

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ»**

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Составитель программы: Полетаев  
Александр Сергеевич  
Дата подписания: 19.06.2025

Документ подписан простой электронной  
подписью  
Утвердил и согласовал: Ченский Александр  
Геннадьевич  
Дата подписания: 21.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

## 1.1 Дисциплина «Радиотехнические цепи и сигналы» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции                                                                                                                                                                      | Код индикатора компетенции |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ПКО-1 Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для научного исследования, проектирования и эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем                     | ПКО-1.4                    |
| ПКО-2 Способность проводить поверку, наладку и регулировку оборудования и настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем | ПКО-2.6                    |

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора                                                                                                                                                                         | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКО-1.4        | Знает теоретический материал, формулировки основных понятий и законов. Знает методы анализа и расчета радиотехнических цепей. Умеет применять изученные методы при решении практических задач | <b>Знать</b> теоретический материал, формулировки основных понятий и законов, методы анализа и расчета радиотехнических цепей<br><b>Уметь</b> применять изученные методы при решении практических задач<br><b>Владеть</b> методами расчета параметров радиотехнических цепей и частотно-временных характеристик сигналов                                                                           |
| ПКО-2.6        | Владеет принципами построения и работы сети связи и основных протоколов, используемых в радиосистемах                                                                                         | <b>Знать</b> теоретические основы преобразования сигналов при прохождении через безынерционные радиотехнические цепи<br><b>Уметь</b> выполнять инженерные расчеты параметров линейных и нелинейных радиотехнических цепей<br><b>Владеть</b> принципами построения радиотехнических цепей в приемопередающих радиотехнических устройствах и методами анализа сигналов, используемых в радиосистемах |

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Основы теории цепей», «Электроника»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Статистическая теория радиотехнических систем», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов», «Цифровая обработка сигналов»

### 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

| Вид учебной работы                                              | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |                 |                 |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                                                 | Всего                                                                                                         | Учебный год № 2 | Учебный год № 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины                                   | 252                                                                                                           | 36              | 216             |
| Аудиторные занятия, в том числе:                                | 30                                                                                                            | 2               | 28              |
| лекции                                                          | 10                                                                                                            | 2               | 8               |
| лабораторные работы                                             | 10                                                                                                            | 0               | 10              |
| практические/семинарские занятия                                | 10                                                                                                            | 0               | 10              |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)         | 213                                                                                                           | 34              | 179             |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                           | 9                                                                                                             | 0               | 9               |
| Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине) | , Экзамен                                                                                                     |                 | Экзамен         |

### 4 Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Учебный год № 2

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины                                     | Виды контактной работы |              |    |              |         |              | СРС  |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|----|--------------|---------|--------------|------|--------------|-------------------------------|
|          |                                                                                  | Лекции                 |              | ЛР |              | ПЗ(СЕМ) |              |      |              |                               |
|          |                                                                                  | №                      | Кол.<br>Час. | №  | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                                                                | 3                      | 4            | 5  | 6            | 7       | 8            | 9    | 10           | 11                            |
| 1        | Общие сведения о радиотехнических системах и сигналах. Детерминированные сигналы | 1                      | 2            |    |              |         |              | 1, 2 | 34           | Устный опрос                  |
|          | Промежуточная аттестация                                                         |                        |              |    |              |         |              |      |              |                               |
|          | Всего                                                                            |                        | 2            |    |              |         |              |      | 34           |                               |

##### Учебный год № 3

| № п/п | Наименование раздела и темы | Виды контактной работы |    |         | СРС | Форма текущего |
|-------|-----------------------------|------------------------|----|---------|-----|----------------|
|       |                             | Лекции                 | ЛР | ПЗ(СЕМ) |     |                |

|   | дисциплины                                                                    | № | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. | №             | Кол.<br>Час. | контроля                     |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|---|--------------|------|--------------|------|--------------|---------------|--------------|------------------------------|
| 1 | 2                                                                             | 3 | 4            | 5    | 6            | 7    | 8            | 9             | 10           | 11                           |
| 1 | Спектральный анализ сигналов                                                  | 1 | 2            | 1    | 2            | 1    | 2            | 1, 2, 3, 4, 5 | 44           | Отчет по лабораторной работе |
| 2 | Дискретизация сигналов. Преобразование сигналов в линейных и нелинейных цепях | 2 | 2            | 2, 3 | 4            | 2, 3 | 4            | 1, 2, 3, 4, 5 | 44           | Отчет по лабораторной работе |
| 3 | Модуляция и детектирование сигналов                                           | 3 | 2            | 4    | 2            | 4    | 2            | 1, 2, 3, 4, 5 | 44           | Отчет по лабораторной работе |
| 4 | Прохождение сигналов через параметрические цепи. Автогенераторы               | 4 | 2            | 5    | 2            | 5    | 2            | 1, 2, 3, 4, 5 | 47           | Контрольная работа           |
|   | Промежуточная аттестация                                                      |   |              |      |              |      |              |               | 9            | Экзамен                      |
|   | Всего                                                                         |   | 8            |      | 10           |      | 10           |               | 188          |                              |

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Учебный год № 2

| № | Тема                                                                             | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Общие сведения о радиотехнических системах и сигналах. Детерминированные сигналы | Общие понятия и параметры сигналов и канала радиосвязи. Обобщенная модель системы передачи информации. Первичные и несущие сигналы. Обобщенная структура радиотехнической системы. Классификация радиодиапазонов и их применение в радиотехнических системах. Понятие электрического сигнала, виды сигналов. Аналоговые, дискретные сигналы, квантованные, цифровые сигналы. Случайные и детерминированные сигналы и их применение в радиотехнике. Применение $\delta$ -функции и импульсной характеристики для анализа радиотехнической цепи. Интеграл наложения. Применение функции Хэвисайда и переходной характеристики для анализа радиотехнической цепи. Интеграл Дюамеля. Импульсная характеристика простейшей радиотехнической цепи. Классический метод расчета импульсной характеристики цепи. Прохождение радиосигналов через интегрирующие и дифференцирующие RC-, RL-цепи. |

##### Учебный год № 3

| № | Тема | Краткое содержание |
|---|------|--------------------|
|---|------|--------------------|

|   |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Спектральный анализ сигналов                                                  | <p>Представление радиосигналов в виде разложения по ортогональным базисным функциям. Аналогия с векторным пространством. Скалярное произведение сигналов. Ортогональность сигналов. Система базисных функций. Норма функции. Обобщенный ряд Фурье. Представление периодического сигнала тригонометрическим рядом Фурье. Формула Эйлера. Переход к ряду Фурье в комплексной форме. Амплитудный и фазовый спектры сигнала. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов. Синтезирование сигналов при помощи обратного преобразования Фурье. Эффект Гиббса. Эффект размытия спектра. Применение частотного анализа в радиотехнике. Одиночный (непериодический) сигнал. Предельный переход к интегралу Фурье. Прямое преобразование Фурье, обратное преобразование Фурье. Понятие и физический смысл спектральной плотности сигналов. Спектральная плотность прямоугольного, треугольного, экспоненциального видеоимпульсов, спектр прямоугольного радиоимпульса. Спектр суммы сигналов. Сдвиг сигнала во времени. Изменение масштаба сигнала во времени, длительность сигнала и ширина спектра. Спектр произведения двух функций (теорема о свертке). Спектр производной и первообразной сигнала. Обобщенная теорема Релея.</p> |
| 2 | Дискретизация сигналов. Преобразование сигналов в линейных и нелинейных цепях | <p>Ограничение бесконечного спектра. Идеальный низкочастотный сигнал. Ряд Котельникова. Базисная система ортогональных функций ряда Котельникова. Свойства базисных функций ряда Котельникова. Дискретизация непрерывных сигналов с ограниченным спектром. Теорема Котельникова. Связь длительности сигнала и граничной частоты. Спектр и восстановление дискретизированных сигналов. Прохождение сигналов через линейные радиотехнические цепи. Комплексный коэффициент передачи. Амплитудно-частотная характеристика цепи. Фазо-частотная характеристика цепи и групповая задержка. Классификация и применение фильтров в радиотехнике. Частотные характеристики фильтров. Преобразование формы и спектра сигналов при прохождении через нелинейные безынерционные цепи. Нелинейные искажения сигналов. Методы спектрального анализа колебаний на выходе безынерционного нелинейного элемента. Степенная и кусочно-линейная аппроксимация вольт-амперной</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|   |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                                 | характеристики нелинейных элементов. Понятие угла отсечки. Интеграл Берга.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3 | Модуляция и детектирование сигналов                             | Модуляция сигналов. Функции модуляторов и демодуляторов. Классификация методов модуляции сигналов. Перенос спектра сигналов. Комплексная огибающая сигналов. Универсальный квадратурный модулятор: структура, принцип работы и применение. Универсальный квадратурный детектор. Сигналы с амплитудной модуляцией и их спектры. Балансная, однополосная и полярная амплитудная модуляция. Демодуляция сигналов с амплитудной модуляцией. Амплитудный детектор. Помехоустойчивость методов аналоговой модуляции. Частотная модуляция. Индекс частотной модуляции. Спектр частотно-модулированного сигнала. Фазовая модуляция. Девияция фазы и девияция частоты. Ширина спектра сигнала с угловой модуляцией. Частотный и фазовый детекторы. Помехоустойчивость при угловой модуляции. Цифровые методы модуляции (манипуляция сигналами). Модуляция сигналов с импульсной несущей.                                                                 |
| 4 | Прохождение сигналов через параметрические цепи. Автогенераторы | Резистивные и реактивные параметрические цепи. Преобразование частоты. Структура преобразователя частоты. Средняя мощность в реактивной параметрической цепи. Цепи с обратной связью. Использование отрицательной и положительной обратной связи при создании радиотехнических устройств. Передаточная функция линейной системы с обратной связью. Активные RC-фильтры. Понятие автоколебательной системы. Избирательная цепь. Неустойчивые системы с обратной связью. Условия устойчивости системы с обратной связью. Стационарное значение амплитуды колебаний. Возникновение свободных колебаний в LC – контуре. Принципы работы автогенераторов гармонических колебаний. Режим малого сигнала. Режим большого сигнала. Колебательная характеристика. Устойчивость стационарного режима работы автогенератора. Частота автоколебаний. Неустойчивость частоты. Уравнение баланса фаз. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждения автогенератора. |

### 4.3 Перечень лабораторных работ

Учебный год № 3

| № | Наименование лабораторной работы | Кол-во академических часов |
|---|----------------------------------|----------------------------|
|---|----------------------------------|----------------------------|

|   |                                                                             |   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------|---|
| 1 | Исследование спектров сигналов                                              | 2 |
| 2 | Дискретизация непрерывных сигналов во времени (теорема Котельникова)        | 2 |
| 3 | Преобразование формы и спектра сигналов безынерционным нелинейным элементом | 2 |
| 4 | Исследование помехоустойчивости системы связи при разных видах модуляции    | 2 |
| 5 | Преобразование частоты                                                      | 2 |

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Учебный год № 3

| № | Темы практических (семинарских) занятий                    | Кол-во академических часов |
|---|------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Расчет спектров простых радиотехнических сигналов          | 2                          |
| 2 | Дискретизация и восстановление непрерывных сигналов        | 2                          |
| 3 | Определение частотных характеристик радиотехнических цепей | 2                          |
| 4 | Оценка параметров модулированных сигналов                  | 2                          |
| 5 | Умножение частоты. Перестраиваемые колебательные контуры   | 2                          |

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Учебный год № 2

| № | Вид СРС                                      | Кол-во академических часов |
|---|----------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Подготовка к практическим занятиям           | 14                         |
| 2 | Проработка разделов теоретического материала | 20                         |

##### Учебный год № 3

| № | Вид СРС                                                   | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам | 16                         |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям                        | 32                         |
| 3 | Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам) | 32                         |
| 4 | Подготовка к сдаче и защите отчетов                       | 16                         |
| 5 | Проработка разделов теоретического материала              | 83                         |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мультимедийные технологии подачи лекционного материала, обучающие видеозаписи, групповые дискуссии, решение специальных задач в малых группах, кейс-метод проектирования и решения задач.

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

## **5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям**

Кловский Д. Д. Теория электрической связи: сб. задач и упражнений : учеб. пособие по специальности 23.05 "Автомат. электросвязь", 2306 "Многоканал. электросвязь", 23.07 "Радиосвязь, радиовещание и телевиде" / Д. Д. Кловский, В. А. Шилкин, 1990. - 280 с.

### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:**

Полетаев А. С. Радиотехнические цепи и сигналы : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач [Текст] : учеб. пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков, 2002. - 211 с.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 учебный год 2 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Задание выполняется сначала самостоятельно, а затем в малых группах в течение 5 минут. Затем совместно с преподавателем составляется общий список возможных ответов и решений поставленной задачи.

Пример задания: составить как можно более подробный список всевозможных радиотехнических систем различного назначения, указать значения рабочих частот для каждой системы.

##### **Критерии оценивания.**

Названы все основные радиотехнические системы и стандарты беспроводной спутниковой и наземной радиосвязи и навигации, верно указаны рабочие частоты и сферы применения.

#### **6.1.2 учебный год 3 | Контрольная работа**

##### **Описание процедуры.**

Контрольная работа содержит два вопроса, на которые нужно письменно ответить в течение 6-7 минут.

Пример задания:

1. Как рассчитать спектр периодического сигнала?
2. Изобразите спектр одиночного прямоугольного импульса. Как он изменится при увеличении длительности импульса?
3. От чего зависит огибающая спектра периодически повторяющегося прямоугольного импульса?
4. Как рассчитать спектр кодовой комбинации 10110, повторяющейся с периодом  $T_0$ . В чем идея такого расчета?
5. Изобразите модулированный сигнал (с одним из видов модуляции) при подаче на вход модулятора цифрового сигнала 01101.

6. В чем отличие спектров модулирующих и модулированных сигналов (на примере одного из видов модуляции)?
7. Как изменится спектр модулированного сигнала при изменении несущей частоты на 1кГц?
8. Как изменится спектр амплитуд модулированного сигнала, если вместо периодического модулирующего сигнала подать случайный цифровой сигнал?
9. Назовите основные виды сигналов при их классификации.
10. В чем состоит разница между видеоимпульсом и радиоимпульсом?
11. Как формируется принцип динамического представления сигналов?
12. Каковы основные свойства дельта-функции?
13. Что такое ортонормированный базис сигналов, и что такое разложение произвольного сигнала в обобщенный ряд Фурье по этому базису?
14. Разложение в ряд Фурье периодических сигналов по тригонометрическим и комплексным функциям. Как возникает понятие отрицательной частоты?
15. Какими свойствами обладает спектральная плотность вещественного сигнала?

### **Критерии оценивания.**

Верные и полные ответы на вопросы, демонстрирующие понимание осуществляемых математических операций, физического смысла рассматриваемых явлений.

### **6.1.3 учебный год 3 | Отчет по лабораторной работе**

#### **Описание процедуры.**

Студенты выполняют работы на лабораторных стендах, фиксируют результаты измерений и наблюдений, готовят расчетно-графические материалы и отчет в электронном виде. Защита отчетов происходит в форме индивидуального устного собеседования по теме лабораторной работы.

Пример задания:

1. Моногармонический сигнал.
  - 1.1 Подключить осциллограф к гнезду “1 кГц” стенда. Ручку регулятора выхода сигнала поставить в среднее положение. Зафиксировать в отчёте осциллограмму сигнала и измерить его период по делениям на экране с учётом цены деления (мкс/дел) переключателя развёртки.
  - 1.2 Соединить гнездо “1кГц” со входом ПК, расположенным в нижней части стенда, правее сменного блока. Для этого надо применять специальный кабель (входит в комплект стенда) с разъёмом типа “колокольчик”. Процедура анализа спектра с помощью ПК описана в Приложении. Зафиксируйте в отчёте спектр сигнала, указав там условия эксперимента, амплитуды (в делениях) и точные значения частот спектральных линий (в обозначениях на стенде даны округлённые значения частот).
2. Сложные гармонические сигналы.
  - 2.1 Подавая сигнал от гнезда S1 блока ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ на вход осциллографа, зафиксировать форму S1(t) исследуемого сигнала и его период, а затем – на вход ПК, фиксируя амплитуды и частоты спектра сигнала.
  - 2.2 Повторить п. 2.1. для сигналов S2 и S3.
  - 2.3 Подать сигнал S2 на один из входов сумматора ( ) стенда; на второй его вход – сигнал от гнезда “1кГц”. Наблюдая осциллограмму сигнала на выходе сумматора, плавно увеличивать уровень сигнала “1кГц”, добиваясь заметного изменения формы суммарного сигнала. Для полученного суммарного сигнала зафиксировать осциллограмму (с указанием периода) и его спектр.

3. Бигармонический сигнал состоит из двух гармонических сигналов, частоты которых не обязательно находятся в кратных соотношениях. Такими сигналами в данном случае будут: вышеупомянутый “1кГц” из блока ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ и 1.2кГц от встроенного ЗГ. Оба этих сигнала надо подать на входы сумматора, выставив напряжение каждого из них по 0.5В. Для этого использовать встроенный вольтметр. Подать суммарный сигнал сначала на осциллограф, зафиксировать его форму с указанием периода суммарного сигнала, а затем на вход ПК, зафиксировав его спектр.
4. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов формируется в блоке КОДЕР-1. “Нули” и “единицы” цифрового сигнала задаются пятью тумблерами (b1 b5) со светодиодной индикацией с надписью ПЕРЕДАНО.
- 4.1 Соединить выходные гнезда КОДЕРА-1 со входом осциллографа и ПК.
- 4.2 Набрать в КОДЕРЕ-1 комбинацию 10000 (длительность импульса  $T=512$  мкс, а период –  $17T$ ). Зафиксировать в отчёте форму и спектр сигнала.
- 4.3 Повторить п. 4.2, набрав комбинацию 11000 (длительность импульса  $2T=1024$  мкс, период –  $17T$ ).
- 4.4 Повторить п. 4.2. для комбинации 11110 (длительность импульса  $4T=2048$  мкс, период –  $17T$ ).

### Критерии оценивания.

Выполнены все задания в методических указаниях к лабораторной работе, получены корректные результаты измерений, сформулированы выводы по проделанной работе, даны правильные ответы на контрольные вопросы преподавателя, отчет оформлен с соблюдением всех предъявляемых требований.

## 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

| Индикатор достижения компетенции | Критерии оценивания                                                                                                                                                                      | Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации                                |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ПКО-1.4                          | Ясно, четко и логически последовательно излагает теоретический материал, свободно справляется с задачами, не затрудняется с ответом при формулировке вопроса с помощью других терминов   | Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий |
| ПКО-2.6                          | Владеет техникой расчета амплитудно-частотных и импульсных характеристик различных радиотехнических цепей. Знает современные методы анализа линейных и нелинейных радиотехнических цепей | Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий |

### 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Учебный год 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие курс практических занятий и защитившие все лабораторные работы. Экзамен проходит в устной форме. Студенты вытягивают билеты, в которых содержатся два вопроса и задача. В течение 40 минут осуществляется подготовка студентов, на черновиках студенты делают пометки плана ответа на вопрос, приводят решение задачи. При подготовке ответа запрещается пользоваться учебниками, конспектами лекций, электронными устройствами.

Список вопросов к экзамену:

1. Общие понятия и параметры сигналов и канала радиосвязи. Обобщенная модель системы передачи информации.
2. Первичные и несущие сигналы. Обобщенная структура радиотехнической системы.
3. Классификация радиодиапазонов и их применение в радиотехнических системах.
4. Детерминированные сигналы и их применение в радиотехнике. Способы динамического представления радиосигналов.
5. Применение  $\delta$ -функции и импульсной характеристики для анализа радиотехнической цепи. Интеграл наложения.
6. Применение функции Хэвисайда и переходной характеристики для анализа радиотехнической цепи. Интеграл Дюамеля.
7. Прохождение радиосигналов через интегрирующие и дифференцирующие RC-, RL-цепи.
8. Представление радиосигналов в виде разложения по ортогональным базисным функциям. Аналогия с векторным пространством.
9. Скалярное произведение сигналов. Ортогональность сигналов. Обобщенный ряд Фурье.
10. Спектральный анализ периодических сигналов. Тригонометрический ряд Фурье. Комплексная форма ряда Фурье.
11. Спектральный анализ непериодических сигналов. Понятие спектральной плотности.
12. Спектры сигналов. Применение частотного анализа в радиотехнике.
13. Примеры спектров простых сигналов. Теоремы о спектрах.
14. Синтезирование сигналов при помощи обратного преобразования Фурье. Эффект Гиббса. Эффект размытия спектра.
15. Спектральная плотность энергии. Автокорреляционная функция.
16. Корреляционный анализ сигналов. Применение корреляционного анализа для радиолокации.
17. Применение сигналов сложной формы в системах радиолокации. Сигналы с линейно-частотной модуляцией и коды Баркера.
18. Преобразование сигналов в линейных радиотехнических цепях. Комплексный коэффициент передачи.
19. Классификация и применение фильтров в радиотехнике. Частотные характеристики фильтров.
20. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое преобразование, цифро-аналоговое преобразование.
21. Дискретизация непрерывных сигналов с ограниченным спектром. Теорема Котельникова-Найквиста.
22. Спектр и восстановление дискретизированных сигналов. Ряд Котельникова.

23. Преобразование формы и спектра сигналов при прохождении через нелинейные безынерционные цепи.
24. Нелинейные искажения сигналов. Понятие угла отсечки. Интеграл Берга.
25. Резонансный усилитель. Умножение частоты в нелинейных цепях при помощи резонансного усилителя.
26. Прохождение через нелинейный элемент нескольких гармонических сигналов. Комбинационные частоты.
27. Комплексная огибающая сигналов. Перенос спектра сигналов.
28. Модуляция сигналов. Функции модуляторов и демодуляторов.
29. Универсальный квадратурный модулятор. Структура, принцип работы и применение.
30. Универсальный квадратурный детектор. Структура, принцип работы и применение.
31. Классификация методов модуляции сигналов. Примеры применения в радиотехнике.
32. Аналоговые виды модуляции. Помехоустойчивость методов аналоговой модуляции.
33. Сигналы с амплитудной модуляцией. Балансная, однополосная и полярная амплитудная модуляция.
34. Демодуляция сигналов с амплитудной модуляцией. Амплитудный детектор.
35. Радиосигналы с угловой модуляцией. Понятие мгновенной частоты и фазы.
36. Фазовая модуляция (ФМ) и частотная модуляция (ЧМ). Спектр однотонового ЧМ-колебания при малых и больших значениях индекса модуляции.
37. Резистивные и реактивные параметрические цепи. Преобразование частоты, структура преобразователя частоты.
38. Цепи с обратной связью. Использование отрицательной и положительной обратной связи при создании радиотехнических устройств.
39. Понятие автоколебательной системы. Избирательная цепь. Условия устойчивости системы с обратной связью.
40. Принципы работы автогенераторов гармонических колебаний. Режим большого и малого сигнала.

Примеры задач:

1. Определить комплексный коэффициент передачи RC-цепи.
2. Определить частоту среза, постоянную времени и построить графики АЧХ и ФЧХ интегрирующей RC-цепи при  $R = 10 \text{ кОм}$ ,  $C = 0.1 \text{ нФ}$
3. Определить частоту среза, постоянную времени и построить графики АЧХ и ФЧХ дифференцирующей RC-цепи при  $R = 50 \text{ Ом}$ ,  $C = 15 \text{ пФ}$
4. Аналого-цифровой преобразователь имеет следующие параметры: 192 кГц, 14 бит,  $\pm 10 \text{ В}$ . Оцените количество уровней квантования, шаг квантования, мощность шумов квантования, битрейт выходного потока данных.
5. На рисунке ниже приведен спектр импульсного сигнала прямоугольной формы. Определите:
  - а) Тип сигнала: периодический или непериодический
  - б) Длительность импульса и скважность (в случае периодического сигнала)
6. На рисунке ниже приведен спектр импульсного сигнала прямоугольной формы. Определите:
  - а) Тип сигнала: периодический или непериодический
  - б) Длительность импульса и скважность (в случае периодического сигнала)
7. На рисунке ниже приведена АЧХ фильтра. Определите тип фильтра и его полосу пропускания.

8. На рисунке ниже приведена осциллограмма АМ сигнала. Определите индекс модуляции.
9. Гармоническое колебание частотой 1 МГц модулировано по частоте синусоидальным сигналом 8 кГц. Индекс частотной модуляции равен 2,5. Определите девиацию частоты и оцените ширину спектра.
10. Радиотехническая система с частотной модуляцией имеет несущую частоту 100 МГц, девиацию частоты 40 кГц, а максимальная модулирующая частота равна 15 кГц. Определить индекс частотной модуляции данной системы.
11. Амплитудно-модулированный сигнал описывается функцией  $S(t)=2 \cdot (1+0.75 \cdot \cos 1884t) \cdot \sin(2\pi 10^4 t)$ , В  
Определить: глубину модуляции, частоту модулирующего сигнала, несущую частоту, максимальную величину мгновенного значения амплитуды модулированного сигнала.
12. Определить комплексный коэффициент передачи RL-цепи.
13. Амплитудно-модулированный сигнал описывается функцией  $S(t)=3 \cdot (1+0.4 \cdot \cos 1570t) \cdot \sin(2\pi 10^6 t)$ , В  
Определить: глубину модуляции, частоту модулирующего сигнала, несущую частоту, максимальную величину мгновенного значения амплитуды модулированного сигнала.
14. Аналого-цифровой преобразователь имеет следующие технические параметры: 96 кГц, 10 бит,  $\pm 5$  В. Оцените количество уровней квантования, шаг квантования, мощность шумов квантования, битрейт выходного потока данных.
15. Аналого-цифровой преобразователь имеет следующие технические параметры: 48 кГц, 24 бит,  $\pm 10$  В. Оцените количество уровней квантования, шаг квантования, мощность шумов квантования, битрейт выходного потока данных.
16. Вычислить спектр одиночного экспоненциального импульса  $S(t)$ . Изобразить график экспоненциального импульса и модуля его спектральной плотности.  
 $S(t) = \{U_0 \cdot \exp(-\beta t), \text{при } t \geq 0; 0 \text{ при } t < 0\}$
17. Стереофоническая радиосистема с частотной модуляцией имеет девиацию частоты 75 кГц, а максимальная модулирующая частота равна 15 кГц. Определить индекс модуляции данной системы.
18. Телефонный речевой сигнал имеет полосу частот от 300 до 3400 Гц и используется для модуляции несущей, частота которой равна 120 кГц. Изобразить спектр модулированного сигнала при использовании амплитудной модуляции.
19. Даны два сигнала  $S(t)=\cos(2\omega t)$  и  $S(t)=(\cos(2\omega t))^2$ , которые определены на участке  $t \in [-\pi/\omega; +\pi/\omega]$ . Определить, являются ли данные радиосигналы ортогональными.
20. Даны два сигнала  $S(t)=\cos(\omega t)$  и  $S(t)=(\cos(\omega t))^2$ , которые определены на участке  $t \in [-\pi/\omega; +\pi/\omega]$ . Определить, являются ли данные радиосигналы ортогональными.

#### Пример задания:

Билет №1:

1. Скалярное произведение сигналов. Ортогональность сигналов. Обобщенный ряд Фурье.
2. Преобразование сигналов в линейных радиотехнических цепях. Комплексный коэффициент передачи.
3. Амплитудно-модулированный сигнал описывается функцией  $S(t)=3 \cdot (1+0.4 \cdot \cos 1570t) \cdot \sin(2\pi 10^6 t)$ , В  
Определить: глубину модуляции, частоту модулирующего сигнала, несущую частоту, максимальную величину мгновенного значения амплитуды модулированного сигнала.

#### **6.2.2.1.2 Критерии оценивания**

| <b>Отлично</b>                                                                                                                                                                                          | <b>Хорошо</b>                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Удовлетворительн<br/>о</b>                                                                                                                                                                         | <b>Неудовлетворительно</b>                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Студент уверенно отвечает на два теоретических вопроса. Ориентируется в близких по заданным вопросам темах. Задача решена правильно, решение полное. Общая оценка полноты ответов больше или равна 85%. | Студент правильно отвечает на два теоретических вопроса, но с небольшими неточностями, однако, наводящие вопросы помогают студенту сориентироваться. Задача решена верно или с небольшими замечаниями. Общая оценка полноты ответов от 60 до 85%. | Студент отвечает на два теоретических вопроса с ошибками, путается в обсуждаемых темах, на наводящие вопросы дает неполные ответы. Задача решена частично. Общая оценка полноты ответов от 40 до 60%. | Студент затрудняется с ответом на два теоретических вопроса, не ориентируется в обсуждаемых темах и не может ответить на наводящие вопросы. Задача не решена или решена неправильно. Общая оценка полноты ответов менее 40%. |

## **7 Основная учебная литература**

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Радиотехника" / И. С. Гоноровский, 2006. - 719.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков, 2005. - 462.
3. Полетаев А. С. Радиотехнические цепи и сигналы : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023

## **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Баскаков Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач : учеб. пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков, 2002. - 211.
2. Нефедов В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / В. И. Нефедов, А. С. Сигов, 2024. - 266.
3. Радиотехнические цепи и сигналы : задачи и задания: учеб. пособие для радиотехн. специальностей / В. Я. Баскей [и др.]; под ред. А. Н. Яковлева, 2003. - 347.
4. Стеценко О. А. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов по направлению подготовки "Радиотехника" / О. А. Стеценко, 2007. - 431.
5. Румянцев К. Е. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для СПО / К. Е. Румянцев, П. А. Землянухин, А. И. Окорочков ; ред. К. Е. Румянцев, 2005. - 384.
6. Иванов М. Т. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник по направлению 210400 "Радиотехника" / М. Иванов, А. Сергиенко, В. Ушаков, 2014. - 334.

7. Теория электрической связи : учеб. по специальности " Сети связи и системы коммуникации", "Многоканал. телекоммуникац. системы", " Радиосвязь, радиовещание и телевидение", а также по направлению" Телекоммуникации " / А. Г. Зюко [и др.], 1998. - 432.

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <https://el.istu.edu/course/view.php?id=4178>
2. <http://library.istu.edu/>
3. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Программный комплекс "ТЭС"
2. MATLAB\_поставка 2015
3. Office 2019 Pro Plus
4. Свободно распространяемое программное обеспечение Anaconda Navigator

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Интерактивная система /ActivBoard
2. Моноблок Mitac /USB 2.0 480Gb/s
3. установка по курсу "Теория электрической связи"
4. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
5. осциллограф C1-137
6. осциллограф C1-137
7. осциллограф C1-137
8. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
9. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
10. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
11. осциллограф C1-137
12. Шкаф полузакрытый

13. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
14. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
15. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
16. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
17. установка по курсу "Теория электрической связи"
18. установка "Изучение ИКМ-кодека"
19. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
20. установка "Изучение ИКМ-кодека"
21. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
22. установка "Изучение ИКМ-кодека"
23. установка по курсу "Теория электрической связи"
24. установка "Изучение ИКМ-кодека"
25. установка по курсу "Теория электрической связи"
26. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
27. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
28. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
29. системный блок Celeron 256/80
30. Компьютер Intel 3.2GHz/4Gb/1Tb/DVDRW/Foxconn50DV/Cardreader/NVIDIA 1Gb/ИБП Iron 800/LG W1942/кл/мышь
31. Измерительные приборы MFJ-269
32. Компьютер P4 631/1646Gz/1024/120/3.5"/GF256/DVD-RW/ монитор Samsung940/кл/мышь