

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Основы теории цепей»

Специальность 11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы
Специализация Радиозлектронные системы передачи информации
Квалификация выпускника Инженер
Нормативный период обучения 5,5 лет
Форма обучения Очная
Год начала подготовки 2017 г.

Автор программы



/Останков А.В./

Заведующий кафедрой



/Матвеев Б.В.

Руководитель ОПОП



/Балашов Ю.С./

Воронеж 2017

1. Цели освоения дисциплины

1.1	Целью изучения дисциплины является обеспечение студентов базовыми знаниями современной теории электрических цепей и формирование основы для успешного изучения ими последующих предметов электротехнического, радиотехнического и технико-кибернетического циклов.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	освоения основных методов анализа электрических цепей;
1.2.2	изучения временных и частотных характеристик типовых линейных электрических цепей;
1.2.3	освоения методик измерения типовых параметров и характеристик процессов и цепей.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Цикл (раздел) ОП: Б1	Код дисциплины в УП: Б1.Б.10
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по математике и физике и овладеть следующими компетенциями:	
ОК-1, ОПК-5	Математика
ОПК-5	Физика
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.Б.9 Электроника	
Б1.Б.13 Схемотехника аналоговых электронных устройств	
Б1.Б.14 Метрология и радиоизмерения	
Б1.Б.15 Радиотехнические цепи и сигналы	
Б1.Б.16 Радиоавтоматика	
Б1.Б.19 Устройства СВЧ и антенны	

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-7	Способность владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей
<p>Планируемые результаты обучения по дисциплине :</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> — важнейшие классы, свойства и характеристики электрических цепей; — основы расчета переходных процессов, частотных характеристик, гармонических режимов работы линейных электрических цепей. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> — выполнять расчет временных и частотных характеристик линейных цепей; — определять основные характеристики процессов в электрических цепях при стандартных и произвольных входных воздействиях; — давать качественную физическую трактовку полученным результатам. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> — методами анализа цепей во временной и частотной областях, в стационарных и переходных режимах; — методиками измерения типовых параметров и характеристик процессов и цепей. 	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	важнейшие классы, свойства и характеристики электрических цепей;
3.1.2	основы расчета переходных процессов, частотных характеристик, гармонических режимов работы линейных электрических цепей.
3.2	Уметь:
3.2.1	выполнять расчет временных и частотных характеристик линейных цепей;
3.2.2	определять основные характеристики процессов в электрических цепях при стандартных и произвольных входных воздействиях;
3.2.3	давать качественную физическую трактовку полученным результатам.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами анализа цепей во временной и частотной областях, в стационарных и переходных режимах;
3.3.2	методиками измерения типовых параметров и характеристик процессов и цепей.

4. Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Номера недель учебного года	Вид учебной нагрузки и ее трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостояте- льная работа	Всего часов
3 семестр				36	—	36	54	126
1	Основные понятия и законы теории электрических цепей	3	1-6	12	—	8	14	34
2	Линейные электрические цепи при гармонических воздействиях	3	7-15	18	—	16	26	60
3	Частотные характеристики линейных электрических цепей	3	16-18	6	—	12	14	32
4 семестр				36	—	36	63	126
4	Резонансные явления в электрических цепях	4	23,24	4	—	8	6	18
5	Переходные процессы в линейных цепях. Методы анализа	4	25-29	10	—	12	15	37
6	Частотные спектры колебаний. Спектральный метод анализа цепей	4	30-33	8	—	8	12	28
7	Линейные четырехполюсники и фильтры	4	34-36	6	—	8	9	23
8	Цепи с распределёнными параметрами	4	37-40	8	—	—	12	20
Итого				72	—	72	117	252

4.1 Лекции

№ п/п	Тема и содержание лекции	Объем, часов
3 семестр		
1. Основные понятия и законы теории электрических цепей		12
1	Предмет и задачи дисциплины, ее место в подготовке специалистов в области радиоэлектронных систем и комплексов. Методы теории цепей в рамках общей теории электромагнитного поля и пределы их применимости. Особенности современного со-	2

	<p>стояния теории цепей. Перспективы развития и совершенствования теории цепей.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Краткая история развития электротехники и радиотехники. Основные задачи и объекты исследования этих отраслей науки и техники. Роль теории цепей.</p>	
2	<p>Физические основы теории цепей: ток, потенциал, напряжение, электродвижущая сила (ЭДС), мгновенная мощность, энергия. Условно положительные направления тока и напряжения. Основные, кратные и дольные единицы измерения электрических величин. Постоянный и переменный ток, напряжение, ЭДС. Связь мгновенной мощности и энергии с током и напряжением в цепи. Средняя мощность в цепи.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Повторение разделов "Электростатика и постоянный ток", "Магнетизм" дисциплины "Физика".</p>	2
3	<p>Электрическая цепь. Пассивные (нагрузка) и активные (источники) элементы цепей. Понятие двухполюсника. Понятие о схемах электрических цепей; виды схем. Схема замещения (эквивалентная схема, математическая модель) электрической цепи.</p> <p>Идеализированные пассивные элементы электрических цепей и их линейные схемы замещения. Сопротивление, проводимость, ёмкость, индуктивность; условные графические обозначения и единицы измерения. Основные физические закономерности, положенные в основу моделей идеализированных элементов: закон Ома, закон электромагнитной индукции Фарадея, теорема Гаусса. Компонентные уравнения как зависимости между током и напряжением в идеализированных линейных элементах; мгновенная мощность и энергия, запасаемая (расходуемая) элементами цепи.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Функциональные и принципиальные электрические схемы цепей; методика составления и использования. Реальные пассивные элементы цепей и их уточненные схемы замещения, используемые в схемотехнических симуляторах.</p>	2
4	<p>Идеализированные активные элементы электрических цепей. Идеальный источник тока и напряжения; условные графические обозначения и вольтамперные характеристики (ВАХ). Внутреннее сопротивление источника. Линейные схемы замещения реальных источников и их ВАХ. Эквивалентные источник тока и источник напряжения. Независимые (автономные, неуправляемые) и зависимые (управляемые) источники. Линейные схемы замещения зависимых (управляемых) источников тока и напряжения.</p>	2
5	<p>Основные понятия топологии цепей: ветвь, узел, контур. Последовательное, параллельное и смешанное соединение двухполюсников. Законы Кирхгофа (топологические уравнения). Система уравнений электрического равновесия цепи и её сведение к дифференциальному уравнению цепи.</p>	2

	<p>Последовательное и параллельное соединения линейных сопротивлений. Эквивалентное сопротивление (проводимость) соединения. Элементарные делители напряжения и тока.</p> <p>Классификация цепей по типам математических моделей, описывающих их элементы: линейные, нелинейные и параметрические цепи; цепи с сосредоточенными и распределёнными параметрами.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Использование элементов теории графов для определения числа независимых топологических уравнений. Классификация цепей по топологическим особенностям.</p>	
6	<p>Виды нелинейных элементов цепи (нелинейное сопротивление, ёмкость, индуктивность) и их общая характеристика. Неуправляемые и управляемые нелинейные сопротивления. ВАХ нелинейных сопротивлений и их идеализация. Статические и дифференциальные параметры нелинейных элементов.</p> <p>Расчет цепей постоянного тока с нелинейными сопротивлениями. Метод эквивалентной ВАХ. Эквивалентное нелинейное сопротивление цепи с последовательным, параллельным и смешанным соединениями нелинейных сопротивлений. Понятие о методе нагрузочной прямой.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Линеаризация ВАХ нелинейного сопротивления и составление его схемы замещения.</p>	2
2. Линейные электрические цепи при гармонических воздействиях		18
7	<p>Понятие о периодических процессах. Гармоническое колебание и его основные параметры: амплитуда, период, текущая и начальная фазы, циклическая и угловая частота, действующее значение. Векторное представление гармонического колебания. Сдвиг фаз между колебаниями.</p> <p>Гармонические колебания в сопротивлении (R), ёмкости (C), индуктивности (L). Закон Ома для амплитуд колебаний. Понятие реактивного сопротивления и проводимости ёмкости и индуктивности. Сдвиг фаз между напряжением и током в R, L и C. Мгновенная мощность и энергия в R, L и C. Временные и векторные диаграммы токов и напряжений в R, L и C.</p>	2
8	<p>Гармонические колебания в последовательном соединении R, L, C. Расчёт соединения на основе векторной диаграммы. Треугольник напряжений и сопротивлений. Полное сопротивление цепи. Сдвиг фаз между напряжением и током в последовательном соединении. Характер сопротивления цепи.</p> <p>Гармонические колебания в параллельном соединении R, L, C. Расчёт соединения на основе векторной диаграммы. Треугольник токов и проводимостей. Полная проводимость цепи. Сдвиг фаз между напряжением и током в параллельном соединении.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Расчёт смешанного соединения R, L, C при гармоническом воздействии на основе векторных диаграмм.</p>	2

9	<p>Сведения о комплексных числах: алгебраическая, тригонометрическая и показательная формы записи, векторное представление. Формула Эйлера, модуль и аргумент комплексного числа.</p> <p>Представление гармонического колебания в комплексной плоскости. Комплексная амплитуда гармонического колебания.</p> <p>Соотношение комплексных амплитуд токов и напряжений в линейных идеализированных элементах: сопротивлении, ёмкости и индуктивности. Комплексное сопротивление (проводимость) элемента цепи; смысл его модуля и аргумента. Закон Ома в комплексной форме для идеализированного элемента линейной цепи.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Повторение раздела "Комплексные числа" дисциплины "Математика".</p>	2
10	<p>Законы Кирхгофа в комплексной форме для линейной цепи.</p> <p>Комплексное, реактивное, полное сопротивления (проводимость) последовательного, параллельного и смешанного соединения R, L и C. Характер сопротивления цепи. Комплексная схема замещения линейной цепи. Закон Ома в комплексной форме для участка и полной линейной цепи при гармоническом воздействии.</p> <p>Алгоритм расчета линейных цепей при гармоническом воздействии методом комплексных амплитуд и его применение на практике.</p>	2
11	<p>Энергетические соотношения в линейных цепях при гармоническом воздействии. Мгновенная, средняя за период колебаний (активная), реактивная, полная и комплексная мощности. Коэффициент мощности. Баланс мощностей в линейной цепи.</p> <p>Согласование источника электрической энергии с нагрузкой по критериям максимума передаваемой в нагрузку средней мощности и максимума коэффициента полезного действия.</p>	2
12	<p>Метод анализа сложной линейной цепи при гармонических воздействиях, основанный на стандартной процедуре формирования уравнений электрического равновесия цепи. Независимые узлы и контура. Методика определения числа независимых контуров и составления системы уравнений электрического равновесия.</p> <p>Метод контурных токов для анализа сложной линейной цепи при гармонических воздействиях. Контурный ток. Собственное и взаимное сопротивления контуров. Методика формирования системы уравнений относительно контурных токов на основе второго закона Кирхгофа. Размерность системы.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Повторение раздела "Методы решения систем линейных уравнений" дисциплины "Математика".</p>	2
13	<p>Метод узловых потенциалов для анализа сложной линейной цепи. Базисный узел, узловая (собственная) проводимость (узла), взаимная (общая) проводимость узлов. Методика формирования системы уравнений относительно узловых потенциалов на основе пер-</p>	2

	<p>вого закона Кирхгофа. Размерность системы.</p> <p>Основные теоремы теории цепей и их применение для анализа цепей. Принцип наложения. Теорема взаимности (обратимости). Теорема о компенсации. Принцип дуальности.</p> <p>Метод расчета сложной цепи на основе принципа наложения.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Метод двух узлов. Теорема об изменении токов в цепи при изменении сопротивления в одной ветви.</p>	
14	<p>Анализ сложных электрических цепей при гармонических воздействиях на основе теоремы об эквивалентном источнике напряжения (теоремы Тевенена). Применение метода для расчета цепей постоянного тока с нелинейными сопротивлениями.</p> <p>Эквивалентные цепи. Эквивалентные преобразования цепей: замена цепи с последовательным соединением элементов эквивалентным параллельным соединением и наоборот; преобразования соединения типа "звезда" в "треугольник" и наоборот.</p>	2
15	<p>Индуктивно-связанные цепи при гармоническом воздействии. Взаимная индукция и взаимная индуктивность. 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. Трансформатор. Коэффициент трансформации. Схема замещения линейного трансформатора.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Векторные диаграммы колебаний в линейном трансформаторе. Процессы в автотрансформаторе.</p>	2
	3. Частотные характеристики линейных электрических цепей	6
16	<p>Понятие о комплексных частотных характеристиках (КЧХ) линейных цепей. Классификация КЧХ, их формы представления.</p> <p>КЧХ элементарных двухполюсников: емкости, индуктивности, последовательного и параллельного RC- и RL-соединения.</p> <p>Комплексный коэффициент передачи линейного четырехполюсника по напряжению. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристика линейной цепи; их физический смысл. Методика экспериментального измерения и алгоритм расчета АЧХ и ФЧХ линейной цепи.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Способы графического представления КЧХ цепей. Годограф КЧХ. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ) цепи.</p>	2
17	<p>Комплексный коэффициент передачи по напряжению, АЧХ и ФЧХ RC-цепи со съёмом выходного напряжения с сопротивления. Понятие фильтра верхних частот (ФВЧ). Частота среза (граничная частота) АЧХ RC-цепи.</p> <p>Комплексный коэффициент передачи по напряжению, АЧХ и ФЧХ</p>	2

	<p>RC-цепи со съёмом выходного напряжения с емкости. Понятие фильтра нижних частот (ФНЧ). Полоса пропускания цепи. Частота среза АЧХ (граничная частота) АЧХ RC-цепи.</p> <p>Комплексный коэффициент передачи по напряжению, АЧХ и ФЧХ RL-цепей с одним реактивным элементом. Частоты среза АЧХ RL-цепей.</p>	
18	<p>Частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) RC-цепи второго порядка (двухзвенного RC-фильтра).</p> <p>Комплексный коэффициент передачи по напряжению, АЧХ и ФЧХ моста Вина. Понятие полосового фильтра (ПФ); полоса пропускания фильтра по уровню 0.707 или 3 дБ; коэффициент прямоугольности. Граничные частоты полосы пропускания и коэффициент прямоугольности моста Вина.</p> <p>Понятие об идеальной избирательной цепи (идеальном ФНЧ, ПФ). Понятие об идеальном заграждающем (ЗФ, режекторном) фильтре. Полоса заграждения.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Методика расчёта и особенности частотных характеристик цепей лестничного типа.</p>	2
4 семестр		
	4. Резонансные явления в электрических цепях	4
19	<p>Колебательный контур. Собственные колебания в идеальном контуре и их частота. Потери в контуре. Вынужденный режим работы контура. Классификация колебательных контуров по способу включения источника энергии: последовательный и параллельный. Понятие и критерии резонанса; условия его проявления.</p> <p>Резонанс напряжений в последовательном контуре. Резонансная частота, характеристическое и резонансное сопротивление, добротность. Входные и передаточные частотные характеристики контура. Энергетические соотношения в контуре при резонансе. Влияние внутреннего сопротивления источника и сопротивления нагрузки на характеристики контура.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Векторные диаграммы тока и напряжения на элементах последовательного контура при разных соотношениях частоты воздействия и резонансной частоты.</p>	2
20	<p>Обобщенная расстройка, уравнение резонансной кривой колебательного контура. Полоса пропускания и избирательность контура. Коэффициент прямоугольности АЧХ контура.</p> <p>Резонанс токов в параллельном контуре. Входные и передаточные частотные характеристики параллельного контура. Влияние внутреннего сопротивления источника и сопротивления нагрузки на резонансные свойства контура. Контур с неполным включением: коэффициент включения, резонансное сопротивление.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Векторные диаграммы напряжения и токов в элементах параллельного контура при разных соотноше-</p>	2

	ниях частоты воздействия и резонансной частоты.	
	5. Переходные процессы в линейных цепях. Методы анализа	10
21	<p>Понятие об установившихся и переходных процессах в цепях. Природа переходных процессов. Понятие коммутации. Принцип непрерывности изменения энергии электрического и магнитного полей. Законы коммутации. Зависимые и независимые начальные условия. Порядок линейной электрической цепи.</p> <p>Классический метод анализа переходных процессов в линейной цепи, вызванных негармоническим воздействием: дифференциальное уравнение цепи и методика его решения; свободная и вынужденная составляющие переходного процесса; характеристическое уравнение цепи; определение постоянных интегрирования.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Повторение раздела "Линейные дифференциальные уравнения" дисциплины "Математика".</p>	2
22	<p>Свободные процессы в RC-цепи первого порядка. Дифференциальное и характеристическое уравнения. Экспоненциально затухающий характер свободного процесса и оценка его продолжительности. Постоянная времени RC-цепи.</p> <p>Свободные процессы в цепи второго порядка – одиночном колебательном контуре. Дифференциальное и характеристическое уравнение контура. Аперриодический, критический и колебательный характер протекания свободных процессов. Оценка характера переходных процессов по корням характеристического уравнения. Аналитическое описание свободного процесса при разных характерах его протекания. Постоянная времени контура и ее связь с частотной полосой пропускания. Влияние потерь на характер и продолжительность свободного процесса. Параметры, характеризующие затухание колебательного свободного процесса.</p>	2
23	<p>Прямое и обратное преобразования Лапласа. Изображение колебания по Лапласу и условия его существования. Оригинал. Основные свойства преобразования Лапласа.</p> <p>Изображения типовых негармонических воздействий. Применение теоремы разложения для отыскания оригинала по изображению.</p> <p>Изображения напряжений и токов и соотношения между ними в R, L и C при нулевых и ненулевых начальных условиях. Операторные схемы замещения R, L и C. Закон Ома и Кирхгофа в операторной форме. Схема применения операторного метода для определения реакции линейной цепи на негармоническое воздействие.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Составление рабочей таблицы соответствия оригиналов и изображений колебаний по Лапласу.</p>	2
24	<p>Анализ типовых переходных процессов на основе операторного метода: заряда емкости через резистивный делитель напряжения, перезаряда емкости, вызванного отключением нагрузки в виде активного сопротивления на выходе RC-цепи, питаемой от источни-</p>	2

	<p>ка постоянного напряжения.</p> <p>Анализ переходных процессов, возникающих при включении в RC-цепь источника гармонического напряжения, при включении в простой колебательный контур с потерями источника постоянного напряжения (или тока).</p>	
25	<p>Временные характеристики линейной цепи: переходная и импульсная. Связь изображений временных характеристик с операторным и комплексным коэффициентами передачи цепи. Связь импульсной и переходной характеристики.</p> <p>Применение интеграла Дюамеля для анализа линейной электрической цепи на произвольное воздействие (временной метод анализа цепей). Формы записи интеграла Дюамеля. Методика применения интеграла Дюамеля при описании входного воздействия двумя и более функциями.</p>	2
6. Частотные спектры колебаний. Спектральный метод анализа цепей		8
26	<p>Классификация негармонических колебаний. Периодические колебания и их представление рядами Фурье (разложение на гармонические составляющие – гармоники). Гармоническая и комплексная формы ряда Фурье. Расчет коэффициентов рядов Фурье в гармонической и комплексной форме.</p> <p>Комплексный и гармонический спектры амплитуд и фаз периодических колебаний. Связь между ними. Общие свойства спектров периодических колебаний.</p>	2
27	<p>Гармонический спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов произвольной скважности. Огибающая спектра амплитуд. Частоты нулей огибающей амплитуд. Особенности гармонического спектра меандра.</p> <p>Распределение мощности в спектре периодического колебания. Понятие практической ширины спектра колебания и критерии ее оценки: энергетический, по заданному уровню от амплитуды первой гармоники, по частоте нуля огибающей. Связь практической ширины спектра колебания и его длительности.</p> <p>Синтез колебания по его спектру. Влияние низших и высших гармоник на форму колебания. Синтез меандра.</p>	2
28	<p>Интегральное представление непериодических процессов. Прямое и обратное преобразования Фурье. Комплексная спектральная плотность непериодического процесса. Спектральная плотность амплитуд непериодического процесса, ее свойства.</p> <p>Связь между спектрами одиночного импульса и его периодической последовательности.</p> <p>Основные свойства преобразования Фурье (теоремы о спектрах).</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Спектр одиночного прямоугольного импульса. Теоремы о спектрах.</p>	2

29	<p>Спектральный (частотный) метод анализа линейных электрических цепей при негармонических воздействиях.</p> <p>Понятие о неискажающей цепи. АЧХ и ФЧХ неискажающей цепи. О физической нереализуемости неискажающей цепи. Условия физической реализуемости цепи.</p> <p>Дифференцирующая и интегрирующая цепи. АЧХ и ФЧХ дифференцирующей и интегрирующей цепи. Условия физической реализуемости. Условие качественного дифференцирования (интегрирования) колебаний RC-цепью.</p>	2
7. Линейные четырехполюсники и фильтры		6
30	<p>Четырехполюсники и их классификация. Линейные четырехполюсники. Основные уравнения и системы первичных параметров линейных четырехполюсников. Физический смысл, методика экспериментального и аналитического определения первичных параметров четырехполюсника. Связь между различными системами параметров четырехполюсника.</p> <p>Схемы замещения пассивных и активных (необратимых) линейных четырехполюсников.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Составление на основе учебной литературы таблицы соответствия между различными системами параметров линейного четырехполюсника.</p>	2
31	<p>Соединения линейных четырехполюсников: последовательное, параллельное, каскадное, последовательно-параллельное, параллельно-последовательное. Расчет первичных параметров составных четырехполюсников.</p> <p>Вторичные (характеристические) параметры четырехполюсника. Характеристическое сопротивление. Согласование четырехполюсника по выходу. Характеристическая постоянная (мера) передачи. Собственное ослабление (затухание) и коэффициент фазы (фазовая постоянная).</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Рабочие частотные характеристики, рабочее и вносимое ослабление четырехполюсника.</p>	2
32	<p>Понятие электрического фильтра. Постановка задачи синтеза фильтра. Принцип физической реализуемости линейной цепи. Методика синтеза фильтра по заданной АЧХ. Функция фильтрации. Полиномиальные фильтры нижних частот с аппроксимацией АЧХ. Реализация полиномиальных фильтров на основе пассивных лестничных LC-цепей. Низкочастотный фильтр-прототип как основа для получения ФВЧ, ПФ и ЗФ путем преобразования частоты.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Анализ ФНЧ Баттерворта, Чебышева и Золотарева. Реализация полиномиальных фильтров каскадным включением типовых цепей первого и второго порядков.</p>	2

8. Цепи с распределёнными параметрами		8
33	<p>Основные понятия теории цепей с распределёнными параметрами: длинная линия, погонные параметры. Дифференциальные (телеграфные) уравнения однородной длинной линии. Начальные и граничные условия.</p> <p>Решение дифференциальных уравнений длинной линии при гармоническом воздействии. Падающая и отраженные волны в длинной линии.</p>	2
34	<p>Коэффициент отражения в длинной линии. Линия без отражения. Уравнения линии в гиперболической форме. Вторичные параметры длинной линии. Волновое сопротивление. Постоянная распространения (затухания), фазовая скорость.</p> <p>Линия без искажений и ее вторичные параметры. Линия без потерь и ее вторичные параметры.</p>	2
35	<p>Распределение тока и напряжения по длине линии. Режим бегущих волн в длинной линии. Линия, нагруженная на сопротивление, равное волновому. Режим стоячих волн в длинной линии. Положение узлов и пучностей тока и напряжения при коротком замыкании на выходе и разомкнутом выходе линии. Режим смешанных волн в длинной линии. Коэффициент стоячей волны.</p> <p>Входное комплексное сопротивление короткозамкнутых и разомкнутых на конце отрезков длинной линии.</p>	2
36	<p>Распределение тока и напряжения по длине линии при чисто реактивной и произвольной нагрузке.</p> <p>Свойства отрезков линии, нагруженных произвольным сопротивлением. Согласование линии с нагрузкой.</p> <p>Общие сведения о методике анализа переходных процессов в однородной линии.</p> <p><i>Самостоятельное изучение.</i> Понятие о круговой диаграмме полных сопротивлений нагруженной линии; практическое использование круговой диаграммы.</p>	2
Итого часов		72

4.2 Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем, часов	В т.ч. в интеракт. форме	Виды контроля
3 семестр		36	18	
1. Основные понятия и законы теории электрических цепей				
2	Постоянные токи и напряжения в простых резистивных цепях (часть 1)	4	4	отчёт
4	Постоянные токи и напряжения в простых резистивных цепях (часть 2)	4		отчёт
2. Линейные электрические цепи при гармонических воздействиях				
6	Гармоническое напряжение и ток в элементах цепи R, L, C и их последовательном соединении (часть 1)	4	4	отчёт
8	Гармоническое напряжение и ток в элементах цепи R, L, C и их последовательном соединении (часть 2)	4		отчёт
10	Принцип наложения и теорема об эквивалентном источнике (часть 1)	4	4	отчёт
12	Принцип наложения и теорема об эквивалентном источнике (часть 2)	4		отчёт
3. Частотные характеристики линейных электрических цепей				
14	Частотные характеристики линейных цепей (часть 1)	4	4	отчёт
16	Частотные характеристики линейных цепей (часть 2)	4	2	отчёт
18	Частотные характеристики линейных цепей (часть 3)	4		отчёт
4 семестр		36	9	
4. Резонансные явления в электрических цепях				
23	Вынужденные колебания в последовательном контуре	4	2	отчёт
25	Вынужденные колебания в параллельном контуре	4		отчёт
5. Переходные процессы в линейных цепях. Методы анализа				
27	Свободные процессы в линейных цепях	4	2	отчёт
29	Переходные процессы в линейных цепях	4		отчёт

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем, часов	В т.ч. в интеракт. форме	Виды контроля
31	Временные характеристики линейных цепей	4		отчёт
6. Частотные спектры колебаний. Спектральный метод анализа цепей				
33	Частотные спектры типовых периодических процессов	4	3	отчёт
35	Дифференцирующие и интегрирующие цепи	4		отчёт
7. Линейные четырехполюсники и фильтры				
37	Линейные четырехполюсники и их соединения	4		отчёт
39	Синтез и анализ фильтров с заданной амплитудно-частотной характеристикой	4	2	отчёт
Итого часов		72	27	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
3 семестр		зачёт	54
1	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
2	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
3	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
4	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
5	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
6	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
7	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
8	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
9	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
10	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
11	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
12	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
13	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0
14	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	2,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	2,0

37	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	1,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	1,0
	Выполнение курсовой работы	черновик 5-го этапа	1,0
38	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	1,5
	Выполнение курсовой работы	6 этап, самоконтроль	1,5
39	Подготовка к лабораторной работе	отчёт, защита	1,0
	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	1,0
	Выполнение курсовой работы	6 этап, самоконтроль	1,0
40	Работа с конспектом лекций, с учебником	самоконтроль	1,5
	Выполнение курсовой работы	чистовой вариант работы	1,5

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины предполагает изучение студентами основ теории электрических цепей, проверку понимания теории путём решения типовых задач, соответствующих пройденному материалу, а также выполнение лабораторных работ, позволяющих в деталях проанализировать свойства и особенности электрических цепей, встречающихся в радиотехнической практике. Для обретения требуемых ФГОС компетенций каждому студенту необходимо самостоятельно решить не менее двух практических задач по каждому разделу дисциплины, рассчитать домашние задания к лабораторным исследованиям, с использованием компьютерной техники провести виртуальные эксперименты, проанализировать и обсудить их итоги в малых исследовательских группах и защитить полученные результаты перед преподавателем. Состав исследовательских групп и выполняемые ими варианты лабораторных исследований согласуются с преподавателем на начальном этапе освоения дисциплины. Студентам, заинтересованным в получении высококачественной подготовки необходимо расширять представленный выше минимум самостоятельным изучением рекомендованной учебной литературы и проработкой дополнительного круга расчетных задач по индивидуальному согласованию с преподавателем.

4.5 Курсовая работа

Курсовая работа выполняется по теме **"Исследование гармонических колебаний в линейных электрических цепях"**.

Цели и задачи курсовой работы состоят:

- в приобретении практических навыков анализа линейных электрических цепей методом комплексных амплитуд;
- в освоении методики аналитического и численного расчета частотных характеристик линейных цепей;
- в выработке навыков имитационного и экспериментального исследования процессов в линейных цепях.

Выполняется по индивидуальным вариантам технического задания и включает в себя элементы научного исследования.

5. Образовательные технологии

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:	
5.1	Информационные лекции
5.2	Лабораторные работы: 1) работа в команде (ИФ) — совместное обсуждение теоретических вопросов, домашних заданий, объема и содержания экспериментальных исследований; 2) проблемное обучение (ИФ) — стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной технической задачи; 3) выполнение лабораторных работ, в том числе с использованием имитационного моделирования на персональных компьютерах; 4) защита выполненных работ.
5.3	Самостоятельная работа: 1) изучение теоретического материала; 2) подготовка к лекциям и лабораторным занятиям; 3) выполнение домашних письменных контрольных работ; 3) поэтапное выполнение курсовой работы.
5.4	Консультации по всем вопросам учебной программы

Активные / интерактивные формы обучения на практических и лабораторных занятиях

Тема занятия	Вид занятия	Консультация, тьюторство	Диалог с ПК	Работа в команде	Проблемное обучение
Постоянные токи и напряжения в простых резистивных цепях	лабораторное	+	+	+	
Гармоническое напряжение и ток в элементах цепи R, L, C и их последовательном соединении	лабораторное	+	+	+	
Принцип наложения и теорема об эквивалентном источнике	лабораторное	+		+	+
Частотные характеристики линейных цепей	лабораторное	+	+	+	+
Вынужденные колебания в последовательном контуре	лабораторное	+		+	+
Свободные процессы в линейных цепях	лабораторное	+		+	+
Частотные спектры типовых периодических процессов	лабораторное	+	+	+	+
Синтез и анализ фильтров с заданной амплитудно-частотной характеристикой	лабораторное	+	+	+	+

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1	Индивидуализированные задания для лабораторных работ, защита результатов выполнения лабораторных работ.
6.2	Индивидуализированные задания для домашних письменных контрольных работ.
6.2	Вопросы к зачёту, билеты к экзамену. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Раздел дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
3 семестр				
Основные понятия и законы теории электрических цепей	Основные понятия и законы теории электрических цепей	—	самоконтроль	1,3 недели
		защита лаб. раб.	устный	2,4 недели
Линейные электрические цепи при гармонических воздействиях	Соотношения между гармоническими токами и напряжениями в линейных цепях	дом. контр. работа	письменный	9 неделя
		защита лаб. раб.	устный	6,8,10 и 12 недели
Частотные характеристики линейных электрических цепей	Способность к расчету АЧХ и ФЧХ цепей	дом. контр. работа	письменный	15 неделя
		защита лаб. раб.	устный	14,16 и 18 недели
4 семестр				
Резонансные явления в электрических цепях	Резонансные явления в электрических цепях и их применения	—	самоконтроль	23, 24 неделя
		защита лаб. раб.	устный	23-25 недели
Переходные процессы в линейных цепях. Методы анализа	Анализ переходных процессов в типовых линейных цепях	—	самоконтроль	25-29 недели
		защита лаб. раб.	устный	27, 29 и 31 недели
Частотные спектры колебаний. Спектральный метод анализа цепей	Способность к анализу спектров колебаний и применению спектрального метода анализа	—	самоконтроль	30-33 недели
		защита лаб. раб.	устный	33 и 35 недели
Линейные четырехполюсники и фильтры	Первичные параметры и соединения четырехполюсников	—	самоконтроль	34-36 недели
		защита лаб. раб.	устный	37 и 39 недели
Цепи с распределёнными параметрами	Параметры и режимы работы длинной линии	—	самоконтроль	37-40 недели

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы и вид издания	Обеспеченность
7.1.1 Основная литература				
7.1.1.1	Новиков Ю.Н.	Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань	2011, печатн.	0,25
7.1.1.2	Атабеков Г.И.	Основы теории цепей: учебник. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Лань	2009, печатн.	0,25
7.1.2 Дополнительная литература				
7.1.2.1	Попов В.П.	Основы теории цепей. – СПб.: Высшая школа	2003, печатн.	0,5
7.1.2.2	Останков А.В.	Задачник по дисциплине "Основы теории цепей": учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"	2015, электрон.	1,0
7.1.2.3	Литвиненко В.П.	Основы электротехники: учеб. пособие. Ч. 1: Цепи постоянного тока, линейные цепи при гармонических воздействиях. – Воронеж: ВГТУ	2005, электрон.	1,0
7.1.2.4	Литвиненко В.П.	Основы электротехники: учеб. пособие. Ч. 2: Частотно- селективные цепи. Спектральный анализ сигналов. – Воронеж: ГОУ ВПО "ВГТУ"	2007, печатн.	0,3
7.1.2.5	Литвиненко В.П.	Основы электротехники: учеб. пособие. Ч. 3: Переходные процессы в линейных электрических цепях. Нелинейные цепи. – Воронеж: ГОУ ВПО "ВГТУ"	2008, печатн.	0,3
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Останков А.В.	Методические указания к курсовой работе по дисциплине "Основы теории цепей" для студентов специальности "Радиотехнические системы и комплексы", специализации "Радиоэлектронные системы передачи информации" очной формы обучения	2013, электрон. №26-1013	1,0

7.1.3.2	Останков А.В.	Методические указания к лабораторным работам № 5 - 9 по дисциплине "Основы теории цепей" для студентов специальности "Радиоэлектронные системы и комплексы", специализации "Радиоэлектронные системы передачи информации" очной формы обучения	2013, электрон. №230- 2013	1,0
7.1.3.3	Останков А.В.	Методические указания к лабораторным работам № 10 - 13 по дисциплине "Основы теории цепей" для студентов специальности "Радиоэлектронные системы и комплексы" очной формы обучения	2014, электрон. №195- 2014	1,0

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лаборатория кафедры радиотехники «Основы теории цепей» с лабораторным оборудованием, компьютерный класс кафедры радиотехники.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2018	
2	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2019	
3	<p>Актуализирован раздел 8 в части учебно-методического обеспечения дисциплины;</p> <p>в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем;</p> <p>Актуализирован раздел 9 в части материально-технической базы необходимой для проведения образовательного процесса.</p>	30.08.2020	