 32, 33, 69-72 [4], 22-27 [5], 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		
5	Элементы теории четырехполюсников	24	4	4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Элементы теории четырехполюсников" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Элементы теории четырехполюсников" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 10, 59-61 [5], 301-303
5.1	Элементы теории четырехполюсников	24		4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	
6	Нестационарные процессы в линейных цепях	64		14	4	12	-	-	-	-	-	34	-	
6.1	Классический метод анализа	16		6	-	4	-	-	-	-	-	6	-	







													разделе "Нелинейные цепи" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 147, 148 [3], 16, 18, 65, 66 [5], 241, 242, 262-264
10	Спектральный метод анализа цепей	18	8	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Спектральный метод анализа цепей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
10.1	Спектральный метод анализа цепей	18	8	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Спектральный метод анализа цепей" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 209-229
	Экзамен	35.8	-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	36.2	-	-	-	16	-	4	-	0.5	15.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>99.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>133.2</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>468.0</b>	<b>-</b>	<b>96</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>20</b>		<b>4</b>	<b>1.3</b>	<b>250.7</b>		

**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

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. Методы анализа сложных цепей

#### 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. Компьютерные методы анализа цепей. Описание топологии электрических цепей. Направленный граф цепи. Матрица соединений (инциденций). Топологическая формулировка законов Кирхгофа. Топологический метод составления уравнений узловых напряжений.

### 3. Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях

#### 3.1. Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях

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.

#### 4. Частотные характеристики линейных цепей

##### 4.1. Частотные характеристики аperiodических 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 простейших RC- и RL-фильтров. Понятие о фильтрах низких частот, верхних частот, полосовых и режекторных фильтрах.

##### 4.2. 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 сопротивления, 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.

#### 5. Элементы теории четырехполюсников



### 5.1. 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 пассивные четырехполюсники.

## 6. Нестационарные процессы в линейных цепях

### 6.1. Классический метод анализа нестационарных процессов

Понятие об установившихся, неустойчивых 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.

### 6.2. 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.

### 6.3. 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 неустойчивых и переходных процессов. Интеграл Дюамеля. Системная функция линейной цепи. Входные и передаточные функции. Понятие о комплексной частоте. Нули и полюсы системной функции.

## 7. Цепи с распределенными параметрами

### 7.1. 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.

## 8. Синтез пассивных двухполюсников

### 8.1. Синтез пассивных 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.

## 9. Нелинейные цепи

### 9.1. Нелинейные цепи

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. Полупроводниковые выпрямители. Транзистор как четырехполюсник. Схемы замещения транзистора при различных схемах включения. Линеаризация характеристик нелинейных резистивных элементов в окрестности рабочей точки (линейная схема замещения нелинейного двухполюсника, нелинейного четырехполюсника). Понятие о нелинейных искажениях. Нелинейное резистивное сопротивление при одновременном воздействии двух гармонических колебаний. Комбинационные частоты.

## 10. Спектральный метод анализа цепей

### 10.1. Спектральный метод анализа цепей

Спектральное представление сигналов. Периодические сигналы. Ряд Фурье в базисе тригонометрических функций. Комплексная форма ряда Фурье. Огибающая спектра. Спектральное представление непериодических сигналов. Спектральная плотность и ее свойства. Спектры типовых сигналов. Энергетический спектр и его свойства. Спектральный метод анализа цепей. Спектральный метод для дискретного сигнала. Спектральный метод для импульсного сигнала. Условия неискаженного прохождения сигналов через линейную цепь. Взаимосвязь различных методов анализа прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи, их сравнительная характеристика.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Анализ функций сопротивления и проводимости линейных пассивных двухполюсников;
2. Частотные характеристики RC- и RL-цепей;
3. Элементарные двухполюсники. Законы электрических цепей;
4. Частотные характеристики колебательных контуров. Контрольная работа № 3;
5. Спектральный метод анализа цепей;

6. Расчет параметров четырехполюсников;
7. Анализ цепей методами контурных токов и узловых потенциалов;
8. Гармоническое колебание и его параметры;
9. Анализ свободных процессов методом дифференциальных уравнений;
10. Расчет мощности и энергии в электрической цепи. Контрольная работа № 2;
11. Метод комплексных амплитуд;
12. Расчет нелинейных резистивных цепей;
13. Анализ нестационарных процессов методом преобразования Лапласа;
14. Анализ цепей методом интеграла Дюамеля. Контрольная работа № 4;
15. Расчет погонных параметров и волновых процессов линии передачи;
16. Эквивалентные преобразования линейных цепей. Контрольная работа № 1;
17. Матричный метод расчета режимов работы линий передачи. Контрольная работа № 5;
18. Расчет нагруженной линии передачи;
19. Синтез линейных пассивных двухполюсников (по Фостеру и по Кауэру).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Частотные характеристики последовательного колебательного контура;
2. RC-цепи при гармоническом внешнем воздействии;
3. Разветвленная цепь постоянного тока. Основные параметры гармонического колебания;
4. Простейшие измерения в электрических цепях;
5. Свободные процессы в линейных электрических цепях;
6. Стационарные процессы в линии передачи;
7. Частотные характеристики RC-цепей;
8. Цепи с нелинейным двухполюсником.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Нестационарные процессы в линейных цепях"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 4 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Анализ нестационарных процессов в двухзвенной цепи 2-го порядка

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 14	15 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 6	7	8	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	20	20	25	10	-
Выполненный объем нарастающим	25	45	65	90	100	-

итогом, %						
-----------	--	--	--	--	--	--

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на работу, с методическими указаниями, алгоритмом анализа и характеристикой исходных данных курсовой работы
2	Расчет коэффициентов передачи отдельных звеньев и цепи в целом
3	Вывод аналитических выражений для переходных характеристик и цепи в целом
4	Построение временных диаграмм полученных характеристик
5	Вывод аналитических выражений для временных диаграмм напряжений на входе, и выходах цепей
6	Построение временных диаграмм полученных характеристик
7	Создание модели цепи и анализ ее характеристик программными средствами
8	Оформление пояснительной записки по каждому из пунктов работы

### 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		
<b>Знать:</b>													
метод комплексных амплитуд	ИД-2ОПК-1			+									Тестирование/Защита лабораторной работы № 3, коллоквиум № 3 Решение задач/Контрольная работа №2 с учетом выполнения домашних заданий 3-5
методы расчета частотных характеристик	ИД-2ОПК-1				+								Тестирование/Защита лабораторной работы № 4, коллоквиум № 4 Решение задач/Контрольная работа №3 с учетом выполнения домашних заданий 6-8
методы анализа нестационарных процессов в линейных электрических цепях	ИД-2ОПК-1						+						Домашнее задание/Защита домашних заданий 9-11
методы расчета параметров линейных четырехполосников	ИД-2ОПК-1					+							Домашнее задание/Защита домашних заданий 9-11 Тестирование/Защита лабораторной работы № 5, коллоквиум № 5
методы анализа сложных электрических цепей	ИД-2ОПК-1		+										Решение задач/Контрольная работа №1 с учетом выполнения домашних заданий 1-2
методы анализа волновых процессов в нагруженной линии передачи	ИД-2ОПК-1								+				Домашнее задание/Защита домашних заданий 12-14 Тестирование/Защита лабораторной работы № 7,

												коллоквиум № 7
основные понятия и законы теории электрических цепей	ИД-2ОПК-1	+										Тестирование/Защита лабораторной работы № 1, коллоквиум № 1 Тестирование/Защита лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2 Решение задач/Контрольная работа №1 с учетом выполнения домашних заданий 1-2
методы расчета нелинейных электрических цепей	ИД-2ОПК-1								+	+		Домашнее задание/Защита домашних заданий 12-14 Тестирование/Защита лабораторной работы № 8, коллоквиум № 8
законы коммутации и параметры переходных процессов	ИД-6ОПК-2						+					Домашнее задание/Защита домашних заданий 9-11 Тестирование/Защита лабораторной работы № 6, коллоквиум № 6
правила подключения источников и измерительных приборов для исследования электрических цепей	ИД-6ОПК-2	+										Тестирование/Защита лабораторной работы № 1, коллоквиум № 1 Тестирование/Защита лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2 Тестирование/Защита лабораторной работы № 3, коллоквиум № 3
параметры гармонических сигналов	ИД-6ОПК-2			+								Тестирование/Защита

											лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2
<b>Уметь:</b>											
проводить анализ сложных цепей по постоянному току и при гармоническом внешнем воздействии	ИД-2ОПК-1		+	+							<p>Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения расчетного задания</p> <p>Решение задач/Контрольная работа №1 с учетом выполнения домашних заданий 1-2</p> <p>Решение задач/Контрольная работа №2 с учетом выполнения домашних заданий 3-5</p>
осуществлять синтез линейных двухполюсников по заданным характеристикам	ИД-2ОПК-1								+		Домашнее задание/Защита домашних заданий 12-14
проводить расчет распределений амплитуд напряжений и токов в линии передачи при различных режимах ее работы	ИД-2ОПК-1								+		Контрольная работа/Контрольная работа № 5
рассчитывать частотные характеристики линейных электрических цепей	ИД-2ОПК-1										<p>Расчетно-графическая работа/Контроль выполнения расчетного задания</p> <p>Решение задач/Контрольная работа №3 с учетом выполнения домашних заданий 6-8</p>
анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях операторным методом	ИД-2ОПК-1								+		Контрольная работа/Контрольная работа № 4
анализировать линейные электрические цепи при гармоническом воздействии и по постоянному току и проводить их экспериментальные исследования	ИД-6ОПК-2		+	+							<p>Тестирование/Защита лабораторной работы № 1, коллоквиум № 1</p> <p>Тестирование/Защита</p>

												лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2 Тестирование/Защита лабораторной работы № 3, коллоквиум № 3
анализировать частотные характеристики линейных электрических цепей и проводить их экспериментальные исследования	ИД-60ПК-2				+							Тестирование/Защита лабораторной работы № 4, коллоквиум № 4
анализировать стационарные процессы в линии передачи и проводить их экспериментальные исследования	ИД-60ПК-2								+			Тестирование/Защита лабораторной работы № 7, коллоквиум № 7
анализировать нелинейные электрические цепи и проводить их экспериментальные исследования	ИД-60ПК-2									+	+	Тестирование/Защита лабораторной работы № 8, коллоквиум № 8
анализировать нестационарные процессы в линейных электрических цепях и проводить их экспериментальные исследования	ИД-60ПК-2						+					Тестирование/Защита лабораторной работы № 6, коллоквиум № 6



## **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: Проверка задания

1. Контроль выполнения расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы № 1, коллоквиум № 1 (Тестирование)
2. Защита лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2 (Тестирование)
3. Защита лабораторной работы № 3, коллоквиум № 3 (Тестирование)
4. Защита лабораторной работы № 4, коллоквиум № 4 (Тестирование)
5. Контрольная работа №1 с учетом выполнения домашних заданий 1-2 (Решение задач)
6. Контрольная работа №2 с учетом выполнения домашних заданий 3-5 (Решение задач)
7. Контрольная работа №3 с учетом выполнения домашних заданий 6-8 (Решение задач)

#### **4 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 5 (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита домашних заданий 12-14 (Домашнее задание)
2. Защита домашних заданий 9-11 (Домашнее задание)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы № 5, коллоквиум № 5 (Тестирование)
2. Защита лабораторной работы № 6, коллоквиум № 6 (Тестирование)
3. Защита лабораторной работы № 7, коллоквиум № 7 (Тестирование)
4. Защита лабораторной работы № 8, коллоквиум № 8 (Тестирование)

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 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

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №4)

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

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. Гречихин, В. А. Основы теории цепей : Методические указания к использованию программного пакета MATHCAD при решении задач анализа цепей по курсу "Основы теории цепей" по направлению "Радиотехника" / В. А. Гречихин, Е. В. Шалимова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 2002. – 48 с.;
5. 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-Сap.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. 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
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Д-423, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории	Е-702, Учебная	стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с

для проведения лабораторных занятий	лаборатория Основ теории цепей и радиотехнических цепей и сигналов	выходом в Интернет, мультимедийный проектор, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Е-817а, Кабинет сотрудников каф. "ОРТ"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-812, Кладовая каф. "ОРТ"	стеллаж, шкаф для хранения инвентаря

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Основы теории электрических цепей

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Защита лабораторной работы № 1, коллоквиум № 1 (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа №1 с учетом выполнения домашних заданий 1-2 (Решение задач)
- КМ-3 Защита лабораторной работы № 2, коллоквиум № 2 (Тестирование)
- КМ-4 Контрольная работа №2 с учетом выполнения домашних заданий 3-5 (Решение задач)
- КМ-5 Защита лабораторной работы № 3, коллоквиум № 3 (Тестирование)
- КМ-6 Контроль выполнения расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Контрольная работа №3 с учетом выполнения домашних заданий 6-8 (Решение задач)
- КМ-8 Защита лабораторной работы № 4, коллоквиум № 4 (Тестирование)

**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	6	8	11	12	14	15	16
1	Основные понятия теории электрических цепей									
1.1	Основные понятия теории электрических цепей		+	+	+		+			
2	Методы анализа сложных цепей									
2.1	Методы анализа сложных цепей		+	+	+	+	+	+		
3	Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях									
3.1	Методы анализа линейных цепей при гармонических внешних воздействиях		+	+	+	+	+	+		
4	Частотные характеристики линейных цепей									
4.1	Частотные характеристики апериодических цепей							+	+	+
4.2	Частотные характеристики резонансных цепей							+	+	+
Вес КМ, %:			10	14	10	14	10	18	14	10

#### 4 семестр

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

- КМ-9 Защита лабораторной работы № 5, коллоквиум № 5 (Тестирование)
- КМ- Защита домашних заданий 9-11 (Домашнее задание)

- 10  
 КМ- Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)  
 11  
 КМ- Защита лабораторной работы № 6, коллоквиум № 6 (Тестирование)  
 12  
 КМ- Контрольная работа № 5 (Контрольная работа)  
 13  
 КМ- Защита лабораторной работы № 7, коллоквиум № 7 (Тестирование)  
 14  
 КМ- Защита домашних заданий 12-14 (Домашнее задание)  
 15  
 КМ- Защита лабораторной работы № 8, коллоквиум № 8 (Тестирование)  
 16

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14	КМ-15	КМ-16
		Неделя КМ:	4	6	7	8	11	12	15	16
1	Элементы теории четырехполосников									
1.1	Элементы теории четырехполосников		+	+						
2	Нестационарные процессы в линейных 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 пассивных двухполосников									
4.1	Синтез пассивных двухполосников								+	
5	Нелинейные цепи									
5.1	Нелинейные цепи								+	+
6	Спектральный метод анализа цепей									
6.1	Спектральный метод анализа цепей								+	+
Вес КМ, %:			12	12	14	12	14	12	12	12



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Основы теории электрических цепей

(название дисциплины)

#### 4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-5 Качество оформления КР

**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:	4	7	10	14	16
1	Ознакомление с заданием на работу, с методическими указаниями, алгоритмом анализа и характеристикой исходных данных курсовой работы		+				
2	Расчет коэффициентов передачи отдельных звеньев и цепи в целом		+				
3	Вывод аналитических выражений для переходных характеристик и цепи в целом			+			
4	Построение временных диаграмм полученных характеристик			+			
5	Вывод аналитических выражений для временных диаграмм напряжений на входе, и выходах цепей				+		
6	Построение временных диаграмм полученных характеристик				+		
7	Создание модели цепи и анализ ее характеристик программными средствами					+	
8	Оформление пояснительной записки по каждому из пунктов работы						+
Вес КМ, %:			25	20	20	25	10