

**Методические указания  
по изучению дисциплины  
«Радиотехнические цепи  
и сигналы часть 1»  
для студентов групп  
РССО-1,2,3-17  
и  
РРБО-1,2-17**

## Литература

### Основная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов / О. А. Стеценко. — М.: Высш. шк., 2007.
2. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для студентов радиотехн. спец. вузов / И. С. Гоноровский. — М.: Дрофа, 2006.
3. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для студентов радиотехн. спец. вузов / И. С. Гоноровский. — М.: Радио и связь, 1986.
4. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов / С. И. Баскаков. — М.: Высш. шк., 2000.

### Дополнительная литература

5. Теория радиотехнических цепей / Н. В. Зернов, В. Г. Карпов. — Л.: Энергия, 1972. — 816 с.: ил. — Библиогр.: с. 804 (15 назв.)
6. Сигналы. Теоретическая радиотехника: Справ. пособие / А. Н. Денисенко. — М.: Горячая линия - Телеком, 2005. — 704 с.
7. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. — М.: Наука, 1998. — 608 с.

### Пособия и методические указания

8. Исаков В.Н. Радиотехнические цепи и сигналы часть 1: методические указания по выполнению лабораторных работ. – М.: МИРЭА, 2019.
9. Исаков В.Н. Радиотехнические цепи и сигналы: методические указания по выполнению курсовой работы. – М.: МИРЭА, 2019.

## Календарный план занятий

Неделя	Лекция	Практические занятия	
		РРБО-1-17 РССО-1-17 РССО-2-17	РРБО-2-17 РССО-3-17
1	06.09 <u>Понятие сигнала.</u> <u>Детерминированные сигналы.</u>	02.09; 06.09 <u>Пространство</u> <u>сигналов.</u> <u>Обобщённый</u> <u>спектральный</u> <u>анализ сигналов</u>	06.09 <u>Пространство</u> <u>сигналов.</u> <u>Обобщённый</u> <u>спектральный</u> <u>анализ сигналов</u>
2	13.09 <u>Спектральный анализ</u> <u>периодических сигналов</u>	09.09; 13.09 <u>Детерминированные</u> <u>сигналы и их</u> <u>математическое</u> <u>описание</u>	13.09 <u>Детерминированные</u> <u>сигналы и их</u> <u>математическое</u> <u>описание</u>
3	20.09 <u>Спектральный анализ</u> <u>непериодических сигналов</u>	16.09; 20.09 <u>Спектральный</u> <u>анализ</u> <u>периодических</u> <u>сигналов</u>	20.09 <u>Спектральный</u> <u>анализ сигналов</u>
4	27.09 <u>Свойства преобразования</u> <u>Фурье</u>	23.09; 27.09 <u>Спектральный</u> <u>анализ сигналов</u>	27.09 <u>Свойства</u> <u>преобразования</u> <u>Фурье</u>
5	04.10 <u>Преобразование Лапласа</u>	30.09; 04.10 <u>Свойства</u> <u>преобразования</u> <u>Фурье</u>	04.10 <u>Свойства</u> <u>преобразования</u> <u>Фурье</u> (продолжение)
6	11.10 <u>Корреляционный анализ</u> <u>сигналов</u>	07.10; 11.10 <u>Свойства</u> <u>преобразования</u> <u>Фурье</u> (продолжение)	11.10 <u>Корреляционный</u> <u>анализ сигналов</u>
7	18.10 <u>Радиосигналы</u>	14.10; 18.10 <u>Корреляционный</u> <u>анализ сигналов</u>	18.10 <u>Периодические</u> <u>радиосигналы: АМС</u>
8	25.10 <u>Периодические радиосигналы:</u> <u>АМ,БМ и ОМ</u>	21.10; 25.10 <u>Периодические</u> <u>радиосигналы: АМС</u>	25.10 <u>Периодические</u> <u>радиосигналы: УМС</u>
9	01.11 <u>Периодические</u> <u>радиосигналы: АМ,БМ и ОМ</u>	28.10; 01.11 <u>Периодические</u> <u>радиосигналы: УМС</u>	01.11 <u>Радиосигналы</u>
10	08.11 <u>Линейные радиотехнические</u> <u>цепи</u>	05.11; 08.11 <u>Радиосигналы</u>	08.11 <u>Линейные</u> <u>радиотехнические</u>

			<u>цепи и их основные характеристики</u>
11	15.11 <u>Методы анализа линейных радиотехнических цепей</u>	11.11; 15.11 <u>Линейные радиотехнические цепи и их основные характеристики</u>	15.11 <u>Методы анализа линейных цепей</u>
12	22.11 <u>Характеристики и методы анализа линейных узкополосных цепей</u>	18.11; 22.11 <u>Методы анализа линейных цепей</u>	22.11 <u>Линейные узкополосные цепи второго порядка</u>
13	29.11 <u>Нелинейные радиотехнические цепи</u>	25.11; 29.11 <u>Линейные узкополосные цепи второго порядка</u>	29.11 <u>Методы анализа линейных узкополосных цепей</u>
14	<u>Спектральный состав тока через нелинейный элемент при гармоническом и бигармоническом воздействии</u>	02.12; 06.12 <u>Методы анализа линейных узкополосных цепей</u>	06.12 <u>Методы анализа линейных узкополосных цепей (продолжение)</u>
15	06.12 <u>Нелинейные частотно-избирательные цепи, основные принципы формирования и обработки радиосигналов</u>	09.12; 13.12 <u>Методы анализа линейных узкополосных цепей (продолжение)</u>	13.12 <u>Резонансный усилитель</u>
16	20.12 <u>Нелинейные преобразования сигналов с использованием управляющих воздействий</u>	16.12; 20.12 <u>Резонансный усилитель</u>	20.12 <u>Диодный детектор.</u>

### Самостоятельная работа

Неделя	Тема
16	<u>Автоколебательные цепи</u> <u>Схемы автогенераторов</u>

## Календарный план выполнения курсовой работы

Неделя	Этап выполнения курсовой работы
4	Получить номер своего варианта. Распечатать бланк задания, заполнить его, и сдать на подпись преподавателю. Завести тетрадь – черновик для выполнения курсовой работы.
5	1. Построить математическое описание заданного сигнала. 2. Построить временную диаграмму заданного сигнала для заданного значения параметра $t_1$ .
7 20.10	Полностью выполнить п.1. задания на курсовую работу, оформить и сдать на проверку преподавателю.
8 27.10	Полностью выполнить п.2. задания на курсовую работу, оформить и сдать на проверку преподавателю.
9 03.11	Полностью выполнить п.5. задания на курсовую работу, оформить и сдать на проверку преподавателю.
10 10.11	Полностью выполнить п.3 задания на курсовую работу, оформить и сдать на проверку преподавателю.
11 17.11	Полностью выполнить п.4 задания на курсовую работу, оформить и сдать на проверку преподавателю.
12	Найти характеристики заданной цепи, построить их графики.
13 01.12	Полностью выполнить п.6 курсовой работы и сдать его на проверку преподавателю.
14	Оформить курсовую работу и сдать на проверку преподавателю. Начать подготовку к защите курсовой работы.
15-17	Защитить курсовую работу.

## Лекция №1

### Понятие сигнала. Детерминированные сигналы Подготовка к лекции

Не требуется.

#### Содержание лекции

1. Основная задачи, решаемые РТС. Понятие сигнала: примеры систем передачи и получения информации, информация, понятие сигнала.
2. Классификация сигналов.
3. Математическое описание сигналов.
4. Преобразования запаздывания/опережения сигнала.
5. Изменение масштаба времени.
6. Разрывные функции (Дирака, Хевисайда, знаковая, прямоугольный импульс).
7. Дифференцирование сигналов.
8. Основные характеристики непериодических сигналов (мгновенная мощность, энергия, длительность)

#### Проработка лекции №1

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	Введение, глава 1
6	стр. 8-16
4	1.1-1.2
3	1.1-1.3

#### Практическое занятие №1

### Пространство сигналов. Обобщённый спектральный анализ сигналов

#### Подготовка к лекции

Повторить из курса высшей математики понятие линейного пространства, понятие линейно-независимой системы векторов, понятие базиса, понятие ортогональности векторов, понятие и свойства скалярного произведения, понятие и свойства нормы вектора, неравенства треугольника и Коши-Буняковского.

## Содержание занятия

1. Линейное пространство сигналов.
2. Понятие базиса.
3. Скалярное произведение сигналов.
4. Норма.
5. Пространство сигналов  $L_2$ .
6. Обобщённый ряд Фурье. Обобщённый спектральный анализ сигналов.
7. Равенство Парсеваля.
8. Экстремальное свойство коэффициентов обобщённого ряда Фурье.

## Проработка занятия

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	Глава 2
3	2.1-2.2
4	1.3-1.4

## Лекция №2

### Спектральный анализ периодических сигналов

#### Подготовка к лекции

Повторить из курса математического анализа понятие периодической функции, теорию рядов, теорию рядов Фурье.

#### Содержание лекции

1. Основные характеристики периодических сигналов: математическое выражение, период, частота, скважность, средняя мощность.
2. Гармонический сигнал, влияние параметров на вид графика. Простота анализа линейных систем под гармоническим воздействием: собственные процессы, принцип инвариантности, метод комплексных амплитуд.
3. Ряд Фурье в комплексной форме. Свойства коэффициентов. Понятие спектра.
4. Ряд Фурье в тригонометрической форме.
5. Средняя мощность периодического сигнала и спектр.

## Проработка лекции №2

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	3.1-3.3
3	2.1
4	2.3-2.5

## Практическое занятие №2

### Подготовка к практическому занятию

Повторить лекции №1, практическое занятие №1, лекцию №2.

### Содержание практического занятия

#### 1.1. Детерминированные сигналы и их математическое описание

1. Примеры математического описания сигналов: симметричный треугольный импульс, несимметричный треугольный импульс, пилообразный импульс, меандр.
2. Определить эффективную длительность экспоненциального импульса.

#### 1.2. Пространство сигналов

3. Показать, что пространство сигналов  $L_2$  гильбертово.
4. Показать, что система базисных функций ряда Фурье в комплексной форме ортогональна.
5. Найти среднюю мощность периодического сигнала, представленного рядом Фурье.

#### 1.3. Спектральный анализ периодических сигналов

6. Функция  $\text{sinc}(x)$  и её свойства.
7. Найти спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов в комплексном и тригонометрическом базисе.

### Домашнее задание

1. Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на основе математического



описания, рассмотренного на практическом занятии построить графики симметричного треугольного, несимметричного треугольного, пилообразного импульса и импульса типа «Меандр».

2. Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить графики функций  $\text{sinc}(x)$  и  $|\text{sinc}(x)|$ .

## Лекция №3

### Спектральный анализ непериодических сигналов

#### Подготовка к лекции

Повторить из курса математического анализа понятие определённого интеграла. Повторить из курса математического анализа теорию преобразования Фурье.

#### Содержание лекции

1. Определение интеграла в математике.
2. Преобразование Фурье (переход от ряда Фурье к интегралу). Спектральная плотность, амплитудный и фазовый спектр. Свойство сопряжённой симметрии. Тригонометрический вид обратного преобразования Фурье.
3. Спектральная плотность и её основные свойства. Спектральная плотность симметричных сигналов. Спектральная плотность в нуле. Спектр дельта-функции, представление дельта-функции через обратное преобразование Фурье.
4. Равенство Парсеваля. Энергия сигнала и спектральная плотность.
5. Взаимосвязь между спектрами периодических и непериодических сигналов.
6. Ширина спектра. Эффект Гиббса.

#### Проработка лекции №3

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	3.4-3.5
3	2.6-2.7

## **Практическое занятие**

### **Спектральный анализ периодических сигналов**

1. Основные характеристики периодических сигналов.
2. Гармонический сигнал. Средняя мощность гармонического сигнала.
3. Ряд Фурье в комплексной и тригонометрической форме, взаимосвязь между коэффициентами.
4. Построить временные диаграммы для постоянной составляющей, первой, второй и третьей гармоники периодической последовательности прямоугольных импульсов со скважностью 2.

## **Практическое занятие №3**

### **Спектральный анализ сигналов**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №3.

#### **Содержание практического занятия**

1. Определить спектральную плотность, амплитудный и фазовый спектр прямоугольного импульса. Построить спектральные диаграммы.
2. Определить комплексный, амплитудный и фазовый спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов. Построить спектральные диаграммы.
3. Определить спектр экспоненциального импульса. Построить спектральные диаграммы. Найти ширину спектра.
4. Определить спектр периодической последовательности экспоненциальных импульсов (в комплексном и тригонометрическом базисах). Построить спектральные диаграммы.

#### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере все графики, полученные на практическом занятии:

- график прямоугольного импульса, его амплитудного и фазового спектров;
- график периодической последовательности прямоугольных импульсов, её амплитудного и фазового спектров;
- временные диаграммы из задачи 3;
- временную диаграмму экспоненциального импульса и его амплитудного и фазового спектров;
- временную диаграмму периодической последовательности экспоненциальных импульсов и её амплитудный и фазовый спектры.

## **Лекция №4**

### **Свойства преобразования Фурье**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить из курса математического анализа понятие определённого интеграла, свойства интеграла, а также основные правила интегрирования.

#### **Содержание лекции**

1. Свойство линейности преобразования Фурье.
2. Свойство смещения сигнала. Влияние смещения сигнала на спектр сигнала.
3. Спектральная плотность зеркально-симметричного сигнала.
4. Свойство дифференцирования сигнала.
5. Свойство изменения масштаба времени. Понятие базы сигнала.
6. Смещение спектра сигнала.
7. Теоремы о свёртке.
8. Произведение сигналов.
9. Свойство симметрии преобразования Фурье.

#### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	3.6-3.8

3	2.8-2.12
4	2.3

## **Практическое занятие №4**

### **Свойства преобразования Фурье**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №4.

#### **Содержание практического занятия**

1. Определить спектр сигнала в виде суммы двух симметричных прямоугольных импульсов различной длительности (ступеньки - пьедестал).
2. Амплитудный и фазовый спектр опережающего и запаздывающего прямоугольного импульса.
3. Определить спектр сигнала в виде двух импульсов одинаковой формы, симметрично расположенных относительно оси ординат (одинаковой и разной полярности).
4. Определить спектральную плотность сигнала, состоящего из возрастающего и убывающего экспоненциальных импульсов.
5. Спектральная плотность кодированного сигнала.
6. Спектральная плотность пачки импульсов.

#### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере графики сигналов и их амплитудных и фазовых спектров на основе выражений для них, записанных на практическом занятии при решении соответствующих задач.

## **Лекция №5**

### **Преобразование Лапласа**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить из курса «Теория функций комплексного переменного» материал по преобразованию Лапласа.

## Содержание лекции

1. Прямое и обратное преобразование Лапласа.
2. Свойства преобразования Лапласа.
  - 2.1. Линейность.
  - 2.2. Опережение/запаздывание сигнала.
  - 2.3. Изменение масштаба времени.
  - 2.4. Дифференцирование сигнала.
  - 2.5. Интегрирование сигнала.
  - 2.6. Свёртка сигналов.
  - 2.7. Связь поведения сигнала и изображения в нуле и бесконечности.
3. Преобразование Лапласа и преобразование Фурье
  - 3.1. Класс функций при преобразовании Лапласа и Фурье.
  - 3.2. Переход от изображения к спектральной функции сигнала.
  - 3.3. Пример: спектральная плотность функции Хевисайда. Спектральная плотность сигнум – функции.
  - 3.4. Пример: спектральная плотность  $s(t) = \sigma(t) \cos(\omega_0 t)$ .

## Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	3.9
3	2.14, 2.13
4	2.5, 2.4

## Практическое занятие №5

### Свойства преобразования Фурье (продолжение)

#### Подготовка к практическому занятию

Повторить лекцию №4.

### Содержание практического занятия

1. Определить спектральную плотность симметричного треугольного импульса.
2. Определить спектральную плотность пилообразного импульса.

3. Определить спектральную плотность несимметричного треугольного импульса.
4. Определить спектральную плотность сигнала  $s(t) = \sigma(t)(1 - e^{-\alpha t}) - \sigma(t - t_0)(1 - e^{-\alpha(t-t_0)})$ .
5. Определить базу экспоненциального импульса.
6. Определить спектральную плотность сигнала  $s(t) = \text{sinc}^2(\omega_m t / 2)$ .
7. Определить спектральную плотность сигнала  $s(t) = \text{sinc}(\omega_m t)$
8. Определить спектральную плотность трапецеидального импульса.

### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере графики сигналов и их амплитудных и фазовых спектров на основе выражений для них, записанных на практическом занятии при решении соответствующих задач.

## **Лекция №6**

### **Корреляционный анализ сигналов**

#### **Подготовка к лекции**

Не требуется.

#### **Содержание лекции**

1. Коэффициент корреляции сигналов. Корреляционный различитель сигналов, сравнение сигналов, энергия разностного сигнала, коэффициент корреляции и его свойства (симметрия, связь с энергией сигналов, выражение через спектральные плотности сигналов)
2. ВКФ сигналов. Корреляционный измеритель дальности, ВКФ, свойства ВКФ (перестановка индексов, связь с энергией сигналов, выражение через спектральные плотности сигналов).
3. АКФ и её свойства (симметрия, связь с энергией, выражение через спектральную плотность сигналов, спектральная плотность энергии сигнала)
4. АКФ суммы сигналов.
5. АКФ прямоугольного импульса.

## Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	3.10
3	2.18, 2.19
4	Глава 3

## Практическое занятие №6

### Корреляционный анализ сигналов

#### Подготовка к практическому занятию

Повторить лекцию №6.

#### Содержание практического занятия

### Корреляционный анализ сигналов

1. Определить АКФ экспоненциального импульса (прямой и спектральный метод).
2. Определить АКФ сигнала из 2-х прямоугольных импульсов.
3. Определить АКФ сигнала  $s(t) = e^{-\alpha|t|}$ .
4. ВКФ кодированных сигналов.
5. Определить ВКФ меандра и прямоугольного импульса одинаковой длительности. Пример системы синхронизации с коррелятором.
6. Определить АКФ 7-ми элементного сигнала Баркера.
7. Определить АКФ сигнала из 2-х прямоугольных импульсов разной длительности ( $\tau_{u1} = t_1, \tau_{u2} = 1.5t_1$ ).
8. АКФ пачки импульсов.

### Домашнее задание

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере графики сигналов и их корреляционных функций на основе выражений для них, записанных на практическом занятии при решении соответствующих задач.

## Лекция №7

### Радиосигналы

#### Подготовка к лекции

Повторить лекции №4, №6.

#### Содержание лекции

1. Понятие радиосигнала, радио- и видеосигналы, применение радиосигналов в РТС. Математическое описание радиосигнала. Понятия огибающей, полной и мгновенной фазы, мгновенной частоты, комплексной огибающей. Временная диаграмма радиосигнала. Формирование радиосигналов, модуляция. Простые радиоимпульсы.
2. Спектр радиосигнала. Спектр простого радиоимпульса.
3. Взаимная корреляционная функция радиосигналов. Автокорреляционная функция радиосигнала. Автокорреляционная функция простого радиоимпульса.

#### Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	4.5-4.6
6	Раздел 8
4	5.3

#### Практическое занятие №7

##### Периодические радиосигналы: сигналы с амплитудной модуляцией

##### Подготовка к занятию

Повторить формулы преобразования тригонометрических функций от суммы аргументов, формулы преобразования произведения тригонометрических функций в сумму по справочнику 7.



## **Содержание занятия**

1. Амплитудно-модулированный сигнал (АМС). Математическое описание АМС. Представление огибающей рядом Фурье в тригонометрической форме, коэффициенты модуляции. Спектр АМС. Средняя мощность АМС за период несущего и модулирующего сигнала.
2. Многотональный АМС. Временная диаграмма. Перемодуляция, ограничения на коэффициенты модуляции. Спектр, ширина спектра, средняя мощность
3. Однотональный АМС, его математическое описание, временная диаграмма. Геометрический смысл коэффициента модуляции, его определение по временной диаграмме. Спектр ТАМС, ширина спектра. Определение коэффициента модуляции по спектру. Средняя мощность ТАМС за период и модулирующего и несущего колебания.

## **Лекция №8**

### **Периодические радиосигналы: сигналы с балансной и однополосной модуляцией**

1. Математическое описание, спектр и средняя мощность периодического радиосигнала.
2. Балансная АМ, описание сигнала, его временная диаграмма, спектр, формирование и демодуляция.
3. Однополосная АМ, описание сигнала, спектр, формирование и демодуляция.

## **Практическое занятие №8**

### **Периодические радиосигналы: сигналы с угловой модуляцией**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить из курса «Уравнения математической физики» основные свойства функций Бесселя.

#### **Содержание лекции**

1. Функции Бесселя и их свойства.

2. Сигнал с однотоновой угловой модуляцией. Описание УМС и терминология, девиация частоты и индекс модуляции, средняя мощность сигнала с УМ. Описание однотонового УМС, связь девиации частоты и индекса модуляции, графики мгновенной фазы, частоты и сигнала. Спектр ТУМС при малых и больших индексах модуляции, ширина спектра.

3. Частотная и фазовая модуляция, их сравнительный анализ.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	4.3
6	10.1-10.2
3	3.4-3.6
4	4.2

### **Лекция №9**

#### **Линейные радиотехнические цепи**

##### **Подготовка к лекции**

Повторить основные разделы курса «Основы теории цепей».

##### **Содержание лекции**

1. Понятие линейной цепи. Возможные подходы к определению линейной цепи: линейные элементы, их виды ВАХ, КВХ, ВБАХ, линейное дифференциальное уравнение, принцип суперпозиции. Понятие линейной цепи с постоянными параметрами.
2. Линейный оператор цепи. Временные характеристики цепи. Принцип причинности и физическая реализуемость.
3. Принцип транспозиции. Частотные характеристики цепи.
4. Устойчивость линейных цепей. Структура решения ДУ цепи, устойчивость, условия устойчивости.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
----------	--------

1	7.1-7.2
3	5.3, 5.9, 5.10
4	8.1-8.3

## **Практическое занятие №9**

### **Радиосигналы**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №7, практические занятия №7-8.

#### **Содержание практического занятия**

1. Найти спектр и АКФ прямоугольного радиоимпульса.
2. Найти спектр и АКФ экспоненциального радиоимпульса.
3. Спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов.
4. Спектр периодической последовательности экспоненциальных радиоимпульсов.
5. Построить спектр ТУМС с индексом модуляции 3.
6. Спектр и АКФ прямоугольного ЛЧМ сигнала.

#### **Домашнее задание**

1. Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу численно получить амплитудный и фазовый спектр комплексной огибающей прямоугольного ЛЧМ сигнала, её АКФ, построить их графики для значений базы 10, 50, 100, 500. В той же системе координат построить графики аппроксимирующих функций.
2. Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере графики сигналов, их амплитудных и фазовых спектров, а также их корреляционных функций на основе выражений для них, записанных на практическом занятии при решении соответствующих задач.

## **Лекция №10**

### **Методы анализа линейных радиотехнических цепей**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить основные разделы курса «Основы теории цепей».  
Повторить лекцию №9.

## **Содержание лекции**

1. Постановка задачи анализа линейных цепей
2. Обзор методов анализа:
  - 2.1. Составление и решение дифференциального уравнения цепи.
  - 2.2. Спектральный метод.
  - 2.3. Операторный метод. Передаточная функция цепи
  - 2.4. Метод наложения, формула Дюамеля.
3. Анализ цепей методом наложения.
  - 3.1. Прохождение прямоугольного импульса.
  - 3.2. Реакция цепи на кусочно-постоянный сигнал.
  - 3.3. Реакция цепи на линейно-возрастающее воздействие.
  - 3.4. Реакция ЛЦ на трапециевидный сигнал.
  - 3.5. Реакция ЛЦ на кусочно-линейный сигнал.
4. Некоторые линейные цепи специального вида:
  - 4.1. Идеальная неискажающая цепь.
  - 4.2. Дифференцирующая цепь.
  - 4.3. Интегрирующая цепь.
  - 4.4. Идеальный фильтр нижних частот.
5. Характеристики ЛЦ при последовательном и параллельном соединении звеньев.

## **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	7.3-7.5
3	6.1-6.5
4	8.4-8.5

## **Практическое занятие №10**

**Линейные радиотехнические цепи и их основные  
характеристики**

**Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №10.

## **Содержание практического занятия**

1. Характеристики (КЧХ, АЧХ, ФЧХ, ИХ, ПХ) цепи первого порядка (в общем виде), таблица с графиками.
2. Определить основные характеристики цепи R-L1-L2.
3. Определить характеристики цепи R-C1-C2 или C||R1-R2.
4. Определить характеристики цепи C||R1-R2.

### Домашнее задание

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере графики основных характеристик цепей первого порядка, на основе выражений, полученных в разделе 1 практического занятия.

## Лекция №11

### Характеристики и методы анализа линейных узкополосных цепей

#### Подготовка к лекции

Повторить лекцию №9-10

#### Содержание лекции

1. Понятие узкополосной цепи.
2. Понятие низкочастотного эквивалента
3. Метод низкочастотного эквивалента.
4. Приближённый метод анализа прохождения модулированных сигналов через УПЦ.

#### Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	Глава 8
3	6.6-6.11
4	Глава 9

## Практическое занятие №11

### Методы анализа линейных цепей

#### Подготовка к практическому занятию

Повторить лекцию №9-10.

### **Содержание практического занятия**

1. Реакция линейной цепи первого порядка на прямоугольный импульс. Таблица графиков для разных случаев.
2. Реакция линейной цепи первого порядка на линейно-возрастающее воздействие. Графики для разных случаев.
3. Реакция линейной цепи первого порядка на экспоненциальный импульс. Найти временным и спектральным методом, вычисляя обратное преобразование Фурье с помощью вычетов. При расчёте временным методом ЛЦ представить в виде параллельного соединения неискажающей цепи и ФНЧ.

### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере все графики, которые были изображены на практическом занятии схематично.

## **Лекция №12**

### **Нелинейные радиотехнические цепи**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить материалы курса «Радиоэлектронные приборы», «Электроника» и им подобных.

#### **Содержание лекции**

1. Понятие нелинейной цепи, нелинейные элементы, нелинейный безынерционный элемент, ВАХ, статическое сопротивление, крутизна, рабочий участок, рабочая точка, схема включения НЭ.
2. Определение формы тока через нелинейный элемент.
3. Режимы работы НЭ:
  - 3.1. Линейный режим. Форма тока. Аппроксимация, выражение для аппроксимирующей функции, выражение для сигнала на выходе.
  - 3.2. Режим степенной аппроксимации. Форма тока. Аппроксимация, выражение для аппроксимирующей функции и определение коэффициентов, выражение для сигнала на выходе.

3.3. Режим кусочно-линейной аппроксимации. Форма тока. Аппроксимация, выражение для аппроксимирующей функции, выражение для сигнала на выходе.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	10.1
3	8.1-8.2
4	11.1

### **Практическое занятие №12**

#### **Линейные узкополосные цепи второго порядка**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №11.

#### **Содержание практического занятия**

1. В общем виде ПФ узкополосной цепи второго порядка, ИХ, условия узкополосности, НЧЭ, добротность цепи.
2. Примеры узкополосных цепей второго порядка, коэффициенты ДУ, условия узкополосности, выражения для резонансной частоты, коэффициента затухания, добротности, постоянной времени.

#### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере все графики, которые были изображены на практическом занятии схематично.

### **Лекция №13**

#### **Спектральный состав тока через нелинейный элемент при гармоническом и бигармоническом воздействии**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить лекцию №12.

### **Содержание лекции**

1. Спектр тока через НЭ в линейном режиме при гармоническом воздействии.
2. Спектр тока через НЭ в режиме степенной аппроксимации ВАХ при гармоническом воздействии.
3. Спектр тока через НЭ в режиме КЛА ВАХ при гармоническом воздействии.
4. Спектр тока через НЭ при бигармоническом воздействии.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	10.2-10.3
3	8.3-8.4
4	11.2

### **Практическое занятие №13**

#### **Методы анализа**

#### **линейных узкополосных цепей**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №11.

#### **Содержание практического занятия**

1. Прохождение тонального АМ сигнала через УПЦ. Случай без расстройки и случай с расстройкой.
2. Прохождение сигнала с угловой модуляцией через УПЦ. Случай с расстройкой и без, в общем виде, частный случай для тональной УМ.

#### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере все графики, которые были изображены на практическом занятии схематично.



## Лекция №14

### Нелинейные частотно-избирательные цепи, основные принципы формирования и обработки радиосигналов

#### Подготовка к лекции

Повторить лекции №12-13.

#### Содержание лекции

1. Понятие нелинейной частотно-избирательной цепи. Основные схемы и фильтрующие двухполюсники.
2. Основные виды нелинейных преобразований
  - 2.1. Нелинейное резонансное усиление.
  - 2.2. Умножение частоты.
  - 2.3. Демодуляция (детектирование).
3. Нелинейное преобразование радиосигналов.
  - 3.1. Нелинейное преобразование сигнала с АМ
    - 3.1.1. Режим степенной аппроксимации. Спектр тока, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, квадратичное детектирование.
    - 3.1.2. Режим кусочно-линейной аппроксимации. Спектр тока, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, линейный детектор.
  - 3.2. Нелинейное преобразование сигнала с УМ
    - 3.2.1. Режим степенной аппроксимации. Спектр тока, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, невозможность детектирования.
    - 3.2.2. Режим кусочно-линейной аппроксимации. Спектр тока, нелинейное резонансное усиление, умножение частоты, невозможность детектирования.

#### Проработка лекции

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	10.4-10.5, 11.1-11.3
3	8.5-8.10
4	11.3

## **Практическое занятие №14**

### **Методы анализа линейных узкополосных цепей (продолжение)**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №11.

#### **Содержание практического занятия**

1. Найти реакцию узкополосной цепи на прямоугольный радиоимпульс. Рассмотреть случай без расстройки и с расстройкой.
2. Найти реакцию узкополосной цепи на экспоненциальный радиоимпульс.

#### **Домашнее задание**

Используя любую систему компьютерной математики или собственную программу построить на компьютере все графики, которые были изображены на практическом занятии схематично.

## **Лекция №15**

### **Нелинейные преобразования сигналов с использованием управляющих воздействий**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить лекции №12-14.

#### **Содержание лекции**

1. Получение колебаний комбинационных частот. Смеситель. Состав тока через нелинейный элемент. Внешняя линейность смесителя.
2. Преобразования сигналов на основе смесителя.
  - 2.1. Преобразование частоты
  - 2.2. Синхронное детектирование (некогерентное, когерентное) АМ и ОБП сигналов.
  - 2.3. Фазовый детектор.
  - 2.4. Выделение квадратурных составляющих комплексной огибающей.
3. Амплитудная модуляция. Статическая модуляционная характеристика, аппроксимация линейного участка. Ограничения

на амплитуду модулирующего сигнала и достижимый коэффициент модуляции.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	11.5-11.9
3	8.11-8.13
4	11.5-11.6

### **Практическое занятие №15**

#### **Резонансный усилитель**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №11, практическое занятие №12.

#### **Содержание практического занятия**

1. Резонансный усилитель в линейном режиме. Схема, модель транзистора, КЧХ.
2. КПД резонансного усилителя с идеализированным транзистором в линейном режиме и режиме с отсечкой тока. Проходные и выходные ВАХ, насыщение, диаграммы токов и напряжений.

### **Лекция №16**

#### **Автоколебательные цепи**

#### **Подготовка к лекции**

Повторить лекции №12-14, практическое занятие №13.

#### **Содержание лекции**

1. Понятие автоколебательной цепи
2. Обобщённая структурная схема автогенератора с положительной обратной связью. Схема, обсуждение, о понятие об условиях самовозбуждения, условиях установления стационарного режима, условиях устойчивости.

3. Уравнения для приращений амплитуды и начальной фазы напряжения на входе усилителя.
4. Условия самовозбуждения.
5. Условия установления стационарного режима.
6. Условия устойчивости автоколебательного процесса.
7. Автогенератор с идеализированным усилителем. Схема, зависимость коэффициента усиления от амплитуды сигнала на входе в различных режимах.
8. Режимы самовозбуждения автогенератора.
  - 8.1. Мягкий режим самовозбуждения.
  - 8.2. Жёсткий режим самовозбуждения.

### **Проработка лекции**

Читать и конспектировать:

Источник	Раздел
1	Глава 12
3	Глава 9
4	Глава 14

### **Практическое занятие №16**

#### **Подготовка к практическому занятию**

Повторить лекцию №12-14, 16.

#### **Содержание практического занятия**

##### **1. Схемы автогенераторов**

1. Схема автогенератора с индуктивной обратной связью
2. Трёхточечные схемы автогенераторов.

##### **2. Диодный детектор**

Схема, анализ, временные диаграммы.