



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Школа)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 21 » апреля 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента электроники,
телекоммуникации и приборостроения

(подпись)

Стаценко Л.Г.

(Ф.И.О.)

« 21 » апреля 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы связи

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Видеоинформационные технологии и цифровое вещание

Форма подготовки очная

курс 2, 3 семестр 4,5

лекции 54 час.

практические занятия 144 час.

лабораторные работы 68 час.

в том числе с использованием МАО лек. 0 / пр. 72 / лаб. 32 час.

всего часов аудиторной нагрузки 252 час.

в том числе с использованием МАО 104 час.

самостоятельная работа 54 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект 3 курс

зачет 4 семестр

экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. №930.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения

протокол № 11 от «21» апреля 2021 г.

Директор департамента д.ф.-м.н. Стаценко Любовь Григорьевна

Составитель : к.ф.-м.н, доцент Родионов Александр Юрьевич

Владивосток

2021

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение свойств разнообразных полезных сигналов и помех, а также принципов их математического описания, свойств физических систем, выполняющих роль радиотехнических цепей, методов анализа преобразований сигналов в радиотехнических цепях, способов построения основных видов цепей и приёмов синтеза радиотехнических цепей с заданными свойствами.

Задачи:

- знакомство с основными характеристиками и принципами математического описания сигналов и помех, а также методом преобразования сигналов в радиотехнических цепях;
- проведение практических занятий для закрепления пройденного материала;
- Для успешного изучения дисциплины «Теоретические основы связи» у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:
 - ОПК-4
 - УК-1

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование универсальной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	ОПК-1.1 Выделяет известные физические и математические законы в явлениях окружающего мира ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач
ОПК-2	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки
ОПК-3	ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-1.1 Выделяет известные физические и математические законы в явлениях окружающего мира	Знает основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров классификацию и способы представления сигналов, спектральные представления сигналов и энергетические спектры и принципы корреляционного анализа.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	<p data-bbox="727 266 1509 483">Умеет использовать методы записи аналитических выражений и математических моделей сигналов, выполнять поиск динамических представлений сигналов, вычислять энергию сигналов. Находить скалярное произведение сигналов, автокорреляционных функций (АКФ) видео- и радиоимпульсов.</p> <p data-bbox="727 524 1331 584">Владеет методами решения задач в области статистической радиотехники</p>
<p data-bbox="225 804 703 902">ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач</p>	<p data-bbox="727 602 1474 779">Знает корреляционную теорию случайных процессов, статистическую радиотехнику, основы теории случайных процессов, спектральные представления стационарных случайных процессов, математические операции над случайными процессами.</p> <p data-bbox="727 857 1501 1034">Умеет выполнять построение векторных диаграмм АМ-сигналов, спектральных диаграмм АМ-сигналов, умеет решать прочие задачи об амплитудной модуляции, находить величины мгновенной частоты заданных сигналов, находить спектры ЧМ- и ФМ-сигналов</p> <p data-bbox="727 1041 1445 1102">Владеет терминологией и инструментами в области модуляционных процессов</p>
<p data-bbox="225 1323 687 1453">ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки</p>	<p data-bbox="727 1117 1501 1294">Знает элементы теории синтеза линейных частотных фильтров, аналитические свойства входного сопротивления пассивного двухполюсника, дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации, модели дискретных сигналов.</p> <p data-bbox="727 1301 1506 1554">Умеет выполнять разложение сигналов с ограниченным спектром в виде суммы идеальных низкочастотных сигналов, определять минимальных временных интервалов между отсчётами некоторого сигнала, необходимых для неискажённого воспроизведения. Определять выражения комплексных огибающих для заданных сигналов.</p> <p data-bbox="727 1594 1426 1666">Владеет методами и приемами создания и анализа линейных и нелинейных цепей.</p>
<p data-bbox="225 1749 671 1883">ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели</p>	<p data-bbox="727 1673 1445 1812">Знает теорию моделирования активных цепей с обратной связью, передаточные функции линейных систем с обратной связью, теорию периодических сигналов и z-преобразования.</p> <p data-bbox="727 1818 1509 1890">Умеет реализовывать алгоритмы цифровой фильтрации, выполнять синтез линейных цифровых фильтров.</p> <p data-bbox="727 1897 1430 1957">Владеет инструментами моделирования цифровых фильтров</p>

2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине
«Теоретические основы связи»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц 252 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины: «Теоретические основы связи»

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной и текущей аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Теоретические основы связи	4	36	18	36	-	18	-	УО-1; ПР-6; ПР-5; ПР-7
2	Теоретические основы связи	5	18	18	36	-	36	36	УО-1; ПР-6; ПР-5; ПР-7; ПР-11

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия 4 семестр (36 час.)

Раздел I. Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров (6 часов)

Введение в дисциплину. Классификация и способы представления сигналов. Спектральные представления сигналов. Энергетические спектры и принципы корреляционного анализа.

Раздел II. Модулированные сигналы (6 часов)

Сигналы с амплитудной модуляцией. Сигналы с угловой модуляцией. Сигналы с внутриимпульсной частотной модуляцией. Сигналы для стереофонии.

Раздел III. Сигналы с ограниченным спектром (6 часов)

Некоторые математические модели сигналов с ограниченным спектром. Теорема Котельникова. Узкополосные сигналы.

Раздел IV. Корреляционная теория случайных процессов (6 часов)

Введение в статистическую радиотехнику. Основы теории случайных процессов. Спектральные представления стационарных случайных процессов. Математические операции над случайными процессами. Узкополосные случайные процессы.

Раздел V. Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы (6 часов)

Физические системы, их математические модели и характеристики. Линейные динамические системы. Спектральный метод анализа сигналов в линейных стационарных системах. Операторный метод анализа сигналов в линейных стационарных системах.

Раздел VI. Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы (6 часов)

Спектральный метод анализа воздействия сигналов на линейные стационарные цепи. Источники флуктуационных шумов в радиотехнических устройствах.

Лекционные занятия 5 семестр (18 час.)

Раздел VII. Элементы теории синтеза линейных частотных фильтров (6 часов)

Аналитические свойства входного сопротивления пассивного двухполюсника. Синтез пассивных двухполюсников. Частотные характеристики четырёхполюсников. Фильтры нижних частот. Реализация фильтров.

Раздел VIII. Активные цепи с обратной связью (6 часов)

Передаточная функция линейной системы с обратной связью. Устойчивость цепей с обратной связью. Активные RC -фильтры.

Раздел IX. Дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации (6 часов)

Модели дискретных сигналов. Дискретизация периодических сигналов. Теория z -преобразования. Цифровые фильтры. Реализация алгоритмов цифровой фильтрации. Синтез линейных цифровых фильтров.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия 4 семестр (36 час.)

Занятие 1. Способы представления сигналов (3 часа)

1. Методы записи аналитических выражений и математических моделей сигналов
2. Поиск динамических представлений сигналов
3. Вычисление энергии сигналов
4. Нахождение скалярного произведения сигналов

Занятие 2. Спектральные представления сигналов (3 часа)

1. Представление сигналов рядами Фурье
2. Нахождение спектральной плотности сигналов
3. Преобразование Лапласа некоторых сигналов

Занятие 3. Энергетические спектры и принципы корреляционного анализа (3 часа)

1. Нахождение и построение энергетических спектров некоторых сигналов
2. Нахождение автокорреляционных функций (АКФ) видео- и радиоимпульсов
3. Дискретную АКФ последовательности импульсов
4. Исследовать сигналы Баркера
5. Найти взаимокорреляционную (ВКФ) функцию двух сигналов

Занятие 4. Сигналы с амплитудной модуляцией (3 часа)

1. Построение векторных диаграмм АМ-сигналов
2. Оценка числа вещательных каналов в заданных диапазонах частот при амплитудной модуляции
3. Построение спектральных диаграмм АМ-сигналов
4. Поиск формулы для расчёта коэффициента модуляции по осциллограмме модулированного сигнала
5. Решение прочих задач об амплитудной модуляции

Занятие 5. Сигналы с угловой модуляцией (3 часа)

1. Нахождение величины мгновенной частоты заданных сигналов
2. Нахождение спектров ЧМ- и ФМ-сигналов
3. Нахождение девиации фазы ФМ-сигналов

Занятие 6. Сигналы с линейной частотной модуляцией и сигналы для стереофонии (3 часа)

1. Нахождение частоты ЛЧМ-сигнала
2. Нахождение базы ЛЧМ-сигнала
3. Вычисление энергии ЛЧМ-импульсов
4. Нахождение частоты поднесущей полярно модулированного колебания
5. Нахождение частот всех спектральных составляющих полярно модулированного колебания

Занятие 7. Сигналы с ограниченным спектром. Ряд Котельникова (3 часа)

1. Представление сигналов с ограниченным спектром в виде суммы идеальных низкочастотных сигналов
2. Определение минимальных временных интервалов между отсчётами некоторого сигнала, необходимых для неискажённого воспроизведения.
3. Нахождение нормы сигнала с ограниченным спектром
4. Разложение сигналов в ряд Котельникова

Занятие 8. Узкополосные сигналы. Комплексная огибающая (3 часа)

1. Получение выражений комплексных огибающих для заданных сигналов
2. Нахождение синфазных и квадратурных амплитуд сигнала
3. Нахождение минимального и максимального значений мгновенной частоты ОБП-сигнала

Занятие 9. Введение в статистическую радиотехнику (3 часа)

1. Решение простейших задач на вероятность
2. Построение графиков функций распределения
3. Нахождение моментов случайных величин

4. Нахождение плотности вероятности

Занятие 10. Функция корреляции и спектр мощности (3 часа)

1. Нахождение функций корреляции случайных процессов
2. Рассмотрение эргодических и неэргодических процессов
3. Нахождение спектра мощности случайных процессов

Занятие 11. Узкополосные случайные процессы (2 часа)

1. Нахождение вероятности превышения случайным процессом определённых значений
2. Нахождение функции корреляции огибающей узкополосного случайного процесса
3. Нахождение значений дисперсии и средних значений напряжения случайных процессов

Занятие 12. Передаточная функция и частотный коэффициент передачи цепи (2 часа)

1. Нахождение передаточной функции заданных цепей
2. Нахождение частотного коэффициента передачи заданных цепей
3. Нахождение координат нулей и полюсов передаточной функции
4. Рассмотрение вопросов физической реализуемости частотно-избирательных цепей

Занятие 13. Импульсная и переходная характеристики (2 часа)

1. Нахождение и построение графиков импульсных характеристик заданных цепей
2. Нахождение импульсной характеристики из частотного коэффициента передачи

3. Нахождение и построение графиков переходных характеристик заданных цепей

Практические занятия 5 семестр (36 час.)

Занятие 14. Интеграл Дюамеля. Преобразование Лапласа (3 часа)

1. Нахождение сигналов на выходе заданных частотно-избирательных цепей по известным импульсным характеристикам

2. Нахождение переходных характеристик цепей при помощи преобразования Лапласа

Занятие 15. Спектр мощности и функция корреляции случайного сигнала на выходе линейной системы (3 часа)

1. Нахождение функций корреляции случайных процессов на выходе линейных цепей

2. Нахождение взаимокорреляционной функции случайных процессов в линейной системе

3. Расчёт шумовых полос линейных цепей

Занятие 16. Источники шума в радиотехнических цепях (3 часа)

1. Нахождение эффективных значений напряжения шумовых сигналов на выходе устройств

2. Расчёт дробового и теплового шума в цепях

3. Нахождение дисперсии шумов в устройствах

Занятие 17. Синтез пассивных двухполюсников (3 часа)

1. Синтез двухполюсников по заданным входным сопротивлениям

2. Синтез двухполюсников Кауэра

3. Синтез двухполюсников Фостера

Занятие 18. Синтез фильтров нижних частот (3 часа)

1. Нахождение передаточной функции фильтра по заданному коэффициенту передачи мощности
2. Анализ прохождения сигналов через фильтры с известными параметрами
3. Нахождение передаточной функции фильтров Баттерворта и Чебышева
4. Нахождение координат нулей и полюсов фильтров Чебышева и Баттерворта

Занятие 19. Цепи и системы с обратной связью (3 часа)

1. Нахождение передаточных функций активных фильтров
2. Решение задач про системы с обратной связью

Занятие 20. Спектры дискретных сигналов. Дискретное преобразование Фурье (3 часа)

1. Вычисление спектральной плотности импульсных последовательностей
2. Расчёт периода дискретизации, соответствующего теореме Котельникова
3. Вычисление коэффициентов ДПФ некоторого дискретного сигнала
4. Восстановление аналогового сигнала по коэффициентам ДПФ

Занятие 21. Теория z-преобразования. Дискретная свёртка (3 часа)

1. Получение z-преобразования дискретных сигналов
2. Нахождение общих членов последовательности по заданным z-преобразованиям
3. Нахождение дискретных сигналов по заданным z-преобразованиям

4. Нахождение свёртки дискретных сигналов

Занятие 22. Линейные стационарные цифровые фильтры (3 часа)

1. Нахождение системной функции, импульсной характеристики и частотного коэффициента передачи цифрового фильтра по заданному закону выходной последовательности

2. Вычисление импульсной характеристики ЦФ по его системной функции

3. Нахождение величины шага квантования, а также расчёт дисперсии шумов квантования

4. Реализация цифрового фильтра по заданной системной функции

Занятие 23. Выделение полезного сигнала с помощью линейного частотного фильтра (3 часа)

1. Нахождение соотношения сигнал/шум на входе фильтра

2. Нахождение соотношения сигнал/шум на выходе фильтра

3. Исследование влияния частотного коэффициента передачи фильтра на отношение сигнал/шум

Занятие 24. Оптимальная линейная фильтрация сигналов известной формы (2 часа)

1. Исследование согласованных фильтров

2. Прохождение суммы сигнала и шума через согласованный фильтр

3. Согласованный фильтр как коррелятор

Занятие 25. Реализация согласованных фильтров (2 часа)

1. Анализ согласованного фильтра для прямоугольного видеоимпульса

2. Анализ согласованного фильтра для пачки одинаковых видеоимпульсов

3. Анализа согласованного фильтра для прямоугольного радиоимпульса
4. Анализ согласованного фильтра для сигналов Баркера
5. Анализ согласованного фильтра для ЛЧМ-импульса

Занятие 26. Сравнение помехоустойчивости радиосистем с амплитудной и частотной модуляцией (2 часа)

1. Анализ амплитудного детектора в режиме сильного сигнала
2. Рассмотрение порогового эффекта при детектировании
3. Рассмотрение причины высокой помехоустойчивости широкополосных ЧМ-систем
4. Аналитическое рассмотрение помехоустойчивости систем с ЧМ-сигналами
5. Анализ частотного детектора в режиме сильного сигнала

Лабораторные работы (36 часов)

4 семестр (18 часов)

Исследование спектральных характеристик импульсных сигналов

Цель работы: исследование спектральных характеристик импульсных сигналов, выяснить зависимость ширины спектра от длительности импульса, зависимость формы спектра от формы импульса.

Исходные данные:

Виды импульсов:

1. Прямоугольный
2. Треугольный
3. Пилообразный
4. Экспоненциальный односторонний
5. Экспоненциальный двухсторонний
6. Гауссовский

Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB Simulink.

Порядок выполнения работы:

1. Открыть файл LAB 1.mdl;
2. Заданы 6 генераторов различных импульсных сигналов; 6-ти входовой осциллограф; 6-спектроанализаторов;
3. Задать длительность импульсов $\tau_{\text{и}} = 0,01$ с. Оценить относительную ширину спектров ΔF по уровню -20 дБ от максимума. Рассчитать параметр $\lambda = \tau_{\text{и}} \Delta F$ для каждого импульса;
4. Уменьшить скважность $q = \frac{T}{\tau_{\text{и}}}$ от значения ∞ (для одиночного импульса) до $q = 10$. Оценить изменения в структуре спектра и графически определить расстояние между двумя ближайшими дискретными гармониками ΔF ;
5. Изменить скважность от 10 до 5. Определить ΔF ;
6. Сравнить измеренные значения ΔF с периодом повторения импульсов $T = 1/\Delta F$;
7. Сделать выводы по следующим параметрам: у какого одиночного импульса меньший уровень боковых лепестков. На что в спектре влияет форма импульса, длительность, период повторения? Записать для $q = 2$ ряд Фурье для прямоугольного, треугольного и пилообразного импульсов;

Амплитудная модуляция

Цель работы: исследование основных характеристик амплитудной модуляции и ее помехоустойчивости.

Исходные данные: Источник низкочастотного сигнала (10 Гц), генератор несущей частоты (100 Гц), модулятор АМ, осциллограф, анализатор спектра.

Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB Simulink.

Порядок выполнения работы:

1. Открыть файл LAB2.mdl;
2. Собрать модулятор АМ – сигнала по формуле $S_{AM}(t) = U_0 \cdot (1 + M \cdot S_{НЧ}(t)) \cdot \cos \omega_0 t$, где $U_0 = 1В$, M – коэффициент АМ – модуляции, $S_{НЧ}(t)$ – тональный сигнал с частотой 10 Гц, $\omega_0 = 2\pi \cdot 100, Гц$;
3. Задать $M = 0$ и проверить сигнал на выходе. (На спектроанализаторе и осциллографе должна быть немодулированная гармоника с несущей частотой 100 Гц);
4. Меняя индекс модуляции M с шагом 0,2, замерить уровень боковых полос (гармоник) относительно уровня несущей частоты. Построить зависимость разницы амплитуд «несущей» и боковой полос от индекса M ;
5. По осциллограмме проверить соотношение $M = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U_{MAX} + U_{MIN}}$ для любого индекса модуляции;
6. Подать АМ – сигнал на нелинейное устройство (НЛУ – нелинейный усилитель). Сравнить для двух характеристик $U_{ВЫХ} \approx \sqrt{U_{ВХ}}$ и $U_{ВЫХ} \approx \sqrt[4]{U_{ВХ}}$, при этом рассчитать коэффициенты гармоник $K = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_N^2}}{U_1}$.
(Напряжения гармоник можно оценить по спектрограмме);
7. Сделать выводы: по тому, как зависит доля мощности, отдаваемая на боковую полосу от индекса M . Оценить эффективность АМ, по сравнению с балансной и однополосной модуляцией. Почему необходим линейный усилитель для АМ – сигналов;

Основные теоретические сведения

Для передачи информации на расстояние применяются сигналы, эффективно излучаемые с помощью антенных устройств и обладающие способностью распространяться в виде свободных радиоволн в среде, разделяющей отправителя и получателя информации. Такими сигналами являются высокочастотные колебания. Передаваемая информация должна быть

тем или иным способом заложена в высокочастотное колебание, называемое несущим. Частота ω_0 этого колебания выбирается в зависимости от расстояния, на которое должна передаваться информация, от условий распространения радиоволн и ряда других факторов. Но в любом случае частота ω должна быть велика с наивысшей частотой Ω спектра передаваемого сообщения. Это объясняется тем, что для неискаженной передачи сообщений через радиотехнические цепи, а также для устранения искажений, возникающих при распространении радиоволн, необходимо чтобы ширина спектра сообщения была мала по сравнению с частотой несущего колебания; чем меньше соотношение Ω/ω_0 , тем меньше проявляется несовершенство характеристик радиотехнических систем.

В самом общем случае математическая модель несущего колебания $U_{car}(t) = f(t, a_1, a_2, a_m)$ такова, что можно выделить некоторую совокупность параметров (a_1, a_2, a_m) , определяющих собой форму этого колебания. Пусть $s(t)$ – низкочастотное сообщение, подлежащее передаче по радиоканалу. Если, по крайней мере, один из параметров (a_1, a_2, a_m) изменяется во времени согласно передаваемому сообщению, то несущее колебание приобретает новое свойство – оно несет в себе информацию, которая первоначально была заключена в сигнале $s(t)$. Физический процесс управления параметрами несущего колебания и называется модуляцией.

В радиотехнике широкое распространение получили системы модуляции, использующие в качестве несущей простое гармоническое колебание

$$U_{car}(t) = U \cos(\omega t + \psi).$$

В гармоническом колебании возможно изменение трех свободных параметров U, ω, ψ по закону передаваемого сообщения. Изменяя тот или иной параметр, можно получить различные виды модуляции.

Принцип амплитудной модуляции

Если переменной во времени оказывается амплитуда сигнала $U(t)$, причем частота и фаза неизменны, то имеет место амплитудная модуляция (АМ) несущего колебания:

$$U_{car}(t) = U(t) \cos(\omega_0 t + \psi_0).$$

При амплитудной модуляции связь между огибающей $U(t)$ и модулирующим сигналом $s(t)$ определяется так:

$$U(t) = U_0 [1 + Ms(t)],$$

где U_0 – константа, амплитуда несущего колебания в отсутствие модуляции, M – коэффициент модуляции, его значение характеризует глубину модуляции.

Однотональная амплитудная модуляция

Простейший АМ – сигнал будет получен в случае, когда модулирующим сигналом является гармоническое колебание с частотой Ω . При этом получаем однотональный АМ сигнал:

$$U_{ai}(t) = U_0 [1 + Ms(t)] \cos(\omega_0 t).$$

Используя формулу для произведения косинусов, получаем:

$$U_{am}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t) + \frac{U_0 M}{2} \cos((\omega_0 + \Omega)t) + \frac{U_0 M}{2} \cos((\omega_0 - \Omega)t)$$

Полученная формула устанавливает спектральный состав однотонального АМ-сигнала:

ω_0 – несущая частота;

$\omega_0 + \Omega$ - верхняя боковая частота

$\omega_0 - \Omega$ - нижняя боковая частота

В спектре же сложномодулированного АМ-сигнала помимо несущего колебания содержится группа верхних и группа нижних боковых колебаний. При этом спектр верхних боковых колебаний является масштабной копией

спектра модулирующего сигнала, сдвинутой в область верхних частот на величину ω . Нижние боковые колебания также повторяют спектр $s(t)$, но располагаются в зеркальном порядке относительно несущей частоты. Из всего этого следует важный вывод: ширина спектра АМ-сигнала равна удвоенному значению наиболее высокой частоты в спектре модулирующего низкочастотного сигнала.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами принято характеризовать глубину АМ?
2. Поясните причину возникновения искажений в передаче сообщений, наблюдаемых при перемодуляции.
3. В каком соотношении между собой находятся частоты несущего и модулирующего колебаний?
4. Чем определяется распределение мощности в спектре однотонового АМ сигнала?

5 семестр (18 часов)

Частотная модуляция

Цель работы: исследование основных характеристик частотной модуляции и ее помехоустойчивости.

Исходные данные: генератор низкочастотного сигнала (10 Гц), генератор несущей частоты (100 Гц), ЧМ – модулятор, осциллограф, спектроанализатор.

Лабораторная работа проводится с помощью программного продукта MATLAB Simulink.

Порядок выполнения работы:

1. Открыть файл LAB3.mdl;

2. Собрать модулятор ЧМ-сигнала по формуле
- $$U_{\text{хл}}(t) = U_0 \cos\left(\int_0^t (\omega_0 + \Delta\omega \cdot \sin(\Omega t + \psi)) dt\right),$$
- где $U_0 = 1\text{В}$, $\omega_0 = 2\pi \cdot 100$ рад/с, $\Omega = 2\pi \cdot 10$ рад/с, $\psi = 0$, m – индекс частотной модуляции ($m \approx 2 \dots 50$);
3. Задать $m = 0$ и поверить сигнал на выходе (на анализаторе спектра и осциллографе должна быть немодулированная гармоника несущей частоты $\omega_0 = 2\pi \cdot 100$ рад/с);
4. Изменяя индекс m от 0 до 5 с шагом 1, оценить ширину спектра по спектрограмме. Сравнить с расчетной $\Delta F = 2\Delta f$, где Δf – девиация частоты;
5. Найти при каких индексах m пропадает несущая частота ($U_{\omega_{\text{нес}}} = 0\text{В}$). Найти два первых значения m ;
6. Найти при каких индексах m пропадает первая гармоника. Найти одно значение m ;
7. Сделать выводы к какой форме стремится спектр ЧМ при больших значениях m . Почему амплитуды отдельных гармоник неравномерны или, вообще, равны нулю. Рассмотреть преимущества и недостатки ЧМ перед АМ. Какие усилители мощности можно применять для ЧМ.

Основные теоретические сведения

Рассмотрим модулированные радиосигналы, характеризующиеся тем, что в несущем гармоническом колебании

$$u_{\text{car}}(t) = U \cos(\omega t + \psi).$$

Передаваемое сообщение $s(t)$ изменяет либо частоту ω , либо начальную фазу ψ ; амплитуда U_0 остается неизменной. Поскольку аргумент гармонического колебания

$$\phi(t) = \omega t + \varphi,$$

Называемый полной фазой, определяет текущее значение фазового угла, то такие сигналы получили название сигналов с угловой модуляцией.

Принцип угловой модуляции

Предположим, что полная фаза связана с модулирующим сигналом зависимостью вида

$$\phi(t) = \omega_0 t + ks(t),$$

где k – коэффициент пропорциональности, ω_0 – значение частоты при отсутствии полезного сигнала. Такую модуляцию, называют фазовой модуляцией (ФМ или РМ (Phase Modulation)):

$$U_{PM} = U_0 \cos(\omega_0 t + ks(t)).$$

В те моменты времени, когда $s(t)$ достигает экстремальных значений, абсолютная величина фазового сдвига между ФМ – сигналом и немодулированным гармоническим колебанием оказывается наибольшей. Предельные значения этого фазового сдвига вверх и вниз называют девиацией фазы:

$$\Delta\phi_{up} = ks_{max} - \text{девиация фазы вверх};$$

$$\Delta\phi_{down} = ks_{min} - \text{девиация фазы вниз}.$$

Мгновенная частота $\omega(t)$ сигнала с угловой модуляцией определяется как первая производная от полной фазы по времени:

$$\omega(t) = \frac{d\phi}{dt},$$

так что

$$\phi(t) = \int_{-\infty}^t \omega(t) dt.$$

Если между величинами $s(t)$ и $\omega(t)$ имеется связь вида

$$\omega(t) = \omega_0 + ks(t),$$

то имеет место частотная модуляция сигнала (ЧМ или FM (Frequency Modulation)):

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos \left[\omega_0 t + k \int_{-\infty}^t s(t) dt \right].$$

Основными параметрами ЧМ – сигнала являются:

$\Delta\omega_{up} = k s_{max}$ - девиация частоты вверх;

$\Delta\omega_{down} = k s_{min}$ - девиация частоты вниз.

Если $s(t)$ – достаточно гладкая функция времени, то внешних различий между ФМ- и ЧМ- сигналами нет. Но между ними есть принципиальная разница: фазовый сдвиг ФМ – сигнала по отношению к немодулированному колебанию пропорционален $s(t)$, в то время как для ЧМ – сигнала этот сдвиг пропорционален интегралу от передаваемого сообщения.

Однотональные сигналы с угловой модуляцией

В случае однотонального ЧМ – сигнала мгновенная частота

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos(\Omega t),$$

где $\Delta\omega$ – девиация частоты сигнала. Полная фаза такого сигнала

$$\phi(t) = \omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin(\Omega t).$$

Отсюда видно, что величина

$$m = \frac{\Delta\omega}{\Omega},$$

носящая название индекса однотональной частотной модуляции, отображает собой девиацию фазы сигнала (в радианах). Тогда мгновенное значение ЧМ – сигнала можно записать в виде

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + m \sin(\Omega t))$$

Аналитическая форма записи ФМ – сигнала будет той же, но ЧМ- и ФМ – сигналы ведут себя по-разному при изменении частоты модуляции и амплитуды модулирующего сигнала.

Спектральное разложение сигналов с угловой модуляцией при малых индексах модуляции

Положим $m \ll 1$ и преобразуем $u_{FM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + m \sin(\Omega t))$ к виду:

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + m \sin(\Omega t)) = U_0 \cos(m \sin(\Omega t) \cos(\omega_0 t) - U_0 \sin(m \sin(\Omega t) \sin(\omega_0 t)))$$

Предположение малости m позволяет воспользоваться приближенными равенствами:

$$\begin{aligned}\cos(m \sin(\Omega t)) &\approx 1, \\ \sin(m \sin(\Omega t)) &\approx m \sin(\Omega t).\end{aligned}$$

Тогда

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t) + \frac{mU_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t - \frac{mU_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t.$$

Таким образом, при $m \ll 1$ в спектре сигнала с угловой модуляцией содержатся несущее колебание и две боковые составляющие, верхняя и нижняя, на частотах $\omega_0 + \Omega$ и $\omega_0 - \Omega$. Индекс m здесь играет такую же роль, как коэффициент амплитудной модуляции M .

Можно уточнить полученный выше результат, воспользовавшись двумя членами ряда в разложении гармонических функций малого аргумента. Тогда:

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos \left[\omega_0 t \left(1 - \frac{m^2 \sin^2 \Omega t}{2} \right) \right] - U_0 \sin \left[\omega_0 t \left(m \sin \Omega t - \frac{m^3 \sin^3 \Omega t}{6} \right) \right].$$

Несложные преобразования приводят к следующему результату:

$$\begin{aligned}u_{FM}(t) &= U_0 \left(1 - \frac{m^2}{4} \right) \cos(\omega_0 t) + U_0 m \left(1 - \frac{m^2}{8} \right) [\cos((\omega_0 + \Omega)t) - \cos((\omega_0 - \Omega)t)] + \\ &U_0 \frac{m^2}{8} [\cos((\omega_0 + 2\Omega)t) + \cos((\omega_0 - 2\Omega)t)] + U_0 \frac{m^3}{48} [\cos((\omega_0 + 3\Omega)t) - \cos((\omega_0 - 3\Omega)t)]\end{aligned}$$

Эта формула говорит о том, что в спектре сигнала с однотоновой угловой модуляцией помимо уже известных компонентов содержатся также верхние и нижние боковые колебания, отвечающие гармоникам частоты модуляции. Поэтому спектр такого сигнала по структуре сложнее, чем спектр аналогичного АМ – сигнала. Возникновение новых спектральных составляющих ведет к перераспределению энергии по спектру. Видно, что с ростом m амплитуда боковых составляющих увеличивается, в то время как амплитуда несущего колебания уменьшается пропорционально $(1 - m^2/4)$.

Также с ростом индекса модуляции наблюдается расширение полосы частот, занимаемой сигналом. Обычно полагают, что допустимо пренебречь

всеми спектральными составляющими, номера которых $k > m+1$. Отсюда следует оценка практической ширины спектра сигнала с угловой модуляцией:

$$W = 2(m + 1)\Omega.$$

Как правило, реальные ЧМ – и ФМ – сигналы характеризуются условием $m \gg 1$. Поэтому:

$$W = 2m\Omega = 2\Delta\omega.$$

Известно, что АМ – сигнал для своей передачи требует полосу частот, равной 2Ω , т.е. в m раз меньшей. Большая широкополосность ЧМ – и ФМ – сигналов обуславливает их применимость только на высоких частотах, в диапазоне метровых и более коротких волн. Однако именно широкополосность ведет к гораздо большей помехоустойчивости сигналов с УМ по сравнению с АМ – сигналами.

Контрольные вопросы

1. Укажите различия и сходства между сигналами ЧМ и ФМ.
2. Как связаны между собой частота модуляции, ее индекс и девиация частоты?
3. Каков спектральный состав ЧМ – и ФМ – сигналов при малых значениях индекса модуляции?
4. Чем характерны спектры ЧМ – и ФМ – сигналов при негармоническом модулирующем колебании?

Корреляционная функция. Корреляционный прием

Цель работы: исследование различных сигналов с собственными автокорреляционными структурами. Понять принцип корреляционного приема сигналов.

Ход работы:

1. Получить функцию автокорреляции одиночного прямоугольного импульса (видеоимпульса). Частота дискретизации 10 кГц. Длительность импульса составляет 0,1 с;

2. Получить функцию автокорреляции ЛЧМ импульса. Частота дискретизации 10 кГц. Длительность импульса составляет 0,1 с. Начальная частота равна 100 Гц, конечная 1000 Гц;
3. Получить функцию автокорреляции пачки из 7 прямоугольных импульсов. Найти кодовую комбинацию с минимальной АКФ.
4. Получить функцию взаимной корреляции одиночного прямоугольного импульса и одиночного треугольного импульса: а) одинаковой длительности; б) разной длительности (любое соотношение длительностей). По полученным результатам сделать выводы.

Основные теоретические сведения

На ранних этапах развития радиотехники вопрос о выборе наилучших сигналов для тех или иных конкретных применений был не очень острым. Это обуславливалось, с одной стороны, относительной простотой структуры передаваемых сообщений (телеграфные посылки, радиовещание). С другой стороны, практическая реализация сигналов сложной формы в комплексе со всем оборудованием для их кодирования, модуляции и обратного преобразования в сообщение оказывалась трудно осуществимой.

В настоящее время ситуация изменилась. В современных радиоэлектронных комплексах выбор используемых сигналов диктуется, прежде всего, не техническими удобствами их генерирования, а возможностью на базе этих сигналов оптимально, т.е. с наибольшей эффективностью, решать радиотехнической системой поставленные задачи.

В качестве примера рассмотрим принцип работы импульсного радиолокатора, предназначенного для измерения дальности до объектов. Здесь информация об объекте измерения заложена в величине τ – задержке по времени между зондирующим и принятым сигналами. Характерно, что формы зондирующего сигнала $u(t)$ и принятого сигнала $u(t - \tau)$ примерно одинаковы при любых задержках. Подобное устройство будет работать тем точнее, чем в большей степени разнятся друг от друга сигнал и его копия, смещенная во времени. Таким образом, тип сигнала играет важную роль.

Функция автокорреляции сигнала

Для количественного определения степени отличия сигнала $u(t)$ и его сдвинутой копии $u(t - \tau)$ принято вводить функцию автокорреляции $K_u(\tau)$, равной скалярному произведению этих двух сигналов:

$$K_u(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)u(t - \tau)dt. \quad (4.1)$$

Мы будем предполагать, что исследуемый сигнал имеет локализованный импульсный характер, и интеграл вида (4.1) существует.

Из (4.1) следует, что при $\tau = 0$ функция автокорреляции становится равной энергии сигнала:

$$K_u(0) = E_u. \quad (4.2)$$

К числу свойств этой функции также можно отнести ее четность. Но самое важное свойство функции автокорреляции состоит в том, что при любом значении временного сдвига τ модуль ее не превосходит энергии сигнала:

$$|K_u(\tau)| \leq K_u(0) = E_u. \quad (4.3)$$

Энергетический спектр сигнала и его автокорреляционная функция связаны между собой преобразованием Фурье:

$$K_u(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S_u|^2 e^{jw\tau} dw, \quad (4.4)$$

где S_u – спектральная плотность сигнала, а квадрат модуля спектральной плотности – есть его энергетический спектр. Из (4.4) следует обратное соотношение:

$$|S_u(w)|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} K_u(\tau) e^{-jw\tau} d\tau. \quad (4.5)$$

Выражения (4.4) и (4.5) важны по двум причинам. Во-первых, они дают возможность оценивать корреляционные свойства сигналов, исходя из распределения их энергии по спектру (чем в более широкой полосе частот распределены спектральные компоненты сигнала, тем уже основной лепесток

автокорреляционной функции и тем совершеннее сигнал с точки зрения возможности точного измерения момента его возникновения). Во вторых, формулы (4.4) и (4.5) указывают путь экспериментального определения энергетического спектра. Часто удобнее вначале получить автокорреляционную функцию, а затем, с помощью преобразования Фурье, найти энергетический спектр сигнала. Этот прием получил широкое распространение при исследовании и обработке сигналов с помощью компьютерной техники в реальном масштабе времени.

Взаимная функция корреляции двух сигналов

В некоторых задачах радиотехники удобно ввести особую характеристику системы двух сигналов – их взаимную корреляционную функцию, которая описывает как различие в форме сигналов, так и их взаимное расположение во времени. Обобщая формулу (4.1), введем в рассмотрение функцию взаимной корреляции вещественных сигналов $u(t)$ и $v(t)$ как их скалярное произведение:

$$K_{uv}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)v(t-\tau)dt. \quad (4.6)$$

Назовем основные свойства функции взаимной корреляции. Можно в (4.6) сделать замену переменных $\xi = t - \tau$ (при этом $dt = d\xi$), тогда возможна следующая запись:

$$K_{uv}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(\xi + \tau)v(\xi)d\xi, \quad (4.7)$$

т.е. одно и то же взаимное положение сигналов $u(t)$ и $v(t)$ будет достигнуто как при сдвиге сигнала $u(t)$ в сторону опережения, так и при сдвиге сигнала $v(t)$ в сторону запаздывания на одно и то же время. Поэтому

$$K_{uv}(\tau) = K_{vu}(-\tau). \quad (4.8)$$

Контрольные вопросы

1. Каков физический смысл взаимного энергетического спектра двух сигналов?

2. Основные свойства автокорреляционной функции.
3. Какие существуют ограничения на вид автокорреляционной функции физически осуществимого сигнала?
4. Связь ширины спектра сигнала и ширины основного лепестка функции автокорреляции.
5. Основные свойства функции взаимной корреляции.

Задания для самостоятельной работы

Требования: Перед каждой лабораторной работой обучающемуся необходимо изучить методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теоретические основы связи».

Самостоятельная работа №1 **Курсовая работа**

Основным заданием на курсовую работу является анализ (расчёт) ФНЧ Баттерворта шестого порядка. Согласно плану, задания выполняются в следующей последовательности:

- 1) Рассчитать ФНЧ Баттерворта 6-го порядка;
 - 1.1) Найти передаточную функцию $K(p)$ фильтра;
 - 1.2) Получить системную функцию $H(z)$ фильтра;
 - 1.3) Построить математическую модель фильтра;
 - 1.4) Найти импульсную характеристику $h(t)$ фильтра;
 - 1.5) Найти переходную характеристику $g(t)$ фильтра;
 - 1.6) Построить АЧХ $|K(j\omega)|$ фильтра;
 - 1.7) Построить ФЧХ $j_K(\omega)$ фильтра;
 - 1.8) Найти групповое время запаздывания $t_{гр}$ фильтра;
- 2) Синтезировать ФНЧ Баттерворта 4-го порядка.

Исходные данные:

N_1 – предпоследняя цифра зачётной книжки;

N_2 – последняя цифра зачётной книжки;

$n = 6$ – порядок фильтра;

$F_c = 1000 \cdot (N_1 + N_2)$, Гц – частота среза фильтра;

$F_s = 2000 \cdot (N_1 + 2 \cdot N_2)$, Гц – частота дискретизации фильтра.

Задания для курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы связи»:

«Расчет цифрового фильтра нижних частот».

Цель: Выполнить расчет заданного цифрового фильтра нижних частот, выполнить численное моделирование фильтра в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах) и подтвердить его работоспособность.

Задание: Выбрать фильтр нижних частот Баттерворта 6-ого порядка, выполнить приведение передаточной характеристики фильтра под заданную частоту среза, рассчитываемую по соотношению: $F_c = 1000 \cdot (N_1 + N_2)$, Гц. Здесь N_1 – предпоследняя цифра зачетки, N_2 – последняя цифра. Если $N_1, N_2 = 0$, то берется значение 10.

Самостоятельная работа №2

Подготовка конспекта:

Выполняется и заполняется самостоятельно студентом в ходе лекционных, практических и лабораторных занятий. Дополняется необходимой информацией при прочтении дополнительной литературы по теме разделов.

Самостоятельная работа №3

Решение разно уровневых задач:

1. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 250 кбит/с. Используется двухпозиционная фазовая манипуляция. Каким образом можно увеличить скорость передачи данных до 1 Мбит/с, не меняя ширины канала? Как оставить неизменной вероятность ошибки на бит в системе?

2. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 100 кбит/с. Используется амплитудная манипуляция. Как при неизменной

вероятности ошибки на бит в системе уменьшить мощность излучения на 10 дБ, не меняя скорость передачи данных?

3. Вычислить автокорреляционную функцию для дискретной последовательности: (1 1 -1 -1 1 1 -1 -1). Для данной последовательности найти ортогональную последовательность. Привести пример использования подобных кодов на практике.

4. Найдите спектральную плотность прямоугольного радиоимпульса длительностью 2 мкс и частотой несущей 1,3 ГГц. Амплитуда импульса 2 В. Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 4 мкс?

5. Аналоговый сигнал с полосой частот (20...20000 Гц) подается на вход АЦП (разрядность АЦП $N = 8$). Длительность сигнала 1 час. Определить объем памяти (Мб), необходимый для хранения данного сигнала, скорость потока на выходе АЦП. Каким способом можно восстановить исходный аналоговый сигнал?

6. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 48 кГц (фильтр – идеальная дифференцирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.

7. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 22 кГц (фильтр – идеальная интегрирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.

8. Вычислить среднюю мощность дискретной последовательности (40 бит): 0110101111010110111011011111101011101. Скорость передачи 10 бит/с, уровень логического «0» равен 0В, уровень логической «1» равен 1В. Сформировать бит контроля четности для каждого байта передаваемой последовательности.

9. Определите амплитудно- и фазочастотную характеристику идеального неискажающего канала связи. Какой будет импульсная характеристика данного канала и его автокорреляционная функция?

10. Рассматривается пилообразный радиоимпульс длительностью 2 мкс и амплитудой 1 В. Частота заполнения радиоимпульса 2 ГГц. Определите спектральную плотность радиоимпульса (центральную частоту спектра, его форму и ширину, Гц). Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 10 мкс?

11. Поясните принцип работы ЧМ детектора на промежуточной частоте 10,7 МГц и разработайте его структурную схему, если индекс частотной модуляции $m = 7$, а низкочастотный сигнал занимает полосу (20...20000 Гц).

12. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0,5. Несущая частота передатчика 50 МГц с амплитудой 10 В. Определить полосу частот, занимаемую радиосигналом и мощность несущей частоты.

13. В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0.5. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). Несущая частота передатчика 150 МГц с амплитудой 20 В. Для усиления АМ-сигнала используется усилитель с ограничением выходной амплитуды до 40 В и коэффициентом усиления по напряжению равным 4. Какие изменения появятся в радиосигнале на выходе усилителя? Как изменится спектральная плотность АМ-сигнала на выходе усилителя?

14. База ЛЧМ-импульса равна 300. Эффективная ширина спектра равна 100 МГц. Найти длительность ЛЧМ-импульса и ширину основного лепестка функции автокорреляции для данного сигнала.

15. Оцените помехоустойчивость разных видов манипуляции: амплитудной (с пассивной паузой), частотной (частоты нуля и единицы ортогональны на длительности бита), фазовой (сдвиг фаз на π). Амплитуда несущей постоянна для каждого вида манипуляции.

16. Найти импульсную характеристику нерекурсивного фильтра с коэффициентами (0,2; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1; 0,05). Частота дискретизации фильтра равна 1 МГц. К какому типу фильтров можно отнести данный фильтр? (ФНЧ, ФВЧ и т.д.). Найдите приблизительно частоту среза фильтра.

17. Рассчитайте схему цифрового фильтра для интегрирующей RC цепи методом билинейного z -преобразования, если частота дискретизации равна 4 МГц. $R = 160 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ нФ}$.

18. Приведите пример двух сигналов, обладающих идеальной автокорреляционной функцией (АКФ). Какая связь между АКФ сигнала и его спектральной плотностью? Существуют ли сигналы с ограниченным спектром?

19. Среднеквадратическое значение временного рассеяния в гидроакустическом канале равно 0,1 мс. Найдите полосу когерентности канала связи. Сигнал с какой полосой частот можно использовать для связи в данном случае? Пояснить.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра 4	Самостоятельная работа №2	6	ПР-7 - конспект
2	В течение семестра 4	Выполнение лабораторных работ	6	ПР-6 – лабораторная работа
3	В течение семестра 4	Подготовка к зачёту	6	УО-1 - собеседование
4	В течение семестра 5	Самостоятельная работа №1	18	ПР-5 – курсовая работа
5	В течение семестра 5	Самостоятельная работа №3	9	ПР-11 – разноуровневые задачи и задания

6	В течение семестра 5	Выполнение лабораторных работ	9	ПР-6 – лабораторная работа
7	В течение семестра 5	Подготовка к экзамену	36	УО-1 - собеседование

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической повседневной работе обучающегося. Самостоятельная работа предполагает работу с литературой, нормативными документами, интернет-ресурсами, предложенными преподавателем, а также посещение консультаций, проводимых преподавателем. Систематизация материала может проводиться в виде конспектов, табличном варианте и другими способами, удобными для обучающегося.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы №1 (Курсовая работа)

От обучающегося требуется:

Выполнить билинейное z-преобразование передаточной характеристики полученного фильтра, выбирая частоту дискретизации цифрового фильтра по соотношению: $F_s = 2000 \cdot (N_1 + 2 \cdot N_2)$, Гц.

Для полученного цифрового фильтра необходимо построить структурную схему в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах), получить импульсный отклик фильтра и переходную характеристику, подавая соответствующие сигналы на вход фильтра. Также для аналогового и полученного цифрового фильтра необходимо построить амплитудно-частотную, фазово-частотную характеристику и график группового времени задержки.

Критерии оценки

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка КР (стандартная)	Требования

86-100	«отлично»/«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо» /«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно» /«зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» /«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы №2

Самостоятельная работа №2. От обучающегося требуется:

1. Чтение литературы по теме.
2. Дополнение конспекта.

Методические указания к написанию конспекта

Конспект может быть выполнен в печатной или письменной форме.

Основные требования к конспекту:

1. Тема изучаемого материала,
2. Запись основных понятий, определений, закономерностей, формул,

и т.д.,

3. Заключение по пройденному материалу,
4. Список использованных источников.

Конспекты дополняются материалами, полученными при проработке дополнительной литературы.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент выполнил конспект, все темы отражены в полном объеме или 1-5 тем не полностью отражены, либо отсутствуют.
«не зачтено»	Конспект отсутствует, либо отсутствует более 5 тем.

Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы №3 (Решение разноуровневых задач и критерии оценки)

Перечень задач охватывает все разделы курса «Теоретические основы связи». Задачи являются типовыми для экзамена или зачета.

Критерии оценки

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»/«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо» /«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

61-75	«удовлетворительно» / «зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» / «не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров	ОПК-1.1 Выделяет известные физические и математические законы в явлениях окружающего мира.	Знает математический аппарат для описания сигналов; способы и алгоритмы фильтрации; области применения обработки сигналов.	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет математически описывать сигналы и системы их обработки; проводить синтез и рассчитывать параметры цифровых фильтров различного типа; разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки сигналов	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов	ПР-6 (Лабораторная работа)	
2	Тема 2. Модулированные сигналы	ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач	Знает преимущества модулированных сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-11 разноуровневые задачи и	

				задания	
			Владеет навыками проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-6 (Лабораторная работа)	
3	Тема 3. Сигналы с ограниченным спектром	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые средства спектральной обработки	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать спектры аналоговых и цифровых сигналов	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к спектральному анализу в системах обработки сигналов	ПР-6 (Лабораторная работа)	
4	Тема 4. Корреляционная теория случайных процессов	ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели	Знает преимущества корреляционного анализа	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи при корреляционной обработке	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет навыками проектирования согласованных фильтров	ПР-6 (Лабораторная работа)	
5	Тема 5. Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые технические средства и процессы прохождения детерминированных сигналов	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать и обрабатывать аналоговые и цифровые сигналы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
6	Тема 6. Воздействие случайных	ОПК-1.1 Выделяет известные	Знает новые технические средства и процессы прохождения случайных сигналов	УО-1 собеседование /	Вопросы к экзамену

	сигналов на линейные стационарные системы	физические и математические законы в явлениях окружающего мира.		устный опрос; ПР-7 конспект	
			Умеет формировать и обрабатывать случайные сигналы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
7.	Тема 7. Элементы теории синтеза линейных частотных фильтров	ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач	Знает преимущества фильтров и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет навыками проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-6 (Лабораторная работа)	
8.	Тема 8. Активные цепи с обратной связью	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые технические средства и процессы прохождения сигналов по цепям с обратной связью	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать цепи обратной связи	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
9.	Тема 9. Дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации	ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели	Знает преимущества цифровой фильтрации	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи при цифровой фильтрации	ПР-5 – курсовая работа	

			Владеет навыками проектирования цифровых фильтров	ПР-5 – курсовая работа	
--	--	--	---	------------------------------	--

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Ключев Л. Л., Черная И. И. Теория электрической связи. – 2015. <http://znanium.com/bookread2.php?book=525236>
2. Гадзиковский В. И. Цифровая обработка сигналов //М.: Солон-Пресс. – 2013. <http://znanium.com/bookread2.php?book=883840>
3. Першин В. Т. Формирование и генерирование сигналов цифровой радиосвязи: учебно-методическое пособие. В 2 ч. Ч. 2. – 2016. <http://znanium.com/bookread2.php?book=405030>
4. Умняшкин С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Умняшкин С.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 368 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26902> — ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. 2 – изд. – СПб.: Питер, 2005. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:394572&theme=FEFU> (26 экз.)
2. Митрофанов И.С. Теория электрической связи: методические указания к выполнению лабораторных работ N1-9. - СПб.: ГУАП, 2004. - 63 с. Формат – DJVU. <http://window.edu.ru/resource/837/44837/files/Mitrofanov.pdf>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Графический калькулятор Desmos <https://www.desmos.com/calculator>
2. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
3. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека
<http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. «ИНТУИТ» Национальный открытый университет
<http://www.intuit.ru/studies/courses/3688/930/lecture/16466>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры Электроники и средств связи, Ауд. Е727	<ul style="list-style-type: none"> – Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ); – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для изучения дисциплины «Теоретические основы связи» обучающемуся предлагаются лекционные, практические занятия. Обязательным элементом является также самостоятельная работа. Из общих учебных часов 100 часов на самостоятельную работу студента. В рамках часов, выделенных на самостоятельную работу, студент должен производить подготовку к рейтинговым и зачетным проверкам, а также изучать темы, отведенные преподавателем на самостоятельное изучение. Помимо различных методических указаний и списка рекомендуемой литературы обучающийся должен обсуждать возникающие у него вопросы на консультациях, назначаемых преподавателем.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий. Обучающийся должен своевременно выполнять задания, выданные на практических занятиях и защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекциям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

В рамках работы предусмотрена курсовая работа на предложенную преподавателем тему.

Для подготовки к практическим занятиям работам требуется изучение лекционного материала и самостоятельная работа с предложенной литературой.

К экзамену обучающийся должен отчитаться по всем практическим занятиям. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, закрепляются обучающимся во время самостоятельной работы.

При подготовке к экзамену необходимо повторить учебный материал,

используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посещать консультации.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е729. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	ПЕРЕЧЕНЬ ПО

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Теоретические основы связи»
Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и
системы связи
Профиль «Видеоинформационные технологии и цифровое вещание»
Форма подготовки очная

Владивосток
2021

Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Основы общей теории радиотехнических сигналов и спектров	ОПК-1.1 Выделяет известные физические и математические законы в явлениях окружающего мира.	Знает математический аппарат для описания сигналов; способы и алгоритмы фильтрации; области применения обработки сигналов.	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет математически описывать сигналы и системы их обработки; проводить синтез и рассчитывать параметры цифровых фильтров различного типа; разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки сигналов	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов	ПР-6 (Лабораторная работа)	
2	Тема 2. Модулированные сигналы	ОПК-1.2 Применяет физические законы и математические методы для решения задач	Знает преимущества модулированных сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет навыками проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-6 (Лабораторная работа)	
3	Тема 3. Сигналы с ограниченным спектром	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые средства спектральной обработки	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать спектры аналоговых и цифровых сигналов	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	

			Владеет системным подходом к спектральному анализу в системах обработки сигналов	ПР-6 (Лабораторная работа)	
4	Тема 4. Корреляционная теория случайных процессов	ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели	Знает преимущества корреляционного анализа	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи при корреляционной обработке	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет навыками проектирования согласованных фильтров	ПР-6 (Лабораторная работа)	
5	Тема 5. Воздействие детерминированных сигналов на линейные стационарные системы	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые технические средства и процессы прохождения детерминированных сигналов	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать и обрабатывать аналоговые и цифровые сигналы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
6	Тема 6. Воздействие случайных сигналов на линейные стационарные системы	ОПК-1.1 Выделяет известные физические и математические законы в явлениях окружающего мира.	Знает новые технические средства и процессы прохождения случайных сигналов	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать и обрабатывать случайные сигналы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
7.	Тема 7. Элементы теории синтеза линейных	ОПК-1.2 Применяет физические законы и	Знает преимущества фильтров и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и	УО-1 собеседование / устный	Вопросы к экзамену

	частотных фильтров	математические методы для решения задач	информационно-измерительных систем	опрос; ПР-7 конспект	
			Умеет формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет навыками проектирования радиоэлектронного устройства или системы	ПР-6 (Лабораторная работа)	
8.	Тема 8. Активные цепи с обратной связью	ОПК-2.2 Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки	Знает новые технические средства и процессы прохождения сигналов по цепям с обратной связью	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формировать цепи обратной связи	ПР-11 разноуровневые задачи и задания	
			Владеет системным подходом к проектированию конкретных образцов оборудования	ПР-6 (Лабораторная работа)	
9.	Тема 9. Дискретные сигналы и принципы цифровой фильтрации	ОПК-3.3 Строит вероятностные модели для конкретных процессов, проводит необходимые расчеты в рамках построенной модели	Знает преимущества цифровой фильтрации	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-7 конспект	Вопросы к экзамену
			Умеет формулировать цели и задачи при цифровой фильтрации	ПР-5 – курсовая работа	
			Владеет навыками проектирования цифровых фильтров	ПР-5 – курсовая работа	

Для дисциплины «Теоретические основы связи» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование / устный опрос (УО-1)

Письменные работы:

4. Курсовая работа (ПР-5)

5. Лабораторные работы (ПР-6)

6. Конспект (ПР-7)

6. Разноуровневые задания и задачи (ПР-11)

Устный опрос УО

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Письменные работы ПР

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка промежуточной аттестации выставляется согласно рейтинг-плану, который включает в себя оценочные мероприятия, в том числе и экзамен/зачет, и весовые коэффициенты. Преподаватель знакомит студентом с рейтинг-планом в начале семестра.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (лабораторных работ, курсовой работы) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Критерии оценки:

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 баллов выставляется студенту, если оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и

последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Методические указания к написанию курсовой работы и критерии оценки

Основным заданием на курсовую работу является анализ (расчёт) ФНЧ Баттерворта шестого порядка. Согласно плану, задания выполняются в следующей последовательности:

- 1) Рассчитать ФНЧ Баттерворта 6-го порядка;
 - 1.1) Найти передаточную функцию $K(p)$ фильтра;
 - 1.2) Получить системную функцию $H(z)$ фильтра;
 - 1.3) Построить математическую модель фильтра;
 - 1.4) Найти импульсную характеристику $h(t)$ фильтра;
 - 1.5) Найти переходную характеристику $g(t)$ фильтра;
 - 1.6) Построить АЧХ $|K(j\omega)|$ фильтра;
 - 1.7) Построить ФЧХ $j_K(\omega)$ фильтра;
 - 1.8) Найти групповое время запаздывания $t_{гр}$ фильтра;
- 2) Синтезировать ФНЧ Баттерворта 4-го порядка.

Исходные данные:

N_1 – предпоследняя цифра зачётной книжки;

N_2 – последняя цифра зачётной книжки;

$n = 6$ – порядок фильтра;

$f_{ср} = 1000 + 100N_2$, Гц – частота среза фильтра;

$f_d = 2100 + 1000(N_1 + N_2)$, Гц – частота дискретизации фильтра.

Задания для курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы связи»:

«Расчет цифрового фильтра нижних частот».

Цель: Выполнить расчет заданного цифрового фильтра нижних частот, выполнить численное моделирование фильтра в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах) и подтвердить его работоспособность.

Задание: Выбрать фильтр нижних частот Баттерворта 6-ого порядка, выполнить приведение передаточной характеристики фильтра под заданную частоту среза, рассчитываемую по соотношению: $F_c = 1000 \cdot (N_1 + N_2)$, Гц. Здесь N_1 - предпоследняя цифра зачетки, N_2 – последняя цифра. Если $N_1, N_2 = 0$, то берется значение 10.

Выполнить билинейное z-преобразование передаточной характеристики полученного фильтра, выбирая частоту дискретизации цифрового фильтра по соотношению: $F_s = 2000 \cdot (N_1 + 2 \cdot N_2)$, Гц.

Для полученного цифрового фильтра необходимо построить структурную схему в MATLAB Simulink (или в аналогичных симуляторах), получить импульсный отклик фильтра и переходную характеристику, подавая соответствующие сигналы на вход фильтра. Также для аналогового и полученного цифрового фильтра необходимо построить амплитудно-частотную, фазово-частотную характеристику и график групповой времени задержки.

Критерии оценки курсовой работы

Баллы (рейтинг овой оценки)	Оценка (стандартная)	Требования
86-100	«отлично»/«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо» /«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

61-75	«удовлетворительно» / «зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» / «не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Перечень тем лабораторных работ и критерии оценки:

1. Исследование спектральных характеристик импульсных сигналов
2. Амплитудная модуляция
3. Частотная модуляция
4. Корреляционная функция. Корреляционный прием

Критерии оценки

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

Разноуровневые задачи и критерии оценки:

1. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 250 кбит/с. Используется двухпозиционная фазовая манипуляция. Каким образом

можно увеличить скорость передачи данных до 1 Мбит/с, не меняя ширины канала? Как оставить неизменной вероятность ошибки на бит в системе?

2. Скорость передачи данных в беспроводной системе связи равна 100 кбит/с. Используется амплитудная манипуляция. Как при неизменной вероятности ошибки на бит в системе уменьшить мощность излучения на 10 дБ, не меняя скорость передачи данных?

3. Вычислить автокорреляционную функцию для дискретной последовательности: (1 1 -1 -1 1 1 -1 -1). Для данной последовательности найти ортогональную последовательность. Привести пример использования подобных кодов на практике.

4. Найдите спектральную плотность прямоугольного радиоимпульса длительностью 2 мкс и частотой несущей 1,3 ГГц. Амплитуда импульса 2 В. Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 4 мкс?

5. Аналоговый сигнал с полосой частот (20...20000 Гц) подается на вход АЦП (разрядность АЦП $N = 8$). Длительность сигнала 1 час. Определить объем памяти (Мб), необходимый для хранения данного сигнала, скорость потока на выходе АЦП. Каким способом можно восстановить исходный аналоговый сигнал?

6. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 48 кГц (фильтр – идеальная дифференцирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.

7. Рассчитайте и нарисуйте схему цифрового фильтра с частотой дискретизации 22 кГц (фильтр – идеальная интегрирующая цепь). Показать импульсную характеристику данного фильтра.

8. Вычислить среднюю мощность дискретной последовательности (40 бит): 0110101111010110111011011011111101011101. Скорость передачи 10 бит/с, уровень логического «0» равен 0В, уровень логической «1» равен 1В. Сформировать бит контроля четности для каждого байта передаваемой последовательности.

9. Определите амплитудно- и фазочастотную характеристику идеального неискажающего канала связи. Какой будет импульсная характеристика данного канала и его автокорреляционная функция?

10. Рассматривается пилообразный радиоимпульс длительностью 2 мкс и амплитудой 1 В. Частота заполнения радиоимпульса 2 ГГц. Определите спектральную плотность радиоимпульса (центральную частоту спектра, его форму и ширину, Гц). Как изменится спектральная плотность, если данный радиосигнал поступает с периодом 10 мкс?

11. Поясните принцип работы ЧМ детектора на промежуточной частоте 10,7 МГц и разработайте его структурную схему, если индекс частотной модуляции $m = 7$, а низкочастотный сигнал занимает полосу (20...20000 Гц).

12. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0,5. Несущая частота передатчика 50 МГц с амплитудой 10 В. Определить полосу частот, занимаемую радиосигналом и мощность несущей частоты.

13. В передатчике используется амплитудная модуляция с индексом 0.5. Сигнал занимает полосу (0...6,5 МГц). Несущая частота передатчика 150 МГц с амплитудой 20 В. Для усиления АМ-сигнала используется усилитель с ограничением выходной амплитуды до 40 В и коэффициентом усиления по напряжению равным 4. Какие изменения появятся в радиосигнале на выходе усилителя? Как изменится спектральная плотность АМ-сигнала на выходе усилителя?

14. База ЛЧМ-импульса равна 300. Эффективная ширина спектра равна 100 МГц. Найти длительность ЛЧМ-импульса и ширину основного лепестка функции автокорреляции для данного сигнала.

15. Оцените помехоустойчивость разных видов манипуляции: амплитудной (с пассивной паузой), частотной (частоты нуля и единицы ортогональны на длительности бита), фазовой (сдвиг фаз на π). Амплитуда несущей постоянна для каждого вида манипуляции.

16. Найти импульсную характеристику нерекурсивного фильтра с коэффициентами (0,2; 0,7; 0,5; 0,3; 0,1; 0,05). Частота дискретизации фильтра равна 1 МГц. К какому типу фильтров можно отнести данный фильтр? (ФНЧ, ФВЧ и т.д.). Найдите приблизительно частоту среза фильтра.

17. Рассчитайте схему цифрового фильтра для интегрирующей RC цепи методом билинейного z -преобразования, если частота дискретизации равна 4 МГц. $R = 160 \text{ Ом}$, $C = 1 \text{ нФ}$.

18. Приведите пример двух сигналов, обладающих идеальной автокорреляционной функцией (АКФ). Какая связь между АКФ сигнала и его спектральной плотностью? Существуют ли сигналы с ограниченным спектром?

19. Среднеквадратическое значение временного рассеяния в гидроакустическом канале равно 0,1 мс. Найдите полосу когерентности канала связи. Сигнал с какой полосой частот можно использовать для связи в данном случае? Пояснить.

Критерии оценки решения задач

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка (стандартная)	Требования
86-100	«отлично»/«зачтено»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо» /«зачтено»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

61-75	«удовлетворительно» /«зачтено»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» /«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теоретические основы связи» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – зачет (4-й семестр), экзамен (5-ый семестр). Зачет по дисциплине включает ответы на 2 вопроса. Один из вопросов носит общий характер. Он направлен на раскрытие студентом знаний по «сквозным» вопросам и проблемам дисциплины. Второй вопрос касается структурных схем.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Критерии выставления оценки студенту на зачете

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

Методические указания по сдаче зачета/экзамена

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются

преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

В зачетную книжку студента вносится только запись «зачтено», запись «не зачтено» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретические основы связи»:

1. Классификация радиотехнических сигналов.
2. Динамическое представление сигналов: основной принцип, функция Хевисайда, функция Дирака.
3. Геометрические методы в теории сигналов. Теория ортогональных сигналов. Функции Уолша.
4. Периодические сигналы. Ряды Фурье. Спектральные диаграммы сигналов. Прямое и обратное преобразование Фурье и их свойства.

5. Спектральные плотности сигналов. Преобразование Лапласа и его свойства.

6. Взаимная спектральная плотность сигналов. Энергетический спектр.

7. Корреляционный анализ. Автокорреляционная функция (АКФ) детерминированных и дискретных сигналов. Сигналы (коды) Баркера. Взаимокорреляционная функция двух сигналов.

8. Понятие и предназначение модуляции. Роль модуляции в радиосвязи. Принцип амплитудной модуляции (АМ). Спектр АМ-сигнала. Однотональная АМ. Амплитудная манипуляция (ASK). Балансная АМ (DSB-SC). Однополосная АМ (SSB).

9. Виды угловой модуляции. Принцип частотной (ЧМ; FM) и фазовой модуляции (ФМ; PM). Девиация фазы и девиация частоты. Спектральное разложение модулированных сигналов. Угловая модуляция при негармоническом модулирующем сигнале.

10. Понятие и принцип линейной частотной модуляции (ЛЧМ). Спектр ЛЧМ сигнала. Понятие базы сигнала. Автокорреляционная функция ЛЧМ-сигнала.

11. Понятие и предназначение полярной модуляции. Использование поднесущей частоты. Пилот-тон.

12. Понятие сигнала с ограниченным спектром. Идеальный низкочастотный сигнал. Идеальный полосовой сигнал. Оценка параметров сигналов с ограниченным спектром. Ортогональные сигналы с ограниченным спектром.

13. Построение ортонормированного базиса. Ряд Котельникова. Формулировка теоремы Котельникова. Аппаратурная реализация синтеза сигнала, представленного рядом Котельникова. Оценка ошибки, возникающей при аппроксимации сигнала рядом Котельникова. Размерность пространства сигналов, ограниченных по спектру и по длительности.

14. Понятие и математическая модель узкополосного сигнала. Комплексное представление узкополосных сигналов. Физическая огибающая,

полная фаза и мгновенная частота. Свойства физической огибающей. Связь между спектрами сигнала и его комплексной огибающей.

15. Статистическая радиотехника как наука. Понятие случайного процесса. Ансамбли реализаций. Плотности вероятности случайных процессов. Моментальные функции случайных процессов.

16. Функция корреляции. Стационарные случайные процессы. Свойство эргодичности. Измерение характеристик случайных процессов. Взаимная функция корреляции двух случайных процессов.

17. Стационарные гауссовы случайные процессы. Марковские процессы.

18. Спектральные плотности реализаций и их свойства. Спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса (теорема Винера–Хинчина). Интервал корреляции. Эффективная ширина спектра. Белый шум.

19. Вероятностная трактовка сходимости и непрерывности. Производная от случайного процесса и её спектральная плотность мощности. Интеграл от случайного процесса. Выбросы случайных процессов. Квазичастота случайного процесса.

20. Функция корреляции узкополосного случайного процесса. Статистические свойства сопряжённого процесса. Совместная плотность вероятности огибающей и начальной фазы. Одномерная и двумерная плотность вероятности огибающей. Огибающая суммы гармонического сигнала и узкополосного шума.

21. Понятие линейной стационарной системы и её свойства. Сосредоточенные и распределённые системы. Импульсная характеристика системы. Интеграл Дюамеля. Переходная характеристика. Частотный коэффициент передачи.

22. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазочастотная (ФЧХ) характеристики. Условия физической реализуемости. Критерий Пэли–Винера.

23. Понятие линейной динамической системы. Описание систем дифференциальными уравнениями. Устойчивость динамических систем.

24. Вычисление импульсных характеристик. Вычисление сигнала на выходе системы. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. Геометрическая интерпретация процесса преобразования сигнала в линейной системе.

25. Решение дифференциальных уравнений операторным методом. Понятие и свойства передаточной функции. Формула обращения. Примеры нахождения сигналов операторным методом.

26. Среднее значение выходного сигнала. Функция корреляции и спектральная плотность мощности случайного сигнала на выходе системы. Прохождение случайных сигналов в широком спектром через узкополосные цепи. Шумовая полоса.

27. Тепловые шумы резисторов. Формула Найквиста. Шумы приёмных антенн. Дробовой шум. Формула Шоттки. Коэффициент шума четырёхполюсника.

28. Расположение нулей и полюсов. Теорема о числе нулей и полюсов. Связь между вещественной и мнимой частью входного сопротивления. Входное сопротивление реактивных двухполюсников.

29. Основная идея синтеза. Синтез реактивных двухполюсников. Двухполюсник Фостера. Двухполюсник Кауэра.

30. Матричное описание. Передаточная функция четырёхполюсника. Расположение нулей и полюсов передаточной функции. Коэффициент передачи мощности. Этапы синтеза частотно-избирательных четырёхполюсников.

31. Понятие фильтра нижних частот (ФНЧ). Максимально-плоская (Баттерворта) аппроксимация. Передаточная функция фильтра Баттерворта. Чебышевская аппроксимация. Передаточная функция фильтра Чебышева.

32. Понятие структурного синтеза фильтров. Звенья 1-го и 2-го порядков. Реализация фильтров верхних частот (ФВЧ). Реализация полосовых фильтров (ПФ).

33. Понятие цепи с обратной связью. Вывод основного соотношения. Отрицательная и положительная обратная связь. Стабилизация коэффициента

усиления. Подавление паразитных сигналов. Коррекция частотной характеристики.

34. Постановка задачи. Алгебраический критерий устойчивости (критерий Рауса–Гурвица). Геометрические критерии устойчивости.

35. Понятие активного элемента. Операционный усилитель. Устойчивость систем с операционными усилителями. Активные RC-фильтры с однопетлевой обратной связью. Активные RC-фильтры с двухпетлевой обратной связью. Синтез активного ФНЧ 2-го порядка.

36. Дискретизирующая последовательность. Модулированные импульсные последовательности. Спектральная плотность модулированной импульсной последовательности. Восстановление непрерывного сигнала по модулированной импульсной последовательности.

37. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Восстановление исходного сигнала по ДПФ. Обратное ДПФ. Геометрическая трактовка ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).

38. Определение z -преобразования и его свойства. z -преобразование непрерывных функций. Обратное z -преобразование. Связь с преобразованиями Лапласа и Фурье

39. Принцип цифровой обработки сигналов. Квантование сигналов в цифровых фильтрах. Алгоритм линейной цифровой фильтрации. Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра. Системная функция цифрового фильтра.

40. Трансверсальные цифровые фильтры. Импульсная и частотная характеристики цифрового фильтра. Рекурсивные ЦФ. Критерии устойчивости рекурсивных ЦФ.

41. Метод инвариантных импульсных характеристик. Сравнение трансверсальных и рекурсивных ЦФ. Метод инвариантных частотных характеристик. Билинейное преобразование. Связь между частотными переменными аналогового и цифрового фильтра. Влияние квантования сигнала на работу цифрового фильтра. Шумы квантования.

Вопросы к зачету по дисциплине «Теоретические основы связи»:

1. Каналы связи. Математические модели. Линейные и нелинейные искажения в каналах, помехи. Задача.

2. Теория информации. Формула Шеннона. Скорость передачи информации и пропускная способность цифровых и непрерывных каналов. Эффективность систем передачи информации. Задача.

3. Методы передачи дискретных и непрерывных сообщений. Помехоустойчивость при различных видах манипуляции. Задача.

4. Сигналы и помехи. Периодические сигналы и ряды Фурье. Спектральный анализ импульсных сигналов. Энергия и мощность сигнала. Модулированные сигналы и спектры. ЛЧМ сигнал. Авто и взаимокорреляционные функции. Шумы и помехи в электросвязи. Задача.

5. Фильтрация сигналов. Основы синтеза фильтров. Импульсная характеристика. Частотная характеристика фильтра. Задача.

6. Цифровая обработка сигналов. Теорема Котельникова. Аналогово-цифровое преобразование. Цифро-аналоговое преобразование. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Методы синтеза ЦФ. Задача.