Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 14:45:00
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиотехнические цепи и сигналы

Направление подготовки
11.03.01 Радиотехника

Профиль
Интеллектуальная радиоэлектроника и промышленный интернет вещей

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Профессор кафедры АиУ, д.т.н. доцент  / В.Р. Гасияров

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3 Структура и содержание дисциплины 7
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 7
3.2 Тематический план изучения дисциплины 7
3.3 Содержание дисциплины 8
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 10
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 10
4.2 Основная литература 11
4.3 Дополнительная литература 11
4.4 Электронные образовательные ресурсы 11
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 11
5 Материально-техническое обеспечение 12
6 Методические рекомендации 12
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 12
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7 Фонд оценочных средств 13
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 14
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 15
7.3 Оценочные средства 19

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель освоения дисциплины: изучение современной теории радиотехнических сигналов и методов анализа прохождения сигналов через линейные и нелинейные радиотехнические цепи как основы для успешного изучения последующих предметов радиотехнического, схемотехнического и технико-кибернетического циклов.

Задачи дисциплины

- изучение методов математического описания детерминированных сигналов и их характеристик, а также методов анализа прохождения детерминированных сигналов через линейные и нелинейные радиотехнические цепи в сочетании с пониманием физических процессов и явлений;
- изучение методов математического описания случайных сигналов сигналов и их характеристик, а также методов анализа прохождения случайных сигналов через линейные и нелинейные радиотехнические цепи в сочетании с пониманием физических процессов и явлений;
- освоение методов расчета характеристик радиотехнических сигналов и цепей, а также применения методов анализа прохождения сигналов через линейные и нелинейные радиотехнические цепи;
- освоение методов экспериментального исследования характеристик радиотехнических сигналов, а также характеристик и режимов работы радиотехнических цепей.

Обучение по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1 Понимает фундаментальные законы природы; основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки информации; ИОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; ИОПК-1.3 Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач.	**Знать:** - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи; - методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи;

		- математические модели детерминированных сигналов и их характеристики. **Уметь:** - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; **Владеть:** - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИОПК-2.1. Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований; ИОПК-2.2. Выбирает эффективную методику экспериментальных исследований; ИОПК-2.3. Проводит экспериментальные исследования, обрабатывает и представляет полученные данные.	**Знать:** - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов. **Уметь:** - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов;

		- анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов. **Владеть** - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Генерирование и формирование импульсов
Методы и средства измерений
Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств
Прием и обработка сигналов
Производственная практика (проектно-технологическая)
Радиоматериалы и радиокомпоненты
Радиотехнические системы
Радиофизика
САПР радиоэлектронных систем
Устройства СВЧ и антенны
Учебная практика (ознакомительная)
Электродинамика и распространение радиоволн
Электротехника.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**
	В том числе:		
2.1	Подготовка к лабораторным работам	9	9
2.2	Работа с конспектом лекций	9	9
2.3	Выполнение расчетно-графических работ	18	18
2.4	Подготовка к экзамену	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		экзамен
	Итого	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Основы теории детерминированных сигналов**	**28**	**6**	**0**	**4**	**0**	**8**
1.1	Тема 1. Математические модели детерминированных сигналов.		1		2		2
1.2	Тема 2. Спектральный анализ периодических сигналов.		1				2
1.3	Тема 3. Спектральное представление непериодических сигналов.		2		2		2
1.4	Тема 4. Модулированные сигналы		2				2
2	**Раздел 2. Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные радиотехнические цепи**	**24**	**4**	**0**	**2**	**0**	**10**
2.1	Тема 1. Спектральный метод прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи.		2		1		5

2.2	Тема 2. Метод низкочастотных эквивалентов		2		1		5
3	**Раздел 3. Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях**	**28**	**6**	**0**	**4**	**0**	**12**
3.1	Тема 1. Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент		2		2		4
3.2	Тема 2. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.		2		1		4
3.3	Тема 3. Детектирование АМ сигналов.		2		1		4
4	**Раздел 4. Характеристики случайных процессов**	**32**	**10**	**0**	**4**	**0**	**12**
4.1	Тема 1. Случайные процессы и их характеристики		2		1		4
4.2	Тема 2. Корреляционная и взаимно корреляционная функции		4		2		4
4.3	Тема 3. Спектральная плотность мощности (СПМ) случайного процесса		4		1		4
5	**Раздел 5. Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи.**	**32**	**10**	**0**	**4**	**0**	**12**
5.1	Тема 1. Методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи		6		2		6
5.2	Тема 2. Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.		4		2		6
	Итого	**108**	**36**	**0**	**18**	**0**	**54**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основы теории детерминированных сигналов

Тема 1. Математические модели детерминированных сигналов.

Классификация сигналов. Принцип динамического представления сигналов. Элементарные сигналы. Геометрические методы в теории сигналов. Линейное пространство сигналов. Понятие координатного базиса. Норма, энергия и метрика сигналов в нормированном линейном пространстве. Скалярное произведение сигналов. Ортогональные сигналы и обобщенные ряды Фурье.

Тема 2. Спектральный анализ периодических сигналов.

Спектральный анализ периодических сигналов. Ряд Фурье в базисе тригонометрических функций. Комплексная форма ряда Фурье. Расчет амплитуд гармоник. Спектральная диаграмма. Распределение мощности периодического сигнала по спектру.

Тема 3. Спектральное представление непериодических сигналов.

Спектральная плотность и ее свойства. Спектральная плотность неинтегрируемых сигналов. Обобщенная формула Релея. Энергетический спектр, его свойства. Взаимный энергетический спектр.

Тема 4. Модулированные сигналы

Виды модуляции сигналов. Сигналы с амплитудной модуляцией (АМ) и их характеристики. Сигналы с угловой модуляцией. Фазовая модуляция (ФМ) и частотная модуляция (ЧМ). Девиация частоты и индекс угловой модуляции. Спектры сигналов с угловой модуляцией. Практическая ширина спектра. Понятие о сложномодулированных сигналах. Фазоманипулированные сигналы и импульсы с линейной частотной модуляцией, их характеристики. Узкополосные сигналы. Понятие узкополосного сигнала. Физическая огибающая и комплексная огибающая. Аналитический сигнал. Спектр аналитического сигнала и комплексной огибающей.

Раздел 2. Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные радиотехнические цепи

Тема 1. Спектральный метод прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи

Суть спектрального метода. Анализ прохождения амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов через избирательные цепи. Условия неискаженного прохождения модулированных сигналов. Взаимосвязь различных методов анализа прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи, их сравнительная характеристика.

Тема 2. Метод низкочастотных эквивалентов

Анализ прохождения радиосигналов через избирательные цепи методом низкочастотных эквивалентов. Анализ подключения гармонического сигнала к избирательной цепи. Анализ воздействия ВЧ импульсов на избирательные цепи. Анализ воздействия скачка фазы гармонического колебания на резонансную цепь.

Раздел 3. Основы теории детерминированных сигналов

Тема 1. Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент

Понятие нелинейной безынерционной системы. Спектральный состав тока при воздействии гармонического напряжения на нелинейный безынерционный двухполюсник.

Тема 2. Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.

Принцип работы нелинейного резонансного усилителя. Колебательная характеристика. Выбор режима работы резонансного усилителя при усилении АМ сигнала. Умножение частоты. Выбор режима работы.

Тема 3. Детектирование АМ сигналов.

Принцип детектирования АМ сигналов. Коллекторный детектор АМ сигналов. Коэффициент детектирования. Детекторная характеристика. Диодный детектор АМ сигналов. Коэффициент детектирования. Детекторная характеристика. Входное сопротивление диодного детектора. Искажения, возникающие при неправильном выборе параметров нагрузки диодного детектора.

Раздел 4. Характеристики случайных процессов

Тема 1. Случайные процессы и их характеристики

Методы описания случайных процессов. Многомерная плотность вероятности. Моментные функции случайного процесса. Стационарные и эргодические случайные процессы. Методы определения плотности вероятности при нелинейных преобразованиях случайных процессов. Методы экспериментального определения статистических характеристик эргодических случайных процессов.

Тема 2. Корреляционная и взаимно корреляционная функции

Корреляционная (автокорреляционная) функция случайного процесса, её свойства и физический смысл. Время (интервал) корреляции стационарного случайного процесса. Взаимная корреляционная функция случайных процессов.

Тема 3. Спектральная плотность мощности (СПМ) случайного процесса

Спектральная плотность мощности (СПМ) случайных сигналов и её свойства. Теорема Винера-Хинчина. Эффективная ширина спектра. Понятие белого шума и шума с ограниченным спектром.

Раздел 5. Анализ прохождения случайных процессов через линейные цепи.

Тема 1. Методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи

Спектральный метод анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи. Корреляционный метод анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи. Воздействие белого шума на линейную цепь. Эквивалентная шумовая полоса цепи. Собственный шум RC-цепи. Воздействие коррелированного шума на линейную цепь. Плотность вероятности СП на входе линейной цепи.

Тема 2. Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.

Вычисление корреляционной функции при полиномиальном преобразовании случайных процессов. Статистические характеристики сигнала на выходе квадратичного детектора.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Не предусмотрены.

3.4.1 Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1. Математические модели детерминированных сигналов.

Лабораторное занятие 2. Спектральное представление непериодических сигналов.

Лабораторное занятие 3. Анализ прохождения детерминированных сигналов через линейные радиотехнические цепи.

Лабораторное занятие 4. Воздействие гармонического сигнала на нелинейный элемент

Лабораторное занятие 5. Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических цепях.

Лабораторное занятие 6. Случайные процессы и их характеристики

Лабораторное занятие 7. Спектральная плотность мощности (СПМ) случайного процесса

Лабораторное занятие 8. Методы анализа прохождения случайных процессов через линейные цепи.

Лабораторное занятие 9. Воздействие узкополосного нормального случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 16465-70 Сигналы радиотехнические измерительные. Термины и определения

2. ГОСТ 7.32-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления"

4.2 Основная литература

1. Нефедов, В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под редакцией В. И. Нефедова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19219-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/583921.

2. Сидельников Г.М. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие / Сидельников Г.М.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2022. — 110 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/149543.html.

3. Верба, В. С. Основы теории радиолокационных систем и комплексов / В. С. Верба, Б. Г. Татарский. — Москва : Техносфера, 2024. — 312 с. — ISBN 978-5-94836-695-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/145872.html.

4.3 Дополнительная литература

1. Берикашвили, В. Ш. Радиотехнические системы: основы теории : учебник для вузов / В. Ш. Берикашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 105 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09917-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/585945.

2. Резван И.И. Радиотехнические системы : практикум / Резван И.И., Шайгараева Т.Н.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2023. — 41 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/149542.html.

3. Кошелев, В. И. Радиотехнические системы : учебное пособие / В. И. Кошелев. — Москва : КУРС, 2024. — 168 с. — ISBN 978-5-907352-97-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/144885.html.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрены.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office;
2. Microsoft-Windows.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru

2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru

3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru

4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru

5. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя)

2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

3. Специализированная аудитория для проведения лабораторных работ. Оборудование и аппаратура: осциллографы, комплект типового лабораторного оборудования "Основы электроники"; ОЭ1-С-Р (стендовое исполнение, ручная версия).

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к лабораторным занятиям.

При подготовке к лабораторным работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенной лабораторной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов направлена на решение следующих задач:

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- выполнение расчетно-графических работ;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита лабораторных работ;
- выполнение и защита расчетно-графических работ;
- экзамен.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
ОПК-2.	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных;

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика контроля результатов обучения
1	Текущий	Лабораторная работа	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
2	Текущий	Расчетно-графическая работа	Обучающийся в течение семестра самостоятельно выполняет ряд расчетно-графических работ по теме раздела. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. Далее проводится защита расчетно-графической работы каждого студента индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
3	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится

			в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 10 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут). К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» (выполнили и успешно защитили лабораторные и расчетно-графические работы)

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи; - методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи; - методы расчета прохождения	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированных сигналов при прохождении через нелинейные цепи; - методы расчета прохождения	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - статистические характеристики узкополосных случайных процессов; - методы расчета статистических характеристик случайных процессов на выходе линейной цепи; - основные характеристики дискретных сигналов и цифровых фильтров; - методы расчета характеристик детерминированны х сигналов при прохождении через нелинейные цепи;

- математические модели детерминированных сигналов и их характеристики; - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов.	- методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - математические модели детерминированных сигналов и их характеристики; - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов.	детерминированных сигналов через линейные цепи; - математические модели детерминированных сигналов и их характеристики; - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	детерминированных сигналов через линейные цепи; - математические модели детерминированных сигналов и их характеристики; - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	- методы расчета прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - математические модели детерминированных сигналов и их характеристики; - методы практического определения основных статистических характеристик случайных процессов. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; - - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; - - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные исследования	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; - - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; - - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: - выбирать и правильно использовать методы решения задач определения характеристик детерминированных сигналов после прохождения через линейные цепи; - привлекать соответствующий математический аппарат для решения прикладных задач определения характеристик детерминированных; - - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированны

сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов.	прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов.	исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	х сигналов через нелинейные цепи; - проводить экспериментальные исследования прохождения детерминированных сигналов через линейные цепи; - проводить экспериментальное исследование спектральных и корреляционных характеристик случайных процессов; - анализировать изменение характеристик случайных процессов при прохождении через линейные цепи; - проводить анализ спектральных характеристик детерминированных сигналов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей; - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей; - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей	Обучающийся в недостаточной степени владеет: - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей; - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей. Обучающийся испытывает значительные	Обучающийся частично владеет: - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей; - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся в полном объеме владеет: - навыками решения задач, связанными с расчетом основных характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей; - навыками проведения экспериментальных исследований характеристик аналоговых и цифровых сигналов и цепей и их моделей. Свободно применяет

		затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамен.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях,
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Выполнение и защита лабораторной работы по теме раздела	Зачтено: набрано 2 и более баллов Незачтено: набрано 1 и менее баллов	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по лабораторным работам. К выполнению экспериментальной части лабораторной работы допускаются

	Критерии оценивания Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки • Оформление отчета согласно ГОСТ 7.32-2017 – 1 балл. • Выводы логичны и обоснованы – 1 балл. • Расчетная и графическая части выполнены верно – 1 балл. • Приведены комментария и пояснения к ходу эксперимента и расчетной части – 1 балл.	студенты, подготовившие протоколы выполнения лабораторной работы. Протоколы оформляются в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Отчет по лабораторной работе содержит протокол проведения лабораторной работы, расчеты, графическую часть, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются
Расчетно-графическая работа по теме раздела	Отлично - Работа сдана в срок, расчетная и графическая части выполнены верно, либо имеются недочеты, не влияющие на конечный результат. Хорошо - расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания Удовлетворительно - в расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный Неудовлетворительно - в расчетной и графической частях есть грубые замечания.	Задание на РГР выдается на первом занятии соответствующего раздела дисциплины и сдается по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа № 1

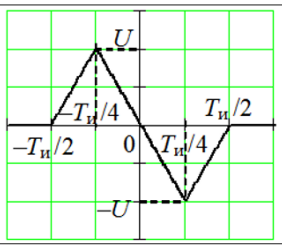
Краткое содержание задания:

Повести расчет и сравнить спектральные характеристики видеоимпульса, периодической последовательности видеоимпульсов и радиоимпульса заданной формы.

1.Вид импульсного видеосигнала $U(t)$ и его параметры заданы в таблице индивидуальных заданий

Запишите математическую модель сигнала $U(t)$. Постройте график импульса.

Таблица 1 - Фрагмент таблицы индивидуальных заданий

№	ФИО	Вид сигнала	Длительность импульса, $T_и$, мкс	Частота заполнения, f_0, кГц	Период повторения, T, мс
1.			100	200	0,2

2.Получите выражение для спектральной плотности импульса $U(t)$. Постройте график модуля спектральной плотности (ось частот в Гц, кГц или МГц).

3.Сигнал $u(t)$ представляет собой периодическую последовательность видеоимпульсов $U(t)$ (период повторения задан в таблице 1).

Запишите выражение периодической последовательности импульсов в виде суммы гармонических колебаний с кратными частотами. Рассчитайте спектр периодической последовательности и постройте спектральную диаграмму (ось частот в Гц или кГц).

Постройте на одном графике периодическую последовательность импульсов (по оси времени примерно 2-3 периода) и график частичной суммы, состоящей из 10-20 первых членов.

4.Радиоимпульс определяется математической моделью $u(t) = U(t).\cos(2\pi f0t)$.

Получите выражение для спектральной плотности радиоимпульса.

Постройте графики радиоимпульса и модуля его спектральной плотности (ось частот в Гц или кГц).

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа № 2

Краткое содержание задания:

Выполнить задания билета

Контрольные вопросы/задания:

1.Случайный процесс $x(t)$ с плотностью вероятности $p(x) = 0,5$ при -1,5 > x > 0,5 подается на нелинейный элемент с характеристикой $y = x$.

Покажите характер реализаций входного и выходного процессов (постройте графики в числах с характерными точками).

2.Случайный процесс $x(t)$ с плотностью вероятности $p(x) = 0,5$ при -1,5 > x > 0,5 подается на нелинейный элемент с характеристикой $y = x$.

Найдите и запишите дифференциальный закон распределения (плотность вероятности) и выходного процесса.

3.Случайный процесс $x(t)$ с плотностью вероятности $p(x) = 0,5$ при -1,5 > x > 0,5 подается на нелинейный элемент с характеристикой $y = x$.

Постройте дифференциальные законы распределения (плотности вероятности) входного и выходного процессов.

4.Случайный процесс $x(t)$ с плотностью вероятности $p(x) = 0,5$ при -1,5 > x > 0,5 подается на нелинейный элемент с характеристикой $y = x$.

Найдите математическое ожидание процесса на выходе цепи.

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №1

.Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

1.Как изменится время задержки огибающей сигнала на выходе одноконтурного резонансного усилителя (w0 = wp), если частота модуляции входного однотонального АМ-сигнала уменьшится?

2.Через параллельный колебательный контур протекает АМ ток (w0 = wp). Как изменится коэффициент модуляции напряжения, если добротность контура уменьшится?

3.Как изменится коэффициент модуляции напряжения на выходе одноконтурного резонансного усилителя (w0 = wp) при шунтировании контура?

4.Как изменится коэффициент модуляции тока в последовательном колебательном контуре (w0 = wp), если частота модуляции однотонального АМ напряжения, приложенного к контуру, увеличится?

5.АМ-сигнал, график которого приведен на рисунке 1, подается на линейную цепь, АЧХ которой приведена на рисунке 2.

Рассчитайте коэффициент модуляции и амплитуду несущего колебания напряжения на выходе цепи, если частота несущего колебания 100 кГц, а частота модулирующего колебания 1 кГц.

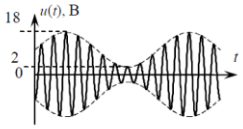


Рис. 1

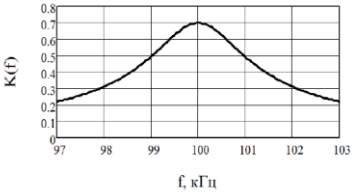


Рис. 2

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №2

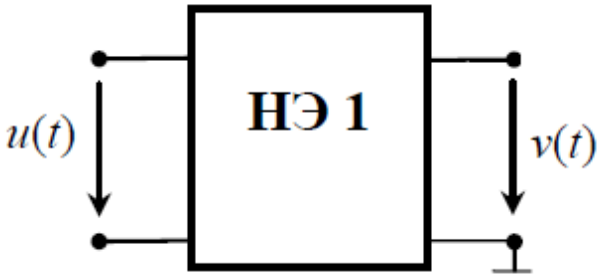
.Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

1.Нелинейный элемент имеет характеристику, которая аппроксимируется кусочно-линейной функцией с напряжением начала характеристики 0,2 В и крутизной 0,5. На вход нелинейного элемента подается гармонический сигнал: $u(t) = 0{,}2 + 0{,}6\cos(2\pi 10t)$ (В).

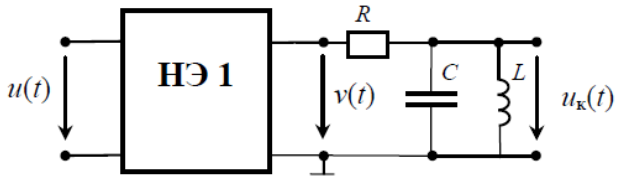
Изобразите осциллограмму напряжения на выходе нелинейного элемента.

Постройте спектральные диаграммы входного и выходного напряжений (постоянная составляющая и первые три гармоники).



2.К выходу нелинейного элемента подключен колебательный контур (рис. 1) с резонансной частотой 2 кГц. На вход нелинейного элемента подается гармонический сигнал: $u(t) = 0{,}2 + 0{,}6\cos(2\pi 10t)$ (В). Нелинейный элемент имеет характеристику, которая аппроксимируется кусочно-линейной функцией с напряжением начала характеристики 0,2 В и крутизной 0,5. Коэффициент передачи контура на резонансной частоте 0,8.

Рассчитайте амплитуду напряжения на контуре.



Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №3

.Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

1.Как вы себе представляете применяемую в данной работе методику экспериментального определения дифференциального закона распределения случайных процессов.

2.Как вы себе представляете применяемую в данной работе методику экспериментального определения интегрального закона распределения случайных процессов.

3.Как экспериментально определить математическое ожидание случайных процессов

4.Как связаны между собой характер реализаций случайного процесса и его дифференциальный и интегральный законы распределения?

5.Как по характеру реализации эргодического нормального случайного процесса определить его среднее значение, эффективное значение?

6.Как объяснить вид дифференциальных и интегральных законов распределения случайных процессов, рассматриваемых в данной работе?

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №4

.Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

1.Как, пользуясь спектральным методом, найти спектр мощности выходного процесса? его корреляционную функцию? дисперсию? эффективное значение? среднее значение?

2.Как при прохождении случайного процесса через линейную цепь изменяется его спектр мощности ? корреляционная функция? дисперсия? эффективное значение? среднее значение? характер реализаций?

3.В каких случаях при анализе прохождения случайного процесса через линейную цепь шум на входе цепи можно считать белым?

4.В каком случае при прохождении случайного процесса через линейную цепь происходит его нормализация?

5.Каковы специфические особенности случайного процесса на выходе узкополосной резонансной цепи?

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №5

.Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

1.Имеется нормальный случайный процесс с заданной корреляционной функцией.

По известной корреляционной функции определите спектр мощности случайного процесса.

2.Имеется нормальный случайный процесс с заданной корреляционной функцией. Определить дисперсию и время корреляции случайного процесса. Построить график функции корреляции с указанием характерных точек и единиц измерения.

3.Имеется нормальный случайный процесс с заданным спектром мощности.Определить дисперсию и эффективную ширину спектра случайного

процесса. Построить график спектра мощности с указанием характерных точек и единиц измерения.

4.Имеется нормальный случайный процесс с заданным спектром мощности. Построить характерную реализацию такого процесса с указанием характерных точек.

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа №6

.**Краткое содержание задания:**

Провести исследование спектрального состава сигнала на выходе нелинейного элемента и исследовать работу диодного детектора.

Ответить на вопросы по теме лабораторных работ

Контрольные вопросы/задания:

1.Как, пользуясь спектральным методом, найти спектр мощности выходного процесса? его корреляционную функцию? дисперсию? эффективное значение? среднее значение?

2.Как при прохождении случайного процесса через линейную цепь изменяется его спектр мощности ? корреляционная функция? дисперсия? эффективное значение? среднее значение? характер реализаций?

3.В каких случаях при анализе прохождения случайного процесса через линейную цепь шум на входе цепи можно считать белым?

4.В каком случае при прохождении случайного процесса через линейную цепь происходит его нормализация?

5.Каковы специфические особенности случайного процесса на выходе узкополосной резонансной цепи?

7.3.2 Промежуточная аттестация

Пример билета

1. Сигналы с угловой модуляцией: ЧМ и ФМ колебания, их параметры. Векторная диаграмма и спектр при малом и произвольном индексе модуляции. Преимущества ЧМ и ФМ колебаний по сравнению с АМ колебаниями.

2. Как связаны друг с другом импульсная характеристика и системная функция цифрового фильтра?

3. На вход диодного детектора подается напряжение $u = 5\,(1 + 0{,}8\cos(10t))\cos(10t)$, В. Крутизна характеристики диода 20 мА/В, сопротивление нагрузки 100 кОм. Определите коэффициент передачи детектора и амплитуду напряжения звуковой частоты на выходе детектора.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИОПК-1.1 Понимает фундаментальные законы природы; основные физические и математические методы накопления, передачи и обработки информации

Вопросы, задания

1.Спектральный анализ периодических сигналов. Комплексная форма ряда Фурье. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов. Зависимость параметров спектра от параметров сигнала.

2.Спектральный анализ непериодических сигналов. Спектральная плотность. Связь спектра периодической последовательности со спектральной плотностью одного импульса. Спектральные плотности основных сигналов: постоянного сигнала, d-функции,

прямоугольного импульса. Спектральная плотность гармонического сигнала. Спектральная плотность произвольного периодического сигнала.

3.Свойства спектральной плотности: теорема о запаздывании, теорема о смещении спектра, спектральная плотность производной и интеграла, теорема подобия, спектральная плотность произведения и свертки двух функций. Спектральная плотность радиоимпульса.

4.Энергия импульса. Энергетический спектр, его свойства.

5.Автокорреляционная функция, ее свойства. Взаимно корреляционная функция. Связь автокорреляционной функции с энергетическим спектром.

6.АМ колебания, их параметры. Спектр, векторная диаграмма.

7.ЧМ и ФМ колебания, их параметры. Векторная диаграмма и спектр при малом и произвольном индексе модуляции. Преимущества ЧМ и ФМ колебаний по сравнению с АМ колебаниями.

8.Спектральный метод анализа прохождения сигналов через линейные цепи. Анализ прохождения АМ колебаний через избирательные цепи. Условия неискаженной передачи АМ колебаний.

9.Аналитический сигнал. Узкополосный сигнал. Аналитическое представление узкополосного сигнала; физическая и комплексная огибающая сигнала, ее связь с аналитическим сигналом. Спектр комплексной огибающей узкополосного сигнала.

10.Метод низкочастотных эквивалентов. Вывод основных соотношений.

11.Анализ подключения гармонического сигнала к колебательному контуру при различных значениях частоты сигнала.

12.Анализ воздействия ВЧ импульсов с прямоугольной огибающей на одноконтурные избирательные цепи.

13.Анализ воздействия ВЧ импульсов с огибающей произвольной формы на избирательные цепи.

14.Анализ воздействия скачка фазы гармонического колебания на резонансную цепь.

15.Анализ воздействия большого гармонического сигнала на нелинейный элемент при линейно-ломаной аппроксимации вольтамперной характеристики. Вычисление амплитуд гармоник. Функции Берга.

16.Анализ воздействия большого гармонического сигнала на нелинейный элемент при аппроксимации его характеристики степенным рядом. Вычисление амплитуд гармоник.

17.Резонансный усилитель больших колебаний. Схема. Принцип действия. Колебательная характеристика. Влияние перенапряженного режима. Умножение частоты.

18.Воздействие нескольких больших гармонических сигналов на нелинейный элемент. Основные закономерности в образовании комбинационных частот.

19.Амплитудная модуляция смещением. Схема. Принцип действия. Модуляционная характеристика. Условия получения неискаженной модуляции.

20.Коллекторный детектор. Схема, принцип действия. Выбор параметров нагрузки. Особенности детектирования слабых и сильных сигналов. Расчет детекторной характеристики.

21.Преобразование частоты, принцип действия. Соображения о выборе промежуточной частоты и частоты гетеродина. Паразитные каналы приема. Выбор режима работы для уменьшения паразитных каналов приема.

22.Синхронный детектор. Принцип действия.

23.Обобщенный ряд Фурье. Теорема В.А.Котельникова. Дискретизация сигналов с ограниченным спектром. Спектры дискретных сигналов.

24.Восстановление непрерывных сигналов из дискретных. Ошибки дискретизации и восстановления сигналов.

25.Z-преобразование, его свойства. Обратное z-преобразование. Z-преобразование дискретной свертки.

26.Дискретное преобразование Фурье, его свойства. ДПФ циклической свертки.

27.Общее понятие о цифровой обработке сигналов (ЦОС). Дискретные и цифровые сигналы, дискретные и цифровые устройства. Обобщенная структурная схема ЦОС. Преимущества и недостатки ЦОС.

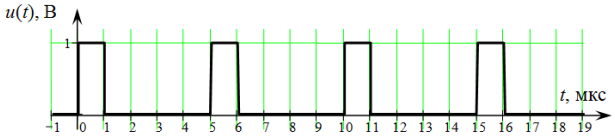
28.Универсальный алгоритм линейных цифровых фильтров (ЦФ). Импульсная характеристика ЦФ. Передаточная (системная) функция ЦФ. Частотная характеристика линейного ЦФ, сравнение с частотной характеристикой аналогового фильтра.

29.Рекурсивные и нерекурсивные ЦФ, их сравнение. Цифровой фильтр 1-го порядка, аналогичный RC-цепи.

30.Формы реализации ЦФ: прямая и каноническая; последовательная и параллельная.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Чему равна частота первой гармоники периодического сигнала, изображенного на рисунке?

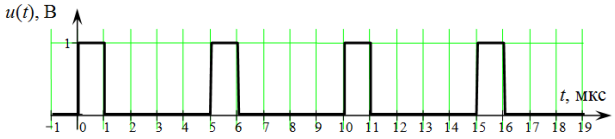


Ответы:

Укажите правильное значение в [кГц]

Верный ответ: 200 кГц

2.Чему равна постоянная составляющая сигнала, изображенного на рисунке?



Ответы:

Укажите правильное значение в [В]

Верный ответ: 0,2 В

3.Модулирующая частота ЧМ-сигнала равна 2 кГц, индекс модуляции $m = 10$. Чему равна девиация частоты?

Ответы:

Указать числовое значение в кГц

Верный ответ: 20 кГц

4.Могут ли возникать новые спектральные составляющие при прохождении сигнала через линейную цепь?

Ответы:

Да/Нет

Верный ответ: Нет

5.АМ-сигнал с коэффициентом модуляции 100% подается на вход одноконтурного резонансного усилителя. Ширина спектра сигнала в точности совпадает с шириной частотной характеристики усилителя на уровне 0,707. Чему равен коэффициент модуляции сигнала на выходе усилителя?

Ответы:

Указать числовое значение с точностью до трех значащих цифр

Верный ответ: 0,707

6.На нелинейный элемент с вольтамперной характеристикой $i = a_0^0 + a_1^1 u + a_2^2 u$ подаются два гармонических сигнала с частотами ω1 и ω2. Может ли появиться в токе составляющая с частотой 2ω1+ω2?

Ответы:

да/нет

Верный ответ: нет

7.Супергетеродинный приемник предназначен для приема сигнала радиостанции с частотой 620 кГц. Промежуточная частота равна 465 кГц. Определите частоту гетеродина.

Ответы:

Указать числовое значение в [кГц]

Верный ответ: 155

8.Выбрать интервал дискретизации прямоугольного импульса длительностью 40 мс.

В качестве наивысшей частоты спектра *f*в принять такое значение, когда спектральная плотность импульса обращается в нуль в четвертый раз.

Ответы:

Указать числовое значение в [мс]

Верный ответ: 5

2. Компетенция/Индикатор: ИОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

Вопросы, задания

1.Что такое колебательная характеристика? Изобразите характерный вид семейства колебательных характеристик. Как по колебательным характеристикам выбрать режим работы усилителя для неискаженного усиления АМ сигнала?

2.Что такое колебательная характеристика? Для чего она вводится? Изобразите характерный вид семейства колебательных характеристик.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.На вход резонансного усилителя подается последовательность высокочастотных импульсов с прямоугольной огибающей. Частота заполнения импульсов совпадает с резонансной частотой усилителя. Увеличатся или уменьшатся искажения формы сигнала на выходе усилителя, если увеличить добротность контура усилителя?

Ответы:

увеличатся/уменьшатся

Верный ответ: увеличатся

2.На нелинейный элемент с вольтамперной характеристикой $i = a_0^0 + a_1^1 u + a_2^2 u$ подается гармонический сигнал с частотой 2 кГц. Какие частоты будет содержать спектр тока, протекающего через нелинейный элемент?

Ответы:

Перечислить частоты всех составляющих (в кГц)

Верный ответ: 0, 2, 4.

3. Компетенция/Индикатор: ИОПК-1.3 Использует знания естественных наук и математики при решении практических задач

Вопросы, задания

1.Диодный детектор. Схема, принцип действия. Выбор параметров нагрузки. Коэффициент передачи. Входное сопротивление. Анализ искажений, возникающих при неправильном выборе режима работы.

2.При каких условиях обеспечивается неискаженное усиление АМ сигналов в нелинейных резонансных усилителях?

Покажите выбор условий неискаженного усиления АМ сигналов с помощью колебательной характеристики.

3.Изобразите схему диодного детектора. Качественно нарисуйте спектральные диаграммы входного напряжения, тока диода и выходного напряжения при подаче на вход однотонального АМ-сигнала.

Из каких соображений выбираются параметры нагрузки детектора?

4.Что такое перенапряженный режим в резонансном усилителе? При каких условиях он возникает?

5.Как изменится спектр периодического сигнала, если период повторения импульсов увеличится вдвое (длительность и амплитуда импульсов не изменяются)?

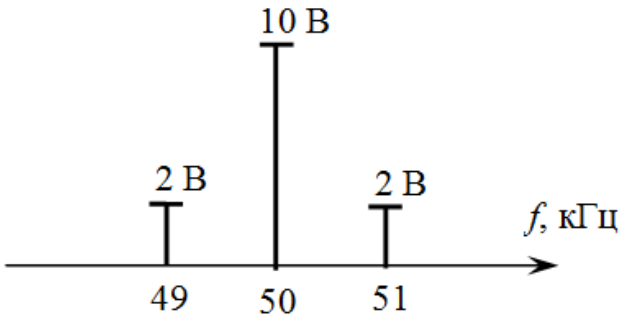
6.Как изменится спектр прямоугольного импульса с высокочастотным заполнением, если частоту заполнения увеличить вдвое?

7.Как изменится спектр прямоугольного импульса с высокочастотным заполнением, если длительность импульса увеличить вдвое?

8.Как изменится спектр периодического сигнала, если длительность каждого импульса уменьшится вдвое (период повторения и амплитуда не меняются)?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Спектр амплитудно-модулированного сигнала представлен на рисунке.



Определите:

а) частоту несущего колебания (в кГц)

б) частоту модулирующего колебания (в кГц)

в) коэффициент модуляции

г) максимальное значение амплитуды сигнала (в В)

д) минимальное значение амплитуды сигнала (в В)

Ответы:

Для каждой позиции вопроса нужно указать числовое значение ответа.

Верный ответ: а) 50 б) 1 в) 0,4 г) 14 д) 6

Пример билета

1. Корреляционная функция случайного процесса. Взаимная корреляционная функция. Свойства корреляционной функции стационарного случайного процесса. Интервал корреляции.

2. Как вы себе представляете методику экспериментального определения функции распределения эргодического случайного процесса?

3. Нормальный случайный процесс с нулевым средним значением и дисперсией 4 В подается на электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных диода и резистора. Сопротивление диода в прямом направлении равно 100 Ом, в обратном направлении – бесконечности. Сопротивление резистора равно 300 Ом. Найти плотность вероятности напряжения на резисторе.

Построить плотности вероятности напряжений на входе цепи и на резисторе.

1. Компетенция/Индикатор: ИОПК-2.1 Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований

Вопросы, задания

1.Случайные процессы. Многомерная плотность вероятности случайного процесса. Стационарность случайного процесса. Математическое ожидание и дисперсия.

2.Корреляционная функция случайного процесса и её свойства. Интервал корреляции. Взаимная корреляционная функция.

3.Спектральная плотность мощности (энергетический спектр). Свойства энергетического спектра. Теорема Винера-Хинчина.

4.Основные источники шумов в радиотехнических устройствах и их характеристики. Тепловой шум. Дробовой шум. Общая характеристика источников шума в транзисторах.

5.Анализ воздействия случайных процессов на линейные цепи. Спектральный и корреляционный методы анализа.

6.Воздействие белого шума на линейную цепь. Шумовая полоса линейной цепи. Статистические характеристики шума на выходе линейной цепи.

7.Анализ воздействия белого шума и коррелированного шума на RC цепь. Собственный шум RC-цепи.

8.Анализ воздействия случайных процессов на линейные избирательные цепи. Характер корреляционной функции шума на выходе избирательной цепи.

9.Анализ воздействия белого шума на резонансный усилитель. Энергетический спектр и корреляционная функция шума на выходе одноконтурного резонансного усилителя.

10.Узкополосные случайные процессы. Понятие об огибающей, фазе, синфазной и квадратурной компонентах. Вывод выражения для плотности вероятности огибающей и фазы.

11.Узкополосные случайные процессы. Понятие об огибающей, фазе, синфазной и квадратурной компонентах. Корреляционная функция огибающей узкополосного случайного процесса.

12.Статистические характеристики огибающей суммы гармонического сигнала и узкополосного нормального шума.

13.Воздействие нормального узкополосного случайного процесса на квадратичный детектор огибающей.

14.Расчет плотности вероятности при нелинейных безынерционных преобразованиях случайных процессов.

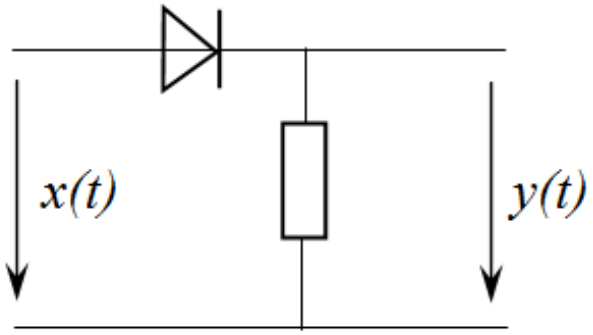
15.Оптимальная линейная фильтрация. Частотная и импульсная характеристики согласованного фильтра. Сигнал на выходе согласованного фильтра. Понятие о квазиоптимальных фильтрах.

16.Оптимальная линейная фильтрация. Фильтр, минимизирующий среднеквадратическую ошибку сигнала.

17.На последовательную *RC*-цепь подается нормальный случайный процесс $x(t)$ с нулевым средним значением. Значения энергетического спектра процесса $x(t)$ равны 10 В·с на частотах ниже 500 кГц и нулю на частотах выше 500 кГц. Параметры цепи: R = 1 кОм, C = 500 пФ. Найти дисперсию и плотность вероятности напряжения на конденсаторе.

18.На последовательную RC-цепь подается нормальный случайный процесс $x(t)$ с корреляционной функцией $R(\tau) = 2exp(-10|\tau|)$ В. Параметры цепи: R = 10 кОм, C = 100 нФ. Найти дисперсию и корреляционную функцию напряжения на конденсаторе. Построить графики корреляционных функций и примерный вид осциллограмм на входе и выходе цепи с указанием характерных точек.

19.На вход схемы, изображенной на рисунке, подается случайный процесс, равновероятно распределенный на отрезке [–1; 3]. Сопротивление диода в прямом направлении равно нулю, в обратном направлении – бесконечно велико. Найти математическое ожидание и плотность вероятности $py(y)$ напряжения на выходе схемы. Построить график зависимости $py(y)$.



20.На вход одноконтурного резонансного усилителя подается белый шум с энергетическим спектром $F_0^0 = 10$ В.с. Параметры усилителя: резонансная частота 1 МГц, шумовая полоса цепи 20 кГц, коэффициент усиления на резонансной частоте – 20. Определить эффективное напряжение, энергетический спектр и корреляционную функцию шума на выходе усилителя.

21.На вход одноконтурного резонансного усилителя подается белый шум с энергетическим спектром $F_0^0 = 10$ В.с. Параметры усилителя: резонансная частота 1 МГц, шумовая полоса 20 кГц, коэффициент усиления на резонансной частоте – 20. С выхода усилителя шум поступает на линейный детектор огибающей с коэффициентом передачи *k*д = 1. Определить плотность вероятности и корреляционную функцию шума на выходе детектора.

22.Найти и построить корреляционную функцию случайного процесса $x(t) = 4\cos(10\,t + \varphi)$, если известно, что φ – случайная величина, распределенная равномерно на интервале [–π; π]. Чему равно математическое ожидание и дисперсия этого случайного процесса?

23.На вход интегрирующей *RC* – цепи подается сумма гармонического сигнала $2\cos(10t)$ и белого шума $x(t)$ со спектральной плотностью $F_0^0 = 10$ В.с. Определить параметры *RC* – цепи, при которых отношение амплитуды сигнала к среднеквадратичному значению шума на выходе цепи принимает максимальное значение *qmax*. Найти это значение.

24.Источником шума является резистор R = 10 кОм, зашунтированный конденсатором С = 1 нФ при комнатной температуре. Определить эффективное напряжение, корреляционную функцию и плотность вероятности шума на конденсаторе.

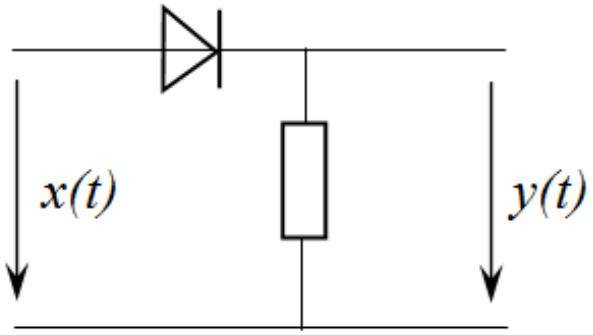
25.Определить математическое ожидание и корреляционную функцию огибающей узкополосного случайного процесса на выходе одноконтурного резонансного усилителя с параметрами: *f*р = 2 МГц, Q = 100, *K*р=40. На вход усилителя поступает белый шум со спектральной плотностью $F_0^0 = 10$ В.с.

26.Каковы специфические особенности корреляционной функции случайного процесса на выходе узкополосной резонансной цепи? Нарисуйте график этой корреляционной функции. Как изменится график, если резонансная частота цепи увеличится в 2 раза (коэффициент передачи на резонансной частоте и полоса пропускания не меняются)?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Случайный процесс с равномерным законом распределения на интервале [–4; 4] подается на односторонний ограничитель, схема которого изображена на рисунке. Сопротивление диода в прямом направлении следует считать равным нулю, в обратном направлении – бесконечности.

Определить математическое ожидание случайного процесса на выходе ограничителя.



Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 1

2.На последовательную *RL*-цепь подается стационарный шум со средним значением 1 В. Определите среднее значение напряжения на сопротивлении.

Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 1

3.Определить эффективное напряжение собственного шума *RC*-цепи при комнатной температуре. Источником шума является тепловой шум резистора. Параметры цепи: R = 1 кОм, C = 100 пФ.

Ответы:

Результат представить в [мкВ] и округлить до целого значения

Верный ответ: 20 мкВ

4.На последовательную *RC*-цепь подается стационарный шум с дисперсией 4 В и равномерным спектром мощности в полосе частот от 0 до 5 МГц. Параметры цепи: R = 10 кОм, C = 10 нФ. Определите дисперсию шума на конденсаторе.

Ответы:

Результат представить в [В]

Верный ответ: 0,02

5.Белый шум проходит через резонансный усилитель с одиночным колебательным контуром в нагрузке. Как изменится дисперсия шума на выходе усилителя, если добротность колебательного контура уменьшится в 2 раза? Введите соответствующую цифру.

1 – не изменится

2 – уменьшится в 2 раза

3 – увеличится в 2 раза

Ответы:

Указать цифру с правильным вариантом

Верный ответ: 3

6.На вход интегрирующей *RC*-цепи (ФНЧ) подается сумма гармонического сигнала с частотой 100 кГц, амплитудой 2 В и белого шума $x(t)$. Определите частоту среза фильтра, при которой отношение q амплитуды сигнала к среднеквадратическому значению шума на выходе цепи принимает максимальное значение.

Ответы:

Запишите ответ в [кГц].

Верный ответ: 100

7.Электрическая цепь содержит три источника нормального шума, включенные последовательно. Эффективное напряжение первого источника шума равно 6 В, второго – 2 В, третьего – 3 В. Определите эффективное напряжение суммарного шума, действующего в цепи.

Ответы:

Результат представить в [В].

Верный ответ: 7

2. Компетенция/Индикатор: ИОПК-2.2 Выбирает эффективную методику экспериментальных исследований

Вопросы, задания

1.Эргодическое свойство случайных процессов. Методы экспериментального определения статистических характеристик эргодических процессов.

2.Опишите методику экспериментального определения плотности вероятности эргодического случайного процесса?

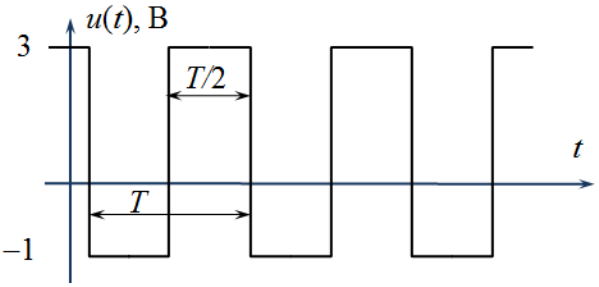
3.Опишите методику экспериментального определения корреляционной функции эргодического случайного процесса?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Стационарный случайный процесс $u(t)$ представляет собой периодическую последовательность прямоугольных импульсов со скважностью 2 (меандр) со случайной равновероятной фазой. Реализация случайного процесса приведена на рисунке.

Определите:

1. 1) математическое ожидание
2. 2) дисперсию
3. 3) вероятность того, что случайный процесс превышает значение 2 В.



Ответы:

Для каждой позиции вопроса нужно указать числовое значение ответа.

Верный ответ: 1) 1 2) 4 3) 0,25

2.На вход RC-цепи подается шум, энергетический спектр которого равен 10 В·с в полосе частот от 0 до 10 кГц и нулю за пределами этой полосы частот. Параметры цепи: R = 10 кОм, С = 100 пФ. Можно ли входной шум считать белым?

Ответы:

да/нет

Верный ответ: нет

3. Компетенция/Индикатор: ИОПК-2.3 Проводит экспериментальные исследования, обрабатывает и представляет полученные данные

Вопросы, задания

1.Какова связь между корреляционной функцией, энергетическим спектром и дисперсией случайного процесса? Какой физический смысл имеет дисперсия?

2.Как изменится дисперсия шума на выходе одноконтурного резонансного усилителя, если увеличить добротность контура усилителя при неизменном коэффициенте усиления? На вход усилителя подается белый шум.

3.В каком случае при прохождении случайного процесса через линейную цепь происходит его нормализация? Чем это можно объяснить?

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Для уменьшения уровня шума используется интегрирующая *RC*-цепь. Как изменится действующее значение шума на выходе, если шумовая полоса увеличится в 4 раза?

Предполагается, что входным сигналом является белый шум. Введите соответствующую цифру.

1 – не изменится
2 – уменьшится в 4 раза
3 – увеличится в 4 раза
4 – уменьшится в 2 раза
5 – увеличится в 2 раза
Ответы:
Указать цифру с правильным вариантом
Верный ответ: 5