


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 (ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
 по образовательной деятельности

 А.А. Панфилов

« 27 » 06 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Профиль/программа подготовки: радиотехнические устройства и системы

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции. час.	Практич. занятия. час.	Лаборат. работы. час.	СРС. час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	4/144	18	18	18	63	Экзамен(27), КР Экзамен(36)
4	4/144	18	18	-	72	
Итого	8/288	36	36	18	135	Экзамен-2 (63), КР

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Теоретические основы радиотехники» является привитие студентам, во-первых, глубокого понимания свойств различных радиосигналов и радиочепей, сущности и особенности процессов происходящих при прохождении сигналов через радиотехнические цепи; во-вторых, умение аналитически описывать, анализировать и экспериментально исследовать процессы в радиочепях на основе изучаемых в курсе методов и методик.

Задачи: Обучение студента занятиям по

- Классификации, фундаментальным свойствам и основным характеристикам радиосигналов и радиочепей во временной и частотных областях, законам преобразования сигналов в различных радиочепях;
- Методам анализа передачи детерминированных и случайных колебаний через линейные (с постоянными параметрами), параметрические, нелинейные и дискретные цепи, границы применимости и свойства методов;
- Способам заложения и извлечения информации из радиосигналов, принципам построения устройств для этих целей, источникам и способам уменьшения ошибок и искажений передаваемого сообщения;
- Основам синтеза цепей;
- Методам оптимальной фильтрации сигналов;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина теоретические основы радиотехники относится к базовой части.

Пререквизиты дисциплины: «Математика», «Физика», «Электроника», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Основы теории цепей», «Электродинамика и распространение радиоволн».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции ¹	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач в инженерной деятельности	Частичное освоение.	Знать: спектральную теорию радиосигналов для расчета параметров сигнала, их частотных характеристик.
	Неполное освоение	Знать: математические методы для расчета параметров сигнала на выходе различных радиотехнических цепей, теорию оптимальной фильтрации сигналов Уметь: применять временные и спектральные методы расчета радиотехнических цепей для определения характеристики линий передачи сигналов, вычислять параметры радиосигналов на выходе различных устройств под воздействием на них детерминированных и случайных сигналов. Определять значение сигналов на выходе апериодического и резонансного усилителей.
	Полное освоение	Знать: основные положения: теории случайных сигналов, теорию оптимальной фильтрации, распознавания сигналов на фоне помеховой обстановки. Принцип параметрического усиления. Уметь: оценивать вероятности передачи сигнала по каналу связи на базе теории Котельникова, определять

		<p>параметры модулированных сигналов, производить определение временных (импульсных и переходных характеристик) и спектральных характеристик цепей (коэффициента передачи)</p> <p>Владеть: математическими методами решения прикладных радиотехнических задач, связанных с расчетом оптимальных параметров каналов передачи информации, определения характеристик наземных и воздушных радиоприемных устройств, в том числе с помощью современных вычислительных средств.</p>
<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных при выполнении лабораторного практикума по дисциплине.</p>	<p>Частичное освоение.</p> <p>Неполное освоение.</p> <p>Полное освоение.</p>	<p>Знать: методы обработки представления результатов при экспериментальных исследованиях процессов прохождения сигналов через различные радиотехнические структуры, в т. ч. аperiodические и резонансные системы.</p> <p>Знать: методы измерения, приемы обработки полученных сигналов и представления результатов при экспериментальных исследованиях.</p> <p>Уметь: самостоятельно выполнять наблюдения и измерения при экспериментальных исследованиях в лабораторных условиях преобразования сигналов в аperiodических и резонансных цепях.</p> <p>Владеть: методами измерения параметров радиотехнических процессов, обработке полученных значений для определения стохастических характеристик радиосигналов, математическими методами параметров оптимальных фильтров.</p> <p>Знать: приемы наблюдения, измерения, обработки и представления сигналов детерминированного и случайного характеров при изучении в лабораторных условиях характеристик различных радиоустройств, способами определения параметров сложных модулированных сигналов</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС		
1	1 Введение Классификация сигналов и радиоцепей	3	1-3	1	2	2	10	5/100	
2	Спектральная теория сигналов	3	4-6	5	4	4	12	9/69	Рейтинг-контроль №1
3	Корреляционный анализ детерминированных колебаний	3	7-9	2	4	2	11	8/100	
4	Линейные радиоцепи	3	10-12	3	4	2	10	9/100	Рейтинг-контроль №2
5	Модулированные колебания	3	13-15	4	4	4	10	12/100	
6	Узкополосные колебания	3	16-18	3	2	4	10	9/100	Рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр		3		18	18	18	63	52/96	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КЛ/КР									КР
7	Нелинейные и параметрические цепи	4	1-5	4		4		8/100	Рейтинг-контроль №1

8	Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.	4	6-10	6	6	20	12/100	Рейтинг-контроль №2	
9	Оптимальная фильтрация на фоне помех.	4	11-18	8	8	32	16/100	Рейтинг-контроль №3	
Всего за 4 семестр				18	18	72	36/100	Экзамен (36)	
Итого по дисциплине				36	18	36	135	88/97	Экзамен-2(63), КР

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Классификация сигналов и радиотехнических цепей.

Тема 1 Классификация сигналов.

Детерминированные и случайные сигналы. Периодические и непериодические сигналы. Непрерывные, дискретные, квантованные и цифровые сигналы.

Тема 2. Виды радиотехнических цепей.

Линейные и не линейные параметрические цепи. Интегро-дифференциальные уравнения цепей.

Раздел 2. Спектральная теория сигналов.

Тема 1. Спектральный анализ периодических сигналов.

Обобщенный ряд Фурье. Гармонический анализ сигналов. Спектры типовых сигналов. Распределение мощности в спектре периодического сигнала.

Тема 2. Спектральный анализ непериодических сигналов.

Преобразование Фурье. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра.

Тема 3. Свойства преобразования Фурье.

Спектры некоторых неинтегрируемых функций.

Раздел 3. Корреляционный анализ детерминированных колебаний.

Тема 1. Корреляционная функция периодических сигналов.

Корреляционная функция прямоугольного сигнала и последовательности периодических прямоугольных импульсов. Автокорреляционная функция. Взаимные корреляционные функции.

Тема 2. Корреляционная функция непериодических сигналов.

Корреляционная функция одиночного импульса. Корреляционная функция пачки импульсов.

Тема 3. Дискретизация сигналов.

Теорема Котельникова. Теорема отсчетов частотной области.

Раздел 4. Линейные радиотехнических цепей.

Тема 1. Линейные цепи с постоянными параметрами.

Линейные цепи с обратной связью. Линейные цепи с переменными параметрами.

Прохождение радиосигнала через линейные цепи.

Раздел 5. Модулированные колебания.

Тема 1. Амплитудная модуляция.

Тональная модуляция. Спектр А.М. Векторная диаграмма А.М. колебаний. Спектр А.М. колебаний.

Тема 2. Спектр колебания с У.М.

Спектр колебаний А-У модуляции.

Тема 3. Спектр колебания при смешанной А-У модуляции.

Раздел 6. Узкополосные колебания.

Тема 1. Параметры узкополосных колебаний.

Неоднозначность определения параметров колебания. Аналитический сигнал.

Преобразование Гильберта.

Раздел 7. Нелинейные и параметрические цепи.

Тема 1. Методы нелинейной теории.

Нелинейные элементы.

Тема 2. Детектирование модулированных колебаний

Получение и детектирование АМ-колебаний. Частотные и фазовые детектирования. Преобразование частоты сигналов. Синхронное детектирование. Автоколебательные системы

Тема 3. Синхронное детектирование.

Раздел 8. Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.

Тема 1. Характеристики случайных колебаний.

Описание случайных сигналов в частотной и временной областях. Узкополосные случайные процессы. Марковские процессы. Преобразование характеристик случайных процессов. Распределение суммы гармонических колебаний с случайными фазами.

Тема 2. Нормализация случайных процессов в узкополосных цепях.

Денормализация процессов в широкополосных цепях.

Тема 3. Воздействие сигналов и шума на нелинейные цепи.

Воздействие суммы гармонического сигнала и шума на амплитудный детектор. Воздействие сигнала и шума на частотный детектор и амплитудный резонансный ограничитель. Преобразование закона распределения и энергетического спектра в безинерционном нелинейном элементе

Раздел 9. Оптимальная фильтрация на фоне помех.

Тема 1. Частотные и временные характеристики согласованного фильтра.

Физическая осуществимость фильтра. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра.

Тема 2. Примеры построения согласованных фильтров.

Формирование сигнала, сопряженного с заданным фильтром. Фильтрация заданного сигнала при «небелом шуме». Коды Баркера.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Классификация сигналов и радиотехнических цепей.

Тема 1 Классификация сигналов.

Тема 2. Виды радиотехнических цепей.

Раздел 3. Корреляционный анализ детерминированных колебаний.

Тема 1. Корреляционная функция периодических сигналов.

Тема 2. Корреляционная функция непериодических сигналов.

Тема 3. Дискретизация сигналов.

Раздел 4. Линейные радиотехнические цепи.

Тема 1. Линейные цепи с постоянными параметрами.

Раздел 7. Нелинейные и параметрические цепи.

Тема 1. Методы нелинейной теории.

Тема 2. Детектирование модулированных колебаний

Тема 3. Синхронное детектирование.

Раздел 8. Случайные колебания. Преобразование характеристик случайных процессов.

Тема 1. Характеристики случайных колебаний.

Тема 2. Нормализация случайных процессов в узкополосных цепях.

Тема 3. Воздействие сигналов и шума на нелинейные цепи.

Раздел 9. Оптимальная фильтрация на фоне помех.

Тема 1. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи с постоянными параметрами

Тема 2. Прохождение сигналов через избирательные цепи.

Тема 3. Искажения модулированных колебаний в избирательных цепях.

Содержание лабораторных работ по дисциплине

Раздел 1. Классификация сигналов и радиотехнических цепей.

Тема 1 Классификация сигналов.

Тема 2. Виды радиотехнических цепей.

Раздел 3. Спектральный анализ сигналов.

Тема 2. Спектральный анализ периодических сигналов.

Тема 3. Спектральный анализ непериодических сигналов.

Раздел 7. Автоколебательные системы

Тема 2. Структура автоколебательной системы.

Раздел 9. Оптимальная фильтрация на фоне помех.

Тема 1. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи с постоянными параметрами

Тема 2. Прохождение сигналов через избирательные цепи.

Тема 3. Искажения модулированных колебаний в избирательных цепях.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Теоретические основы радиотехники» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (Раздел №2, тема 1-3; раздел №3, тема 1-3);
- Групповая дискуссия (Раздел №4, тема 1; раздел №5, тема 1-5, раздел №6, тема 1, раздел №7, тема 1);
- Ролевые игры (Раздел №1, тема 3; раздел №5, тема 2);
- Тренинг (раздел №2, тема 3; раздел 8, тема 1);
- Анализ ситуаций (Раздел №4, тема 1, 2);
- Разбор конкретных ситуаций (Раздел №1, тема 4, 7);

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

3 семестр

6.1. Текущий контроль.

Тесты рейтинг-контроля №1

Тест №1

Каким является сигнал, для которого при любых t выполняется соотношение

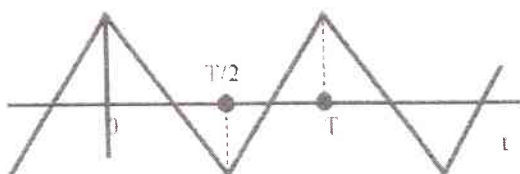
$$S(t) = S(t \pm kT), \text{ где } T = \text{const}; k = \overline{0, \infty}$$

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

Тест №2

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:

1. Всех четных;



2. Всех нечетных
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
- 5.Каждой пятой.

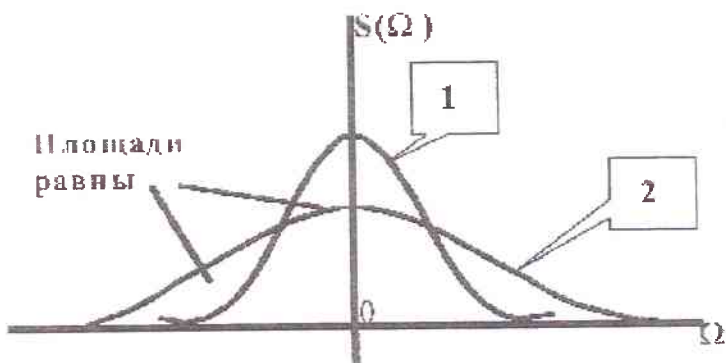
Тест №3

Чему равна размерность амплитудного спектра периодического тока:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

Тест №4

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов $S_1(t) = S_1(j\Omega)$ и $S_2(t) = S_2(j\Omega)$ имеющими ширины спектров $\Delta\omega_1$ и $\Delta\omega_2$, длительности τ_1 и τ_2



1. $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$;
2. $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
3. $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
4. $\tau_1 > \tau_2$;
5. $S_1(t) = S_2(t)$ при $t = 0$
6. $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$;
7. $S_1(t) > S_2(t)$ при $t = 0$.

Тест №5

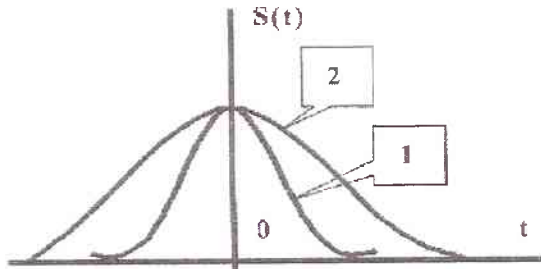
Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2 соответствует следующей операции над этими сигналами во времени: $S_1(t) + S_2(t)$:

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;
3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину Ωt или $n\Omega t$ соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное $-n\Omega_1 t$ или $-\Omega t$ соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на $j\Omega$;

6. Умножение на $j\Omega$.

Тест №6

Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов $S_1(t) = S_1(j\Omega)$ и $S_2(t) = S_2(j\Omega)$ имеющими ширины спектров

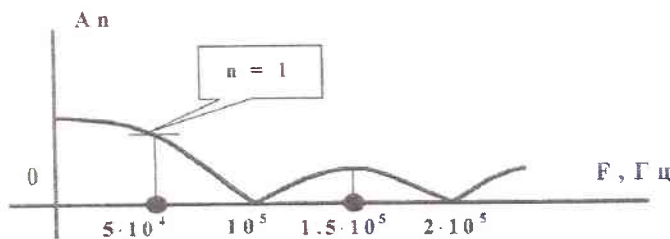


1. $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$;
2. $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
3. $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
4. $\tau_1 > \tau_2$;
5. $S_1(t) = S_2(t)$ при $t = 0$;
6. $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$;
7. $S_1(t) > S_2(t)$ при $t = 0$.

$\Delta\omega_1$ и $\Delta\omega_2$, длительности τ_1 и τ_2

Тест №7

Определить длительность непериодического или период и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме:



1. $\tau = 1$ мс;
2. $\tau = 100$ мкс;
3. $\tau = 10$ мкс;
4. $T = 5$ мс;
5. $T = 1$ мс;
6. $T = 20$ мкс;
8. $\tau = 0.2$ мс

Тесты рейтинг-контроля №2

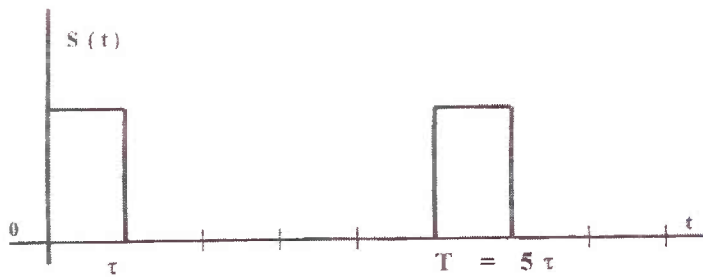
Тест №1

Каким является сигнал, для которого при любых t выполняется соотношение $S(t) = S(t \pm kT)$, где $T = \text{const}$; $k=1,3,4,7,10, \dots$:

1. Конечным во времени;
2. Непериодическим;
3. Имеющим дискретный спектр;
4. Периодическим;
5. Бесконечным во времени;
6. Имеющим непрерывный спектр.

Тест №2

Каких гармоник не будет в периодическом сигнале:



1. Всех четных;
2. Всех нечетных
3. Каждой третьей;
4. Третьей и далее всех нечетных;
5. Каждой пятой.

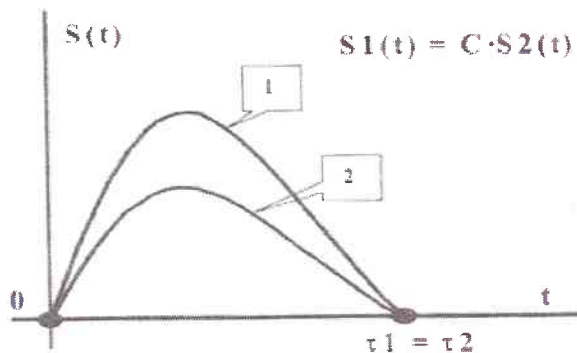
Тест №3

Чему равна размерность амплитудного спектра непериодического напряжения:

1. Размерности сигнала;
2. Размерности сигнала, деленной на Гц;
3. Вольт;
4. Ампер;
5. В/Гц;
6. Размерности сигнала, умноженной на секунду.

Тест №4

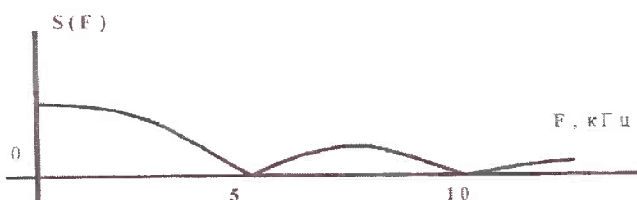
Какие соотношения справедливы между спектральными и временными характеристиками для сигналов $S_1(t) = S_1(j\Omega)$ и $S_2(t) = S_2(j\Omega)$ имеющими ширины спектров $\Delta\omega_1$ и $\Delta\omega_2$, длительности τ_1 и τ_2



1. $\Delta\omega_1 > \Delta\omega_2$;
2. $S_1(j\Omega) = S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
3. $S_1(j\Omega) > S_2(j\Omega)$ при $\Omega = 0$;
4. $\tau_1 > \tau_2$;
5. $S_1(t) = S_2(t)$ при $t = 0$
6. $\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2$;
7. $S_1(t) > S_2(t)$ при $t = 0$.

Тест №5

Определить длительность непериодического или период и длительность периодических прямоугольных импульсов по их спектральной диаграмме



1. $\tau = 1$ мс;
2. $\tau = 0.1$ мс;
3. $\tau = 0.01$ мс;
4. $T = 5$ мс;
5. $T = 1$ мс;
6. $T = 20$ мкс;
7. $\tau = 0.2$ мс

Тест №6

Какая операция над спектральными плотностями сигналов 1 и 2 соответствует следующей операции над этими сигналами во времени: $S_2(t) = S_1(t-\tau)$:

1. Произведение спектральных плотностей;
2. Сумма спектральных плотностей;

3. Фазовый сдвиг каждой спектральной составляющей на величину Ωt или $n\Omega t$ соответственно для непериодического или периодического сигнала;
4. Приращение фазового спектра, равное $-n\Omega_1 t$ или $-\Omega t$ соответственно для периодического или непериодического сигнала;
5. Деление на $j\Omega$;
6. Умножение на $j\Omega$.

Тесты рейтинг-контроля №3

Тест №1

1. Характеристика спектра периодического сигнала.
 - А) СПЛОШНОЙ;
 - Б) ДИСКРЕТНЫЙ, ЛИНЕЙЧАТЫЙ С ЧАСТОТАМИ КРАТНЫМИ ОСНОВНОЙ ЧАСТОТЕ ВХОДНОГО СИГНАЛА;
 - В) ДИСКРЕТНЫЙ ЛИНЕЙЧАТЫЙ С ЧАСТОТАМИ НЕКРАТНЫМИ ОСНОВНОЙ ЧАСТОТЕ ВХОДНОГО СИГНАЛА.

Тест №2

2. Период повторения сигнала равен 1 мкс. Чему равна частота второй гармоники спектра сигнала
 - А) 2 МГц;
 - Б) 1 МГц;
 - В) 0.5 МГц.

Тест №3

3. Как изменится ширина спектра импульса при увеличении его длительности в 2 раза?
 - а) уменьшится в 2 раза;
 - б) увеличится в 2 раза;
 - в) не изменится.

Тест №4

4. Чему равен интервал корреляции импульса длительностью 1 мкс?
 - а) 1 мкс;
 - б) 2 мкс;
 - в) 0.5 мкс.

Тест №5

5. Указать верное выражение для фазомодулированного сигнала с тональной модуляцией с частотой Ω .
 - а) $s(t) = A_0(1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_0 t$;
 - б) $s(t) = A_0(\cos \omega_0 t + \cos \Omega t)$;
 - в) $s(t) = A_0(\cos \omega_0 t + m \cdot \cos \Omega t)$.

Тест №6

6. Чему равна ширина спектра амплитудномодулированного сигнала с несущей частотой ω_0 и наивысшей частотой спектра информационного сигнала Ω_m ?
 - а) $2\omega_0$;
 - б) $2\Omega_m$;
 - в) $\omega_0 - \Omega_m$;
 - г) $\omega_0 + \Omega_m$.

6.4 Вопросы к СРС

1. Соотношение между длительностью сигнала и шириной его спектра
2. Ряд Котельникова
3. Соотношение между $R(\tau)$ и $S(\omega)$
4. Спектр радиосигнала при АЧ модуляции
5. Корреляционная функция модулированного колебания
6. Дискретизация узкополосного сигнала
7. Спектральный метод анализа прохождения сигнала через ЛЦ
8. Метод интеграла наложения
9. Метод огибающей
10. Аппроксимация нелинейного характера
11. Воздействие сигналов на НЭ
12. Нелинейные резонансные усилители
13. Детектирование
14. Амплитудный ограничитель
15. Умножение частоты

6.5 Вопросы к экзамену.

1. Классификация сигналов
2. Обобщенный ряд Фурье
3. Гармонический анализ периодического сигнала
4. Ряд Фурье
5. Периодическая последовательность прямоугольного импульса
6. Спектр РОЛ импульсов
7. Спектр меандра
8. Спектр пилообразного напряжения
9. Спектр треугольных импульсов
10. Мощность периодического сигнала
11. Гармонический анализ непериодического сигнала
12. Свойства преобразования Фурье
13. Распространение энергии в спектре непериодического сигнала
14. Спектр прямоугольного импульса
15. Спектр Гауссова импульса
16. Спектр импульса $\text{Sin}(x)/x$
17. Дельта импульс
18. Спектр единичного сигнала
19. Спектр экспоненциального импульса
20. Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи
21. Метод огибающей
22. Прохождение радиоимпульса через резонансный усилитель
23. Искажение АМ колебания в резонансном усилителе
24. Интегральные цепи
25. Дифференциальные цепи
26. Метод интегрального наложения
27. Спектральный метод
28. Применение ООС
29. Обратная связь в усилителях
30. Резонансный усилитель
31. Каскадное соединение усилителей
32. Частотные и временные характеристики
33. Аналитический сигнал
34. Огибающая, фаза и частота узкополосного сигнала
35. Спектр колебания при смешанной АМ-ЧМ
36. Спектр радиоимпульса с ЧМ заполнением
37. Фазовая и частотная модуляция
38. Спектр угловой модуляции
39. Угловая модуляция
40. Спектр амплитудной модуляции
41. Амплитудная модуляция
42. Модуляция
43. Узкополосный сигнал
44. Спектр колебания при угловой модуляции.

6.6 ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Анализ детерминированных сигналов и их передача через линейные цепи с постоянными и переменными параметрами

Задание по этой части самостоятельной работы может быть посвящено:

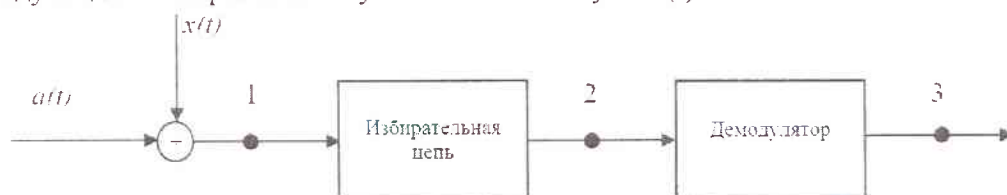
- элементам общей теории сигналов;
- спектральному представлению сигналов;
- модулированным сигналам;
- сигналам с ограниченным спектром;
- воздействию детерминированных сигналов на линейные стационарные системы, частотно-избирательные системы, нелинейные и параметрические цепи;
- элементам синтеза линейных частотных фильтров.

В качестве основы заданий могут быть использованы задачи 2, 3 из прил. 3 [10]. При выполнении этих заданий необходимо:

- 1) представить исследуемые сигналы во временной и частотной областях графически и аналитически;
- 2) обосновать аппроксимацию аналитического сигнала, оценить погрешность аппроксимации и найти параметры аппроксимирующей функции;
- 3) определить практическую ширину полосы частот, занимаемую сигналом, и ее зависимость от основных временных параметров сигнала или параметров модуляции;
- 4) выявить какие-либо общие свойства анализируемых сигналов;
- 5) привести примеры практического использования анализируемых сигналов, например, для передачи информации, испытания радиочепей и др.;
- 6) найти аналитическое описание частотных, временных характеристик и амплитудных характеристик исследуемой радиочепи; изобразить их график;
- 7) найти сигнал и его характеристики на выходе радиочепи; описать точно и приближенно преобразования сигнала в радиочепи; построить необходимые графики;
- 8) определить влияние основных параметров цепи (постоянных времени, частоты резонанса, полосы пропускания и др.) на сигнал; проиллюстрировать это влияние;
- 9) привести примеры использования исследуемой цепи в радиоустройствах;
- 10) проанализировать, как упрощение схемы цепи (понижение порядка) повлияет на основные параметры и характеристики.

Анализ передачи смеси полезного сигнала и шума через типовое радиотехническое звено

На входе цепи действует аддитивная смесь полезного сигнала $a(t)$ с амплитудной или угловой модуляцией и нормального узкополосного шума $x(t)$



Крутизна характеристики демодулятора при амплитудной модуляции равна 1, а при угловой модуляции сигнал на выходе составляет 1 В при расстройке, равной величине девиации частоты. Полезный сигнал на входе имеет случайную, распределенную равномерно начальную фазу.

При выполнении этого задания необходимо:

- 1) определить отношение сигнал/помеха по мощности в точках 1, 2 и 3. В точке 3 полезным сигналом является только переменная составляющая сигнала, обусловленная модуляцией;
- 2) найти выражение и построить график корреляционной функции и энергетического спектра суммарного сигнала в точках 2 и 3 при наличии и отсутствии модуляции;
- 3) оценить закон распределения суммарного сигнала в точках 1, 2 и 3 при наличии и отсутствии модуляции. В случае угловой модуляции определить необходимый порог ограничения по амплитуде входного сигнала демодулятора;

4) предложить и обосновать способ увеличения отношения сигнал/помеха на выходе без изменения параметров модуляции; оценить получаемое при этом увеличение отношения сигнал/помеха и предел этого увеличения.

4 семестр

6.7. Текущий контроль.

Тесты рейтинг-контроля №1

Тест №1

1. Какой случайный сигнал называют стационарным?

- а) случайный сигнал, у которого характеристики не зависят от момента наблюдения;
- б) случайный сигнал, у которого характеристики зависят от момента наблюдения;
- в) случайный сигнал, у которого при вычислении характеристик можно производить усреднение по времени.

Тест №2

2. Что такое гауссов шум?

- а) случайный сигнал, у которого зависимость амплитуды от времени $A(t)$ имеет форму гауссовой кривой;
- б) случайный сигнал, у которого плотность вероятности $P(x)$ имеет форму гауссовой кривой;
- в) случайный сигнал, у которого спектральная плотность энергии $|S(\omega)|^2$ имеет форму гауссовой кривой.

Тест №3

3. Укажите формулу взаимосвязи АКФ случайного сигнала с нулевым средним и спектральной плотности мощности.

- а) $B_x(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$;
- б) $B_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$;
- в) $B_x(\tau) = \int_0^{\tau} |S(\omega)|^2 e^{-j\omega\tau} d\omega$.

Тест №4

4. Формула взаимосвязи частотной и импульсной характеристики.

- а) $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt$;
- б) $K(j\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) dt$;
- в) $K(j\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) e^{-j\omega t} dt$.

Тест №5

5. Указать верную формулу для спектральной плотности сигнала на выходе идеального интегратора.

а) $S_{\text{вых}}(\omega) = \frac{1}{j\omega\tau} S_{\text{вх}}(\omega);$

б) $S_{\text{вых}}(\omega) = j\omega\tau S_{\text{вх}}(\omega);$

в) $S_{\text{вых}}(\omega) = S_{\text{вх}}(\omega)e^{j\omega\tau}.$

Тест №6

6. Как изменяется АКФ случайного сигнала при прохождении через интегрирующую цепь?

а) не изменится;

б) уменьшаются осцилляции АКФ;

в) увеличиваются осцилляции АКФ.

Тесты рейтинг-контроля №2

Тест №1

1. Указать верную форму кусочно-линейной аппроксимации ВАХ нелинейного элемента.

а) $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = a_0 + a_1(U_{\text{вх}} - U_0);$

б) $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} (U_{\text{вх}} - U_0), & \text{если } U_{\text{вх}} > U_0 \\ S(U_{\text{вх}} - U_0)^2, & \text{если } U_{\text{вх}} < U_0 \end{cases};$

в) $i_{\text{вых}}(U_{\text{вх}}) = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{\text{вх}} > U_n \\ S(U_{\text{вх}} - U_n), & \text{если } U_{\text{вх}} < U_n \end{cases}.$

Тест №2

2. Чтобы увеличить глубину модуляции при получении АСМ необходимо:

а) увеличить амплитуду модулирующего напряжения;

б) уменьшить амплитуду моделирующего напряжения;

в) увеличить частоту моделирующего напряжения;

г) увеличить амплитуду несущего колебания.

Тест №3

3. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

а) $K_v(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1;$

б) $K_v(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1;$

в) $K_v(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1.$

Тест №4

4. В каком режиме должен работать нелинейный элемент в автогенераторе при жёстком режиме запуска?

а) А;

б) В;

в) С.

Тест №5

5. Чему равно число различных коэффициентов C_k в дискретном преобразовании Фурье? Где T – длительность сигнала, Δ - интервал дискретизации.

- а) $N = T / \Delta$;
- б) $N = T \cdot \Delta$;
- в) $N = T^\Delta$;
- г) $N = \Delta^T$.

Тест №6

6. Укажите верное выражение для передаточной функции трансверсального фильтра

- а) $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}$;
- б) $K_T(j\omega) = \frac{\sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T}}{1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T}}$;
- в) $K_T(j\omega) = \sum_{k=0}^H a_k e^{-jk\omega T} \left(1 - \sum_{m=1}^H b_m e^{-jm\omega T} \right)$.

Тесты рейтинг-контроля №3

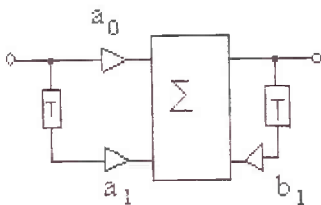
Тест №1

1. Указать верную формулу для нахождения выходного сигнала на выходе линейной цепи по методу интеграла наложения.

- а) $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{вх}}(\omega) K(j\omega) dt$;
- б) $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{вх}}(t) K(j\omega - \omega_0) dt$;
- в) $s_{\text{вых}}(t) = \int_0^t s_{\text{вх}}(\tau) g(t - \tau) d\tau$.

Тест №2

2. Охарактеризуйте цифровой фильтр, изображенный на рисунке.



- а) трансверсальный фильтр 1-ого порядка;
- б) рекурсивный фильтр 1-ого порядка;
- в) трансверсальный фильтр 2-ого порядка;
- г) рекурсивный фильтр 2-ого порядка.

Тест №3

3. Режим с каким углом отсечки необходимо выбрать при построении утроителя частоты на основе нелинейного элемента?

- а) 60° ;
- б) 90° ;
- в) 40° ;
- г) 180° .

Тест №4

4. Для выполнения частотного детектирования при использовании линейного частотного фильтра необходимо обеспечить условие

- а) $\omega_p = \omega_0$, т.е. равенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- б) $\omega_p \neq \omega_0$, т.е. неравенства резонансной частоты фильтра и несущей частоты частотномодулированного сигнала;
- в) $K(\omega_p) \gg K(\omega_0)$, т.е. коэффициент передачи фильтра на резонансной частоте должен быть существенно больше коэффициента передачи на несущей частоте.

Тест №5

5. Условие баланса амплитуд в автогенераторе.

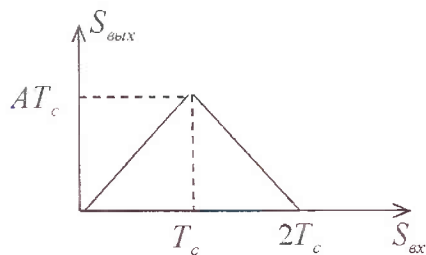
- а) $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) = 1$;
- б) $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) \ll 1$;
- в) $K_y(\omega_z) \cdot K_{oc}(\omega_z) > 1$.

Тест №6

6. Основная проблема синтеза цифрового фильтра по аналоговому прототипу.

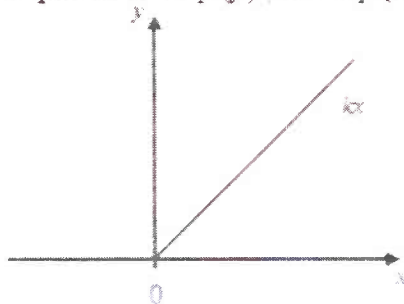
- а) дискретность импульсной характеристики цифрового фильтра;
- б) периодичность импульсной характеристики;
- в) периодичность частотной характеристики цифрового фильтра.

Входной сигнал – прямоугольный импульс. Укажите верную форму сигнала на выходе фильтра



Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ - Гауссово распределение, $m_x = 0$, $\sigma_x^2 = 1$,

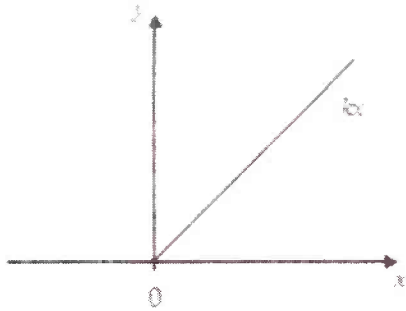
$k = 1$:



Задание 2.

Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ -распределение Рэлея, $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$

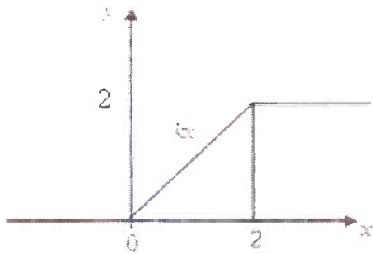
$k = 1$:



Задание 3.

Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ -распределение Гаусса, $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$

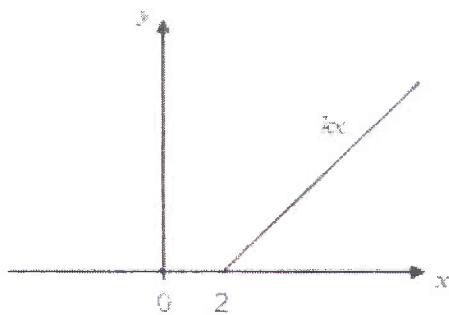
$k = 1$:



Задание 4.

Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ -распределение Гаусса, $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1$,

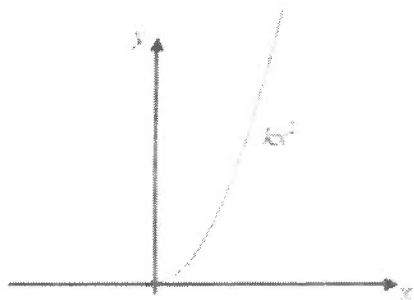
$k = 1$:



Задание 5.

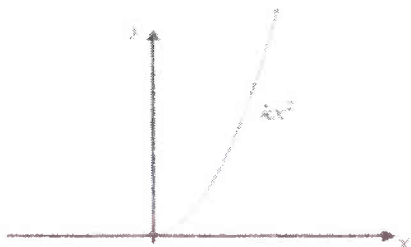
Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x) = \exp(-\alpha x)$, α - константа,

$m_x = 0, \sigma_x^2 = 1, k = 1$:



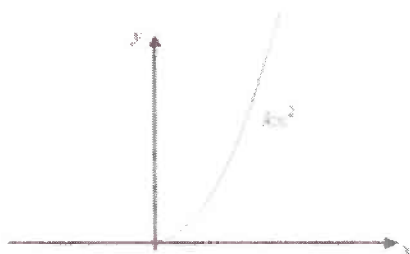
Задание 6.

Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ - распределение Рэлея, $m_x = 0, \sigma_x^2 = 1, k = 1$:



Задание 7.

Найти плотность вероятности $p(y)$, если $p(x)$ - равномерное распределение, на отрезке $[-\pi, 0]$, $k = \sqrt{3}$:



Задание 8.

Найти спектральную плотность мощности, если корреляционная функция процесса: $K = \sigma^2 \exp(-\alpha|\tau|)$

Задание 9.

Найти спектральную плотность мощности, если корреляционная функция процесса: $K = \sigma^2 \cos(\beta\tau)$

Задание 10.

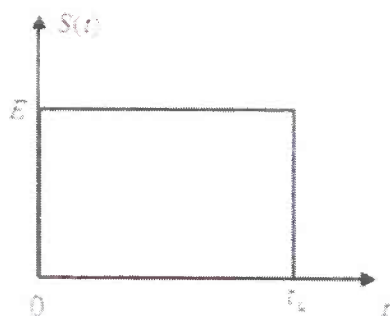
Найти корреляционную функцию процесса, если спектральная плотность мощности описывается функцией: $W(\omega) = W_0 \exp(-\beta\omega^2)$

Задание 11.

Найти корреляционную функцию процесса, если спектральная плотность мощности описывается функцией: $W(\omega) = W_0 \cos^2(\omega)$

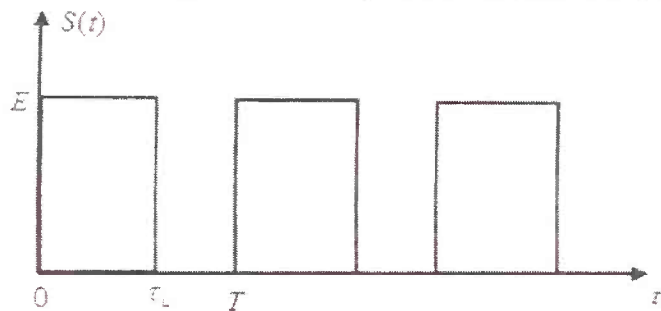
Задание 12.

Найти АКФ для сигнала представленного на рисунке:



Задание 13.

Найти АКФ для сигнала представленного на рисунке:



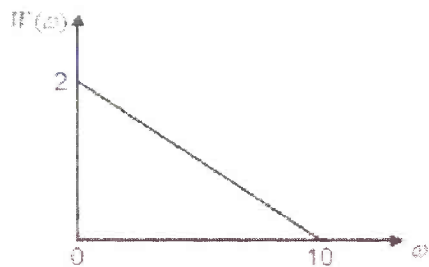
Задание 14.

Найти АКФ, если энергетический спектр описывается функцией:

$$W(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < -\varpi \\ W_0, & -\varpi < \omega < \varpi \\ 0, & \omega > \varpi \end{cases}$$

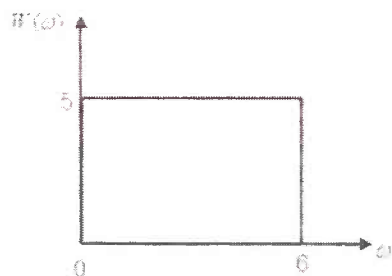
Задание 15.

Найти дисперсию процесса, если его спектральная плотность мощности:



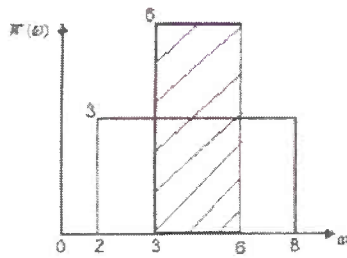
Задание 16.

Найти дисперсию процесса, если его спектральная плотность мощности:



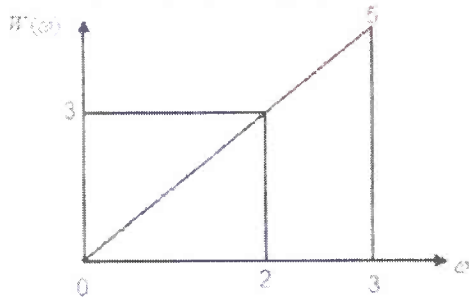
Задание 17.

Указать процесс, характеризующийся большей дисперсией:



Задание 18.

Указать процесс, характеризующийся большей дисперсией:



Задание 19.

Найти АКФ 3-х позиционного кода Баркера:

$$z = (1, 1, 1)$$

$$z = (1, -1, 1)$$

6.8 Вопросы к СРС

1. Параметрический усилитель
2. Распределение сигнала с мультипликативной помехой
3. БПФ
4. Кепстральный анализ сигналов
5. Принцип дискретной фильтрации
6. Передаточная функция цифрового фильтра
7. Характеристики цифр сигналов
8. Спектральный анализ на базе БПФ
9. Цифровой согласованный фильтр
10. Фильтр Баттерворта
11. Фильтр Чебошева

6.9 Вопросы к экзамену.

1. Классификация случайных процессов, стационарных СП, эргодическое свойство.
 2. Законы распределений случайных процессов, их свойства, условия стационарности в широком и узком смысле.
 3. Спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина.
 4. Моменты и моментные функции случайных процессов
 5. Модели случайных процессов, «белый шум» идеальный и реальный, нормальный широкополосный и узкополосный.
 6. Независимость и некоррелируемость случайных процессов, разложение узкополосного нормального шума на квадратурные независимые составляющие.
 7. Законы распределения огибающей фазы и частоты узкополосного нормального шума.
 8. Преобразование спектральной плотности мощности и ковариационной функции в линейной цепи. Воздействие «белого шума» на линейную цепь.
 9. Распространение суммы независимых гармонических колебаний со случайными фазами.
 10. Нормализация случайных процессов в линейных цепях (примеры). Денормализация (примеры).
 11. Преобразование закона распределения случайного процесса в нелинейном безынерционном элементе.
 12. Методы отыскания энергетических характеристик СП на выходе нелинейной цепи.
 13. Воздействие нормального узкополосного шума на линейный и квадратичный амплитудные детекторы.
 14. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на линейный амплитудный детектор. Распределение огибающей и его свойства. Отношение С/П при малом и большом сигнале.
 15. Воздействие суммы гармонического сигнала и нормального узкополосного шума на частотный детектор. С/П на выходе (пример).
 16. Понятие об основных задачах статической радиотехники на примере различных систем.
 17. Согласованная фильтрация заданного сигнала. Неравенство Шварца.
 18. Частотная и импульсная характеристика согласованного с заданным сигналом фильтра. Критерий Пэли-Винера.
 19. Сигнал и шум на выходе согласованного фильтра. Форма полезного сигнала и корреляционная функция шума, понятие корреляционной функции детектированного сигнала.
 20. Построение фильтров, согласованных с одиночным прямоугольным импульсом и с пачкой импульсов.
 21. Согласованный фильтр для радиоимпульса с ЛЧМ.
 22. Принцип формирования сигнала, согласованного с заданным фильтром. Согласованная фильтрация при небелом шуме на входе.
- Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. Учебно-методическая и информационное обеспечение дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы»

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	Книгообеспеченность	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. И.С. Гоноровский, М.П. Демин. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. Радио связь. Изд. 4-е., 511 с.	1986 г.	60	-
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 5-е, Высшая школа, 462 с. Учебник для вузов.	2005 г.	8	-
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. Изд. 2-е, Высшая школа, 214 с.	2002 г.	9	-
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. Изд. 1-е, Высшая школа, 207 с.	1987 г.	36	-
5. О.Р. Никитин, Е.А. Архипов, Н.Н. Корнеева./Владимир: Изд. 1-е, ВлГУ, . -79 с. Учебник для вузов.	2019 г.	10	+
Дополнительная литература			
1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Изд. 2-е, Высшая школа, 448 с. Учебник для вузов.	1988 г	37	-
2. Попов В.П. Основа Теории Цепей. Учебник для вузов. Изд. 4-е, Высшая школа, 575 с.	2003 г	5	-

7.3. Научно-технические журналы

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;

- Цифровая обработка сигналов
- Успехи современной радиоэлектроники
- Радиотехника
- Электроника
- *IEEE Transactions on Communications;*
- *IEEE Transactions on Signal Processing;*
- *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.*

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ»

Материально-Техническое обеспечение включает:

- Кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3, 335-3);
- Наборы слайдов по всем лекциям (от 25 до 40 слайдов по каждой лекции);
- Лабораторные стенды по РТЦиС (ауд. 302-3)

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению: «11.03.01 Радиотехника»

Рабочую программу составил:

зав.каф. РТиРС, д.т.н., проф.:  О.Р.Никитин

Сторонний рецензент(ы)  ген директор «ВКБР», к.т.н. А.Е. Богданов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

протокол № 13 от 26.06.2019 года.

Заведующий кафедрой  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления _____ года.

протокол № 4 от 28.06.19 года.

Председатель комиссии  О.Р. Никитин

