

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Тюрин В.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Радиоэлектроника Б1.Б.30

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тюрин В.А.

**Рецензент(ы):**

Шерстюков О.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 631017

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Тюрин В.А. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем, Vladimir.Tiourin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Б3.Б.11 "ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" является приобретение теоретических знаний и экспериментальных навыков в области радиотехнических цепей и сигналов, необходимых для успешного продолжения образования по выбранному профилю.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.Б.30 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 2 курсе, 4 семестр.

Дисциплина Б3.Б.11 "ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" входит в базовую часть профессионального цикла Б3 бакалавров по направлению 011800 Радиофизика и является обязательной для изучения.

Изучение данной дисциплины базируется на подготовке по физике и математике в рамках Государственного стандарта общего образования, дисциплин подготовки бакалавров по направлению 011800 Радиофизика: Б2.Б.3 "Электричество и магнетизм", Б2.Б.6 "Математический анализ", Б2.Б10 "дифференциальные уравнения", Б2.Б5 "Теория функций комплексного переменного". Студент должен обладать входными знаниями перечисленных модулей математического и естественнонаучного цикла Б2, а также навыками экспериментальной работы, приобретенными на физическом практикуме Б2.В.1 по электричеству и магнетизму.

Дисциплина Б3.Б.11 "ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" имеет естественную связь с модулями Б3.В4 - Радиофизика и электроника (спецпрактикум по радиофизике) и Б3.В.6 - Основы радиоэлектроники (практикум).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность овладеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии; ОК-6 - способность добиваться намеченной цели
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные теоретические положения в области использования электромагнитных сигналов для передачи, приема и обработки информации в радиотехнических цепях, методы обработки сигналов, основные принципы, законы построения и функционирования радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами, методы анализа электромагнитных процессов в этих цепях.

2. должен уметь:

ориентироваться в вопросах построения и анализа радиотехнических схем, а также применения современной элементной базы, пользоваться основными методами описания колебательных и волновых процессов в различных средах, методами расчета радиотехнических и электронных систем.

3. должен владеть:

навыками работы с учебной и научной литературой, навыками практической работы с современными радиотехническими устройствами и радиоизмерительными приборами, методами измерений и методами обработки экспериментальных данных.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- к решению задач, связанных с использованием электромагнитных сигналов для передачи, приема и обработки информации в радиотехнических цепях,
- к использованию современных методов обработки сигналов, основных принципов и законов построения и функционирования радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами, методов анализа электромагнитных процессов в этих цепях,
- к эксплуатации современной радиофизической аппаратуры и оборудованию,
- к работе с современными образовательными и информационными технологиями.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 4 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

## Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. ВВЕДЕНИЕ.	4	1	1	0	0	
2.	Тема 2. СИГНАЛЫ.	4	1	2	2	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.	4	1,2	5	3	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. ПАССИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.	4	3,4	5	2	0	Контрольная работа
5.	Тема 5. АКТИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.	4	4	1	2	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ.	4	4,5	6	3	0	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.	4	6,7	6	2	0	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ.	4	7,8	4	2	0	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.	4	8,9	6	2	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	4		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

## Тема 1. ВВЕДЕНИЕ.

*лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Предмет изучения. Основные определения.

## Тема 2. СИГНАЛЫ.

*лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Понятие сигнала. Классификация. Энергетические характеристики сигналов. Импульсный сигнал; идеальный и реальный прямоугольный импульс, периодическая последовательность прямоугольных импульсов, их параметры. Непрерывный сигнал; гармонический сигнал и три формы его представления, параметры. Понятие комплексной амплитуды. Линейные преобразования гармонических сигналов. Модулированные сигналы; амплитудная, фазовая и частотная модуляция.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Энергетические характеристики сигналов.

**Тема 3. ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.**

**лекционное занятие (5 часа(ов)):**

Понятие радиотехнической цепи. Классификация. Идеальные элементы цепи. Реальные элементы цепи. Соединения элементов цепи. Основные законы токопрохождения. Схемы радиотехнической цепи. Дуальные цепи. Динамические уравнения цепи. Линейные стационарные цепи при гармоническом воздействии. Символический метод. Принцип суперпозиции. Комплексное сопротивление. МКА. Комплексные коэффициенты передачи линейной цепи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики. Неискажающая цепь. Реальная цепь.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Цепи постоянного тока. Составление уравнений для линейных цепей с использованием двух законов Кирхгофа. Решение уравнений относительно тока или напряжения для заданного элемента цепи.

**Тема 4. ПАССИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.**

**лекционное занятие (5 часа(ов)):**

Пассивный двухполюсник при гармоническом воздействии. Комплексный коэффициент передачи. Понятие комплексной мощности. Идеальные элементы цепи как двухполюсники; их АЧХ и ФЧХ. Простые RL, RC и LC ? двухполюсники; их АЧХ и ФЧХ. Последовательный колебательный контур. Параллельный колебательный контур. Сложные LC-двухполюсники.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Вывод динамических уравнений для заданной радиоцепи методом узловых потенциалов. Приведение уравнения к канонической форме. Вывод динамических уравнений для заданной радиоцепи методом контурных токов. Приведение уравнения к канонической форме.

**Тема 5. АКТИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Теоремы об эквивалентных генераторах. Согласование генератора с нагрузкой.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Эквивалентные генераторы напряжения и тока. Расчет параметров эквивалентного генератора для активного двухполюсника с заданной принципиальной схемой.

**Тема 6. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Четырехполюсник при гармоническом воздействии, комплексные коэффициенты передачи. Интегрирующая, дифференцирующая цепи и частотно-компенсированный делитель как четырехполюсники. Системы первичных параметров. Вторичные параметры. Уравнения четырехполюсника во вторичных параметрах. Эквивалентные четырехполюсники. Фильтры (элементы классической теории). Условие прозрачности. Характеристики и характеристические параметры фильтра нижних частот типа ?к?.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Линейные четырехполюсники. Вывод формул, связывающих параметры рабочей системы параметров четырехполюсника через параметры заданной системы. Представление частотных характеристик нагруженного четырехполюсника для заданной системы параметров. Расчет H-, Y-, Z-параметров активного четырехполюсника с заданной схемой. Расчет заданных комплексных коэффициентов передачи для нагруженного четырехполюсника с известной принципиальной схемой. Графики АЧХ и ФЧХ.

**Тема 7. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Примеры цепей с распределенными параметрами. Идеальная длинная линия, телеграфные и волновое уравнение. Идеальная линия при гармоническом воздействии. Волновое сопротивление. Комплексный коэффициент отражения. Режимы работы линии. Отрезок линии как четырехполюсник. Трансформирующие свойства отрезка линии. Резонансные явления в отрезках линии.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Длинные линии. Расчет коэффициента стоячей волны (КСВ) в заданном сечении линии для комбинированной нагрузки, содержащей отрезки линий и сосредоточенные R,L,C.

**Тема 8. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные свойства и характеристики нелинейных элементов. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Динамическая характеристика. Нелинейный четырехполюсник при гармоническом воздействии. Режимы малого и большого сигналов. Динамическая нагрузочная прямая.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Безинерционные нелинейные двухполюсники. Графическое построение динамической вольт-амперной характеристики (ВАХ) двухполюсника с заданной принципиальной схемой. Графическое построение отклика для полученной динамической ВАХ. Безинерционные нелинейные четырехполюсники. Графическое определение рабочей точки при заданных входной и выходной характеристиках полевого транзистора и известной нагрузке.

**Тема 9. ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Определение функций включения Хевисайда и дельта-функции Дирака, их свойства. Переходная характеристика цепи, ее числовые параметры. Импульсная характеристика цепи. Связь импульсной и переходной характеристик. Переходная характеристика интегрирующей и дифференцирующей цепей. Динамическое представление сигнала функцией включения, интеграл Дюамеля. Динамическое представление сигнала дельта-функцией. Связь временных и частотных характеристик линейной цепи.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Переходная характеристика линейной радицепи. Эквивалентная схема для получения начальных условий. Расчет переходной характеристики заданной радицепи, содержащей одну емкость или одну индуктивность и любое число сопротивлений. Получить график переходной характеристики.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. СИГНАЛЫ.	4	1	Подготовка домашнего задания по решению задач.	6	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
3.	Тема 3. ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.	4	1,2	Подготовка домашнего задания по решению задач.	8	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
4.	Тема 4. ПАССИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.	4	3,4	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. АКТИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.	4	4	Подготовка домашнего задания по решению задач.	4	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
6.	Тема 6. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ.	4	4,5	Подготовка домашнего задания по решению задач.	8	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
7.	Тема 7. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.	4	6,7	Подготовка домашнего задания по решению задач.	8	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
8.	Тема 8. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ.	4	7,8	Подготовка домашнего задания по решению задач.	4	Устный опрос. Проверка домашнего задания.
9.	Тема 9. ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.	4	8,9	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
	Итого				54	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

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

#### Тема 1. ВВЕДЕНИЕ.

#### Тема 2. СИГНАЛЫ.

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:

1. Какую модель сигнала обозначают термином ?гармонический сигнал?? Практические примеры получения графика гармонического сигнала. 2. В чем состоит признак линейности преобразования? 3. В чем состоит причина появления термина угловая модуляция? 4. Какое содержание вкладывает наука в понятие сигнала? 5. В чем принципиальное отличие аналогового, дискретного, квантованного и цифрового сигналов? 6. Какая модель сигнала является физически реализуемой? 7. В чем принципиальное отличие энергетических характеристик одиночных и периодических сигналов? 8. В чем принципиальное отличие идеального и реального прямоугольных импульсов?

#### Тема 3. ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:



1. В чем суть определения радиотехнической цепи? 2. В чем основа классификации цепей по признаку сосредоточенных и распределенных параметров? 3. Чем вызваны проявления нелинейности при отклонении от нормальных условий эксплуатации цепей? 4. При классификации по признакам линейности и нелинейности, а также стационарности и нестационарности речь идет о параметрах цепи. В чем разница? 5. В чем принципиальное различие понятий идеальный и реальный элемент цепи? Примеры. 6. В чем принципиальное отличие последовательного и параллельного соединений? 7. В чем теоретический смысл законов Кирхгофа? 8. Каково назначение принципиальной и эквивалентной схем? На чем основаны правила построения эквивалентных схем? 9. В чем суть понятия дуальности? 10. Почему возникают искажения формы сигнала при прохождении через реальную линейную цепь?

#### **Тема 4. ПАССИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.**

контрольная работа , примерные вопросы:

1. В каких случаях в качестве комплексного коэффициента передачи двухполюсника используется комплексное сопротивление, а в каких комплексная проводимость? 2. На какой нагрузке выделяется активная мощность и в каком виде? 3. В каких единицах измеряется активная мощность? 4. Чем активная мощность отличается от полной и реактивной? В каких единицах измеряются полная и реактивная мощности? Чем АЧХ реальной катушки индуктивности отличается от АЧХ идеального индуктивного элемента? 5. Почему цепь, содержащая элементы  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $E$  называется последовательным колебательным контуром? 6. Что является комплексным коэффициентом передачи последовательного колебательного контура? 7. В чем суть понятия добротности? 8. Как зависят частотные характеристики последовательного колебательного контура от его добротности? 9. Какое явление наблюдается в последовательном колебательном контуре при совпадении частоты внешнего воздействия с собственной частотой? 10. Каким фильтром является последовательный колебательный контур? 11. Что является комплексным коэффициентом передачи параллельного колебательного контура? 12. Какое явление наблюдается в параллельном колебательном контуре при совпадении частоты внешнего воздействия с собственной частотой? 13. Каким фильтром является параллельный колебательный контур?

#### **Тема 5. АКТИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.**

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:

1. В каких случаях цепь, содержащая источник энергии, моделируется эквивалентным генератором напряжения, в каких ? эквивалентным генератором тока? 2. Как перейти от эквивалентного генератора тока к эквивалентному генератору напряжения? 3. В каком случае в нагрузке выделяется максимальная мощность?

#### **Тема 6. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ.**

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:

1. Получить комплексный коэффициент передачи системы двух связанных колебательных контуров как четырехполюсника. 2. Получить комплексный коэффициент передачи трансформатора как четырехполюсника. 3. Получить комплексный коэффициент передачи последовательного колебательного контура как четырехполюсника. 4. Получить комплексный коэффициент передачи интегрирующей цепи как четырехполюсника. 5. Получить комплексный коэффициент передачи дифференцирующей цепи как четырехполюсника. 6. Получить комплексный коэффициент передачи частотно-компенсированного делителя как четырехполюсника. 7. В чем состоит принцип образования систем первичных параметров? 8. В каких случаях при описании четырехполюсника возникает преимущество той или иной системы? 9. Каков алгоритм вывода условия прозрачности? 10. Какая информация извлекается из условия прозрачности?

#### **Тема 7. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.**

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:

1. В чем отличие коаксиальной линии от ДЛ и ПЛ? 2. Какие процессы описывают телеграфные уравнения? 3. Какие процессы описывает волновое уравнение? 4. Физический смысл общего решения волнового уравнения. 5. Физический смысл общего решения волнового уравнения при гармоническом воздействии. 6. Физический смысл волнового сопротивления. 7. Причина появления отражений в отрезке ДЛ. 8. На чем основан экспериментальный метод определения свойств нагрузки по картине распределения напряжения в ДЛ? 9. Отрезок ДЛ как линия связи. Показать, что отрезок идеальной ДЛ есть неискажающая цепь. 10. Примеры практического применения полуволновых и четвертьволновых трансформаторов сопротивления. 11. В чем просматривается аналогия резонансных систем с сосредоточенными и с распределенными параметрами?

### **Тема 8. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ.**

Устный опрос. Проверка домашнего задания. , примерные вопросы:

1. Что такое нелинейные искажения? Чем нелинейные искажения отличаются от линейных? 2. Как количественно оцениваются нелинейные искажения? 3. Что называется нелинейным элементом? 4. Чем нелинейный элемент цепи отличается от линейного? 5. Показать, что в нелинейной цепи не выполняется принцип суперпозиции. 6. Чем динамическая ВАХ отличается от статической?

### **Тема 9. ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.**

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Какова связь идеального прямоугольного импульса и единичной функции? 2. Чему равна площадь дельта-функции? 3. В чем суть фильтрующего свойства дельта-функции? 4. Какую информацию содержит переходная характеристика цепи? 5. Проиллюстрировать связь временных и частотных характеристик на примере интегрирующей цепи.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Программой дисциплины в рамках балльно-рейтинговой системы предусмотрены следующие виды контроля: контрольные работы - текущий контроль успеваемости и экзамен - итоговый контроль.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ. Приложение 1, стр. 1.

#### **I. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ СИГНАЛОВ.**

1. Общее определение сигнала, электромагнитные сигналы. Математическая модель сигнала как функция времени.
2. Классификация сигналов. Энергетические характеристики сигнала.
3. Идеальный прямоугольный импульс, его энергия. Реальный прямоугольный импульс. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов.
4. Гармонический сигнал, три формы представления. Понятие комплексной амплитуды.
5. Линейные операции над гармоническим сигналом.
6. Модулированные сигналы. Амплитудная, фазовая, частотная модуляция.

#### **II. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.**

Определение радиотехнической цепи. Классификация: цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами, линейные и нелинейные цепи, стационарные цепи.

##### **2.1. ЦЕПИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.**

2.1.1. Идеальные пассивные и активные элементы цепи, определение и характеристики. Реальные элементы цепи.

2.1.2. Параллельное соединение элементов цепи. Узел, ветвь, контур. 1-й закон Кирхгофа. Параллельное соединение элементов цепи, 2-ой закон Кирхгофа.

2.1.3. Схемы радиотехнической цепи: принципиальная электрическая, замещения, эквивалентная, граф.

2.1.4. Динамические уравнения цепи. Дуальные цепи.

2.1.5. Линейные цепи при гармоническом воздействии. Символический метод. Комплексное сопротивление. Метод комплексных амплитуд.

2.1.6. Комплексные коэффициенты передачи линейной цепи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазово-частотная (ФЧХ) характеристики. Неискажающая и реальные цепи.

2.2. ДВУХПОЛЮСНИКИ. Определение, Классификация.

2.2.1. ПАССИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.

2.2.1.1. Пассивный двухполюсник при гармоническом воздействии. Комплексный коэффициент передачи.

2.2.1.2. Понятие комплексной мощности.

2.2.1.3. Идеальные пассивные элементы цепи как двухполюсники; их АЧХ и ФЧХ.

2.2.1.4. Простые RL, RC и LC - двухполюсники; их АЧХ и ФЧХ.

2.2.1.5. Последовательный колебательный контур как двухполюсник, его АЧХ и ФЧХ. Резонанс напряжений. Применение.

2.2.1.6. Параллельный колебательный контур как двухполюсник, его АЧХ и ФЧХ. Резонанс токов. Применение..

2.2.1.7. Сложные LC-двухполюсники. Частичное включение. Трансформация сопротивления.

2.2.2. АКТИВНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ.

Теоремы об эквивалентных генераторах. Согласование генератора с нагрузкой.

2.3. ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ. Определение, классификация.

2.3.1. Четырехполюсник при гармоническом воздействии, комплексные коэффициенты передачи.

2.3.2. Типовые радиотехнические цепи (связанные контуры, трансформатор, последовательный колебательный контур, интегрирующая, дифференцирующая цепи, частотно-компенсированный делитель) как четырехполюсники.

2.3.3. Системы первичных параметров. Вторичные параметры.

2.3.4. Уравнения четырехполюсника в гиперболических функциях. Эквивалентные четырехполюсники.

2.3.5. Фильтры (элементы классической теории). Условие прозрачности.

2.3.6. Характеристики и характеристические параметры фильтра нижних частот типа "к".

2.4. ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ. Определение. Примеры цепей с распределенными параметрами.

2.4.1. Идеальная длинная линия, телеграфные и волновое уравнение

2.4.2. Идеальная линия при гармоническом воздействии. Волновое сопротивление. Комплексный коэффициент отражения.

2.4.3. Режимы работы линии - стоячая, смешанная и бегущая волны.

2.4.4. Отрезок линии как четырехполюсник. Трансформирующие свойства отрезка линии. Резонансные явления в отрезках линии.

III. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ. Определение нелинейной цепи. Примеры нелинейных элементов.

3.1. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Динамическая характеристика.

3.2. Нелинейный четырехполюсник, режим малого и большого сигналов. Динамическая нагрузочная прямая.

IV. ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.

4.1. Определение функции включения Хевисайда и дельта-функции Дирака. Их связь и свойства.

4.2. Переходная и импульсная характеристики цепи, их связь. Переходная характеристика интегрирующей и дифференцирующей цепей.

4.3. Динамическое представление сигнала функцией включения. Интеграл Дюамеля.

4.4. Динамическое представление сигнала дельта-функцией.

4.5. Связь временных и частотных характеристик линейной цепи.

БИЛЕТЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ БЗ.Б.11.

БИЛЕТ ♦ 1

1. Гармонический сигнал. Формы записи. Линейные преобразования гармонического сигнала.
2. Простые RL и RC- двухполюсники. Их АЧХ, ФЧХ.
3. Трансформаторы сопротивления  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ .

БИЛЕТ ♦ 2

1. Идеальный одиночный прямоугольный импульс и периодическая последовательность прямоугольных импульсов. Энергетический уровень этих сигналов.
2. Нелинейный четырехполюсник при гармоническом воздействии.
3. Идеальная длинная линия при гармоническом воздействии. Волновое уравнение.

БИЛЕТ ♦ 3

1. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Динамическая вольт-амперная характеристика.
2. Метод комплексных амплитуд. Условия применения. Понятие комплексного сопротивления и комплексной мощности.
3. Волновое сопротивление длинной линии. Коэффициент отражения.

БИЛЕТ ♦ 4

1. Модулированные сигналы.
2. Последовательный колебательный контур. Характеристики, применение.
3. Режимы работы длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 5

1. Формальная теория четырехполюсников. Первичные параметры.
2. Активные двухполюсники. Теоремы об эквивалентных генераторах тока и напряжения. Согласование генератора с нагрузкой.
3. Отрезок длинной линии как четырехполюсник при гармоническом воздействии.

БИЛЕТ ♦ 6

1. Пассивный линейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Комплексный коэффициент передачи.
2. Четырехполюсник при гармоническом воздействии, комплексные коэффициенты передачи. Дифференцирующая и интегрирующая цепи как четырехполюсники. Их АЧХ, ФЧХ.
3. Идеальная длинная линия, телеграфные и волновые уравнения.

БИЛЕТ ♦ 7

1. Классификация радиочепей. Идеальные и реальные элементы цепи. Соединение элементов. Основные законы токопрохождения.
2. Последовательный колебательный контур.
3. Резонансные явления в отрезке длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 8

1. Длинная линия без потерь. Телеграфные уравнения. Волновое уравнение.
2. RC и RL-двухполюсники. Их АЧХ и ФЧХ.
3. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии.

БИЛЕТ ♦ 9

1. Модулированные сигналы. Амплитудная, фазовая, частотная модуляция.
2. Четырехполюсник при гармоническом воздействии, комплексные коэффициенты передачи. Связанные контуры как четырехполюсник.
3. Динамическая вольт-амперная характеристика нелинейного двухполюсника.

БИЛЕТ ♦ 10

1. Параллельный колебательный контур. Его характеристики и применение.
2. Нелинейный четырехполюсник, динамический режим работы. Нелинейные искажения.
3. Идеальная длинная линия при гармоническом воздействии. Волновое уравнение.

БИЛЕТ ♦ 11

1. Гармонический сигнал. Формы записи.
2. Последовательный колебательный контур как четырехполюсник.
3. Режимы работы длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 12

1. Теоремы об эквивалентных генераторах. Согласование генератора с нагрузкой.
2. Первичные и вторичные параметры четырехполюсника. Уравнения четырехполюсника в гиперболических функциях.
3. Резонансные явления в отрезке длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 13

1. Гармонический сигнал. Линейные преобразования гармонических сигналов
2. Идеальные элементы цепи как двухполюсники. Их АЧХ и ФЧХ. Простой LC двухполюсник.
3. Трансформаторы сопротивлений  $\lambda/2$  и  $\lambda/4$ .

БИЛЕТ ♦ 14

1. Модулированные сигналы.
2. . Условие прозрачности фильтра. Фильтр нижних частот, его характеристики.
3. Идеальная длинная линия без потерь. Волновое уравнение.

БИЛЕТ ♦ 15

1. Гармонический сигнал. Формы его представления. Линейные операции над гармоническим сигналом.
2. Параллельный колебательный контур.
3. Нелинейный четырехполюсник при гармоническом воздействии.

БИЛЕТ ♦ 16

1. Модулированные сигналы.
2. Связанные контуры.
3. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Динамическая ВАХ.

БИЛЕТ ♦ 17

1. Идеальные и реальные элементы линейной цепи. Соединение элементов. Основные законы токопрохождения.
2. Четырехполюсник при гармоническом воздействии. Частотно-компенсированный делитель.
3. Режимы работы длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 18

1. Схема цепи.
2. Длинная линия. Параметры длинной линии. Телеграфные уравнения.
3. Вторичные параметры четырехполюсника. Уравнения четырехполюсника в гиперболических функциях.

БИЛЕТ ♦ 19

1. Одиночный прямоугольный импульс и периодическая последовательность прямоугольных импульсов. Энергетические характеристики.
2. Сложные LC- двухполюсники.
3. Согласованный отрезок длинной линии как четырехполюсник при гармоническом воздействии.

БИЛЕТ ♦ 20

1. Гармонический сигнал. Энергетические характеристики. Линейные преобразования гармонических сигналов.
2. Длинная линия при гармоническом воздействии. Волновое уравнение.
3. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Динамическая ВАХ.

БИЛЕТ ♦ 21

1. Комплексное сопротивление. Понятие комплексной мощности.
2. Простые RL и RC- двухполюсники. Их АЧХ и ФЧХ.
3. Режимы работы длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 22

1. Соединения элементов цепи. Основные законы токопрохождения. Схема цепи.
2. Нелинейный двухполюсник при гармоническом воздействии.
3. Длинная линия без потерь. Телеграфные уравнения.

БИЛЕТ ♦ 23

1. Линейный двухполюсник при гармоническом воздействии. Комплексный коэффициент передачи.
2. Нелинейный четырехполюсник при гармоническом воздействии. Динамический режим работы.
3. Резонансные явления в отрезке длинной линии.

БИЛЕТ ♦ 24

1. Одиночный прямоугольный импульс и периодическая последовательность прямоугольных импульсов. Энергетические характеристики.
2. Режимы работы длинной линии.
3. Параллельный колебательный контур. Влияние сопротивления генератора и нагрузки на его добротность.

БИЛЕТ ♦ 25

1. Модулированные сигналы.
2. Сложный LC- двухполюсник.
3. Волновое сопротивление длинной линии. Коэффициент отражения от нагрузки .

БИЛЕТ ♦ 26

1. Комплексные коэффициенты передачи линейной цепи. Неискажающая и реальная цепи.
2. Идеальная длинная линия. Телеграфные и волновые уравнения.
3. Интегрирующая и дифференцирующая цепи как четырехполюсники.

БИЛЕТ ♦ 27

1. Гармонический сигнал. Формы представления. Линейные преобразования гармонических сигналов.
2. Нелинейный четырехполюсник при гармоническом воздействии.
3. Отрезок длинной линии при гармоническом воздействии, волновое сопротивление.

БИЛЕТ ♦ 28

1. Понятие радиотехнической цепи. Классификация. Идеальные и реальные элементы цепи.
2. Идеальная длинная линия при гармоническом воздействии. Волновое уравнение.
3. Последовательный колебательный контур. Влияние сопротивления генератора и нагрузки на его добротность.

БИЛЕТ ♦ 29

1. Идеальный одиночный импульс и периодическая последовательность прямоугольных импульсов. Энергетические характеристики.
2. Линейный четырехполюсник при гармоническом воздействии. Интегрирующая цепь как четырехполюсник.
3. Биполярный транзистор. Структура, принцип действия, характеристики.

БИЛЕТ ♦ 30

1. Комплексный коэффициент передачи двухполюсника. Идеальные элементы цепи как двухполюсники.
2. Нелинейный четырехполюсник. Динамический режим работы.
3. Режимы работы длинной линии.

## 7.1. Основная литература:

1. Каганов, В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : компьютеризированный курс : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 'Радиотехника' / В. И. Каганов .? 2-е изд., перераб. и доп. ? Москва : ФОРУМ : [ИНФРА-М], 2013 .? 431 с. : ил. ; 25 .? (Высшее образование, Бакалавриат) .? Библиогр.: с. 423-426 (81 назв.). - 12 экз.
2. Манаев, Е. И. Основы радиоэлектроники / Е. И. Манаев .? Изд. 4-е .? Москва : URSS : [ЛИБРОКОМ], 2013 .? 511, [1] с. : ил. ; 22 .? На 4-й с. обл. авт.: Е.И. Манаев д.т.н., проф. ? Библиогр.: с. 498-500 (67 назв.) .? Предм. указ.: с. 502-507 .? ISBN 978-5-397-03192-9 ((в обл.)) . - 22 экз.
3. Никулин В.И. Теория электрических цепей: Учебное пособие / В.И. Никулин. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 240 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-01179-9, 1000 экз.[Электронный ресурс] Сайт ЭБС Знаниум. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=363299> - свободный.
4. Арсеньев Г.Н. Бондаренко В.Н. Чепурнов И.А. Основы теории цепей: Учебное пособие / Г.Н. Арсеньев, В.Н. Бондаренко, И.А. Чепурнов; Под ред. Г.Н. Арсеньева. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 448 с.: ил.; 70x100 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0466-4, 500 экз. [Электронный ресурс] Сайт ЭБС Знаниум. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=224548> - свободный.
5. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы/ Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Изд.: 'Лань' ISBN: 978-5-8114-0368-4, - 2009, 9-е изд. 480 с. [Электронный ресурс] Сайт ЭБС Лань. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/300/> - свободный.
6. Глинченко А.С. Исследование параметров и характеристик полупроводниковых приборов с применением интернет-технологий: учеб. пособие. / Глинченко А.С., Егоров Н.М., Комаров В.А., Сарафанов А.В. - Изд.: 'ДМК Пресс', ISBN: 5-94074-416-8, - 2010, 352 с. [Электронный ресурс] Сайт ЭБС Лань. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/874/> - свободный.
7. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. Изд.: 'Физматлит' ISBN: 978-5-9221-0995-6: 2008, - 488 с. [Электронный ресурс] Сайт ЭБС Лань. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/2244/> - свободный.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Бирюков С.А. Практическая радиоэлектроника/ Бирюков С.А. Васильев В.А. Виноградов Ю.А. Дьяков А.В. Жомов Ю.В., Никитин В.А. - Изд.: 'ДМК Пресс', 5-89818-055-9 ISBN: 2007, - 288 с. [Электронный ресурс] Сайт ЭБС Лань. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/826/> - свободный.
2. Орлова, М.Н. Схемотехника : курс лекций. [Электронный ресурс] / М.Н. Орлова, И.В. Борзых. ? Электрон. дан. ? М. : МИСИС, 2016. ? 83 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/93603> ? Загл. с экрана.
3. Диденко, С.И. Физические основы электроники : полевые приборы : лабораторный практикум. [Электронный ресурс] / С.И. Диденко, В.П. Астахов, Ф.М. Барышников, И.В. Борзых. ? Электрон. дан. ? М. : МИСИС, 2016. ? 56 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/93629> ? Загл. с экрана.
4. Бишоп, О. Электронные схемы и системы. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : ДМК Пресс, 2016. ? 576 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/93262> ? Загл. с экрана.
5. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники. [Электронный ресурс] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2013. ? 560 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5856> ? Загл. с экрана.

6. Комиссаров Ю. А. Бабокин Г. И. Общая электротехника и электроника: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - 2-е изд. ? [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 480 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010416-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487480> ? Загл. с экрана.

7. Марченко А. Л. Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опачий - [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ?М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт) ISBN 978-5-16-009061-0. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=420583> ? Загл. с экрана.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru/>

Популярно о радиоэлектронике. - <http://www.radiokot.ru>

РадиоЛоцман - <http://www.rlocman.ru>

Сайт кафедры радиофизики - <http://radiosys.ksu.ru>

Сайт учебных пособий кафедры радиофизики - <http://student.istamendil.info>

ЭБС Знаниум - <http://znanium.com/>

ЭБС Лань - <http://e.lanbook.com/>

Электроника для всех - <http://www.easyelectronics.ru>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Радиоэлектроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Компьютерный класс ауд. 909, 1107 Инст. физики.

Мультимедийные ауд. 305, 307 Инст. физики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .

Автор(ы):

Тюрин В.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шерстюков О.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.