

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Сигналы в радиоэлектронных системах и комплексах

Код модуля
1160713(1)

Модуль
Прикладные методы теории радиоэлектронных
систем и комплексов

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лучинин Александр Сергеевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи
2	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Лучинин Александр Сергеевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи
- Язовский Александр Афонасьевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Сигналы в радиоэлектронных системах и комплексах**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	5	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Сигналы в радиоэлектронных системах и комплексах**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	З-1 - Определять стадии проектирования П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование	Зачет Контрольная работа Лекции
ПК-2 -Способен разрабатывать структурные и функциональные	З-1 - Сформулировать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов	Зачет Лабораторные занятия Лекции

схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	П-1 - Иметь практический опыт разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ У-1 - Проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	Отчет по лабораторным работам
ПК-6 -Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности П-1 - Имеет практический опыт оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов У-1 - Применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации	Зачет Лабораторные занятия Лекции

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	7,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	7,17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.5		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Отчет по лабораторной работе 1</i>	7,13	20
<i>Отчет по лабораторной работе 2</i>	7,14	20
<i>Отчет по лабораторной работе 3</i>	7,15	20
<i>Отчет по лабораторной работе 4</i>	7,16	20
<i>Отчет по лабораторной работе 5</i>	7,17	20
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5
--

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	8,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	8,17	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.5		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Отчет по лабораторной работе 6</i>	8,14	25
<i>Отчет по лабораторной работе 7</i>	8,15	25
<i>Отчет по лабораторной работе 8</i>	8,16	25
<i>Отчет по лабораторной работе 9</i>	8,17	25
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов	Шкала оценивания

	обучения (выполненное оценочное задание)	Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. 7 семестр. Исследование характеристик формирователя сигналов с амплитудной модуляцией

2. 7 семестр. Исследование характеристик демодуляторов сигналов с амплитудной, фазовой и частотной модуляцией

3. 7 семестр. Исследование спектральных и корреляционных характеристик простых сигналов

4. 7 семестр. Исследование спектральных и корреляционных характеристик сигналов со сложными видами модуляции

5. 7 семестр. Исследование особенностей спектральных и корреляционных характеристик импульсных сигналов

6. 8 семестр. Расчет и моделирование спектров и корреляционных функций сигналов с модуляцией M-последовательностью

7. 8 семестр. Расчет и моделирование функций неопределенности сигналов с модуляцией M-последовательностью

8. 8 семестр. Расчет и моделирование спектров и корреляционных функций сигналов с модуляцией по закону кодов Френка

9. 8 семестр. Расчет и моделирование функций неопределенности сигналов с модуляцией по закону кодов Френка

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Контрольная работа в 7 семестре. Исследование спектральных и корреляционных характеристик сложных сигналов

2. Контрольная работа в 8 семестре. Расчет и построение функций неопределенности простых импульсных сигналов

Примерные задания

Контрольная работа в 7 семестре

1. Составить и записать математическую модель сигнала и его комплексной огибающей.

2. Выполнить дискретизацию комплексной огибающей. Выбрать частоту дискретизации с учетом требований точности представления и экономии ресурсов системы обработки данных.

3. Рассчитать и построить дискретную автокорреляционную функцию комплексной огибающей сигнала при двух значениях частоты дискретизации (минимальной и удвоенной). Построить комплексно-значную автокорреляционную функцию в двух представлениях: модуль и аргумент; вещественная и мнимая часть.

4. Рассчитать и построить дискретную взаимную корреляционную функцию комплексной огибающей заданного сигнала и сигнала из соседнего варианта (N+1), считая одинаковыми тактовые частоты обоих сигналов. Сделать такие же построения. При построении корреляционных функций не нужно проводить нормировку. Определить относительный уровень боковых лепестков модуля автокорреляционной функции (по отношению к максимальному значению). Определить относительный уровень максимального значения модуля взаимной корреляционной функции (по отношению также к максимальному значению автокорреляционной функции).

5. Рассчитать и построить дискретную автокорреляционную функцию 7 позиционного кода Баркера: (1, 1, 1, -1, -1, 1, -1). Сравнить относительные уровни боковых лепестков автокорреляционной функции кода Баркера с относительным уровнем боковых лепестков автокорреляционной функции заданного сигнала.

6. По дискретной автокорреляционной функции построить приближенно автокорреляционную функцию комплексной огибающей аналогового (непрерывного) сигнала.

7. Используя результат пункта 6, построить автокорреляционную функцию заданного высокочастотного сигнала (с учетом несущей).

8. Рассчитать и построить амплитудный и фазовый спектр комплексной огибающей сигнала.

9. Используя результат пункта 8, построить амплитудный спектр заданного высокочастотного сигнала.

Контрольная работа в 8 семестре

1. Составить программу формирования M -последовательностей произвольного порядка.

2. Составить программу расчета автокорреляционных и взаимных корреляционных функций комплексных огибающих высокочастотных сигналов с фазовой модуляцией по закону M -последовательностей.

3. Сформировать M -последовательность 8 порядка с использованием таблицы, приведенной в файле "Формирование M -последовательностей", по индивидуальным данным, приведенным ниже.

4. Построить автокорреляционные функции комплексной огибающей по двум заданным M -последовательностям.

5. Построить взаимную корреляционную функцию комплексных огибающих по заданным M -последовательностям.

6. Сравнить M -последовательности, автокорреляционные и взаимные корреляционные функции, полученные для вашего сигнала с такими же результатами коллег.

7. Проанализировать свойства полученных M -последовательностей и корреляционных функций на предмет соответствия теоретическим свойствам.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. 7 семестр. Исследование характеристик формирователя сигналов с амплитудной модуляцией

2. 7 семестр. Исследование характеристик демодуляторов сигналов с амплитудной, фазовой и частотной модуляцией

3. 7 семестр. Исследование спектров простых сигналов..

4. 7 семестр. Исследование спектральных и корреляционных характеристик сигналов со сложными видами модуляции

5. 7 семестр. Исследование особенностей спектральных и корреляционных характеристик импульсных сигналов

6. 8 семестр. Расчет и моделирование спектров и корреляционных функций сигналов с модуляцией M -последовательностью

7. 8 семестр. Расчет и моделирование функций неопределенности сигналов с модуляцией M -последовательностью

8. 8 семестр. Расчет и моделирование спектров и корреляционных функций сигналов с модуляцией по закону кодов Френка

9. 8 семестр. Расчет и моделирование функций неопределенности сигналов с модуляцией по закону кодов Френка

Примерные задания

Лабораторная работа №3

Исследование спектров простых сигналов.

Лабораторная работа проводится на оборудовании, имеющемся в ИРИТ-РТФ. Экспериментальные результаты сравниваются с результатами моделирования, выполняемыми при оформлении отчетов по лабораторным работам

1. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов с разной скважностью.

Частота следования импульсов 500 кГц (период 2 мкс). Скважность (отношение периода к длительности) 2, 4, 10.

2. Спектр периодической последовательности симметричных треугольных импульсов. Частота следования импульсов 500 кГц (период 2 мкс).

3. Спектр периодической последовательности экспоненциальных импульсов. Частота следования импульсов 500 кГц (период $T = 2$ мкс). Постоянная времени формирования экспоненциальных импульсов $\tau = 0,5$ мкс. (Периодическая последовательность импульсов вида на интервале от 0 до 2 мкс, следующая с периодом 2 мкс).

4. Спектр сигнала с амплитудной модуляцией по синусоидальному закону. Частота несущей 50 МГц. Частота модулирующего синусоидального колебания 20 кГц. Коэффициенты модуляции 50%, 10%.

5. Спектр сигнала с амплитудной модуляцией импульсным сигналом прямоугольной формы. Частота несущей 50 МГц. Период модулирующей импульсной последовательности 4 мкс. Длительность импульсов 1 мкс, 0,2 мкс. Коэффициент модуляции 100%.

6. Спектр сигнала с амплитудной модуляцией импульсным сигналом -периодической последовательностью симметричных треугольных импульсов. Частота несущей 50 МГц. Период модулирующей импульсной последовательности 4 мкс. Коэффициент модуляции 100%.

7. Спектр сигнала с частотной модуляцией по синусоидальному закону. Частота несущей 50 МГц. Частота модулирующего синусоидального колебания 20 кГц. Девиация частоты 4 кГц (индекс модуляции 0,2); Девиация частоты 48 кГц (индекс модуляции 2,4);

Структура и содержание отчета по лабораторной работе

1. Результаты расчета спектров сигналов по заданным параметрам сигналов
2. Результаты измерения спектров сигналов на оборудовании
3. Сравнение рассчитанных спектров с измеренными. Отметить различие теоретических и экспериментальных результатов.

Лабораторная работа №3
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПРОСТЫХ СИГНАЛОВ

Студент: Сторожа В.А.
Королев Н.В.
группа РИ-491221
Вышков А.Д.
группа РИ-591221
Преподаватель: Лучин Александр Сергеевич

Екатеринбург
УрФУ
2022

Оглавление

1. Цели работы.....	3
2. АМ-сигнал.....	3
2.1. Расчетная часть.....	3
2.1.1. Коэффициент модуляции m=50%.....	4
2.1.2. Коэффициент модуляции m=10%.....	5
2.1.3. Экспериментальные данные.....	6
3. Треугольные импульсы.....	7
3.1. Расчетная часть.....	7
3.2. Экспериментальная часть.....	8
4. Прямоугольные импульсы.....	9
4.1. Расчетная часть.....	9
4.2. Экспериментальная часть.....	10
5. Вывод.....	11
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	12

1. Цели работы:
- Целими лабораторной работы №1 являются
 - Построение спектров сигналов
 - Измерение спектров на лабораторных установках
 - Сравнение рассчитанных и полученных экспериментально спектров

2. АМ-сигнал

2.1. Расчетная часть

Для проведения исследования возьмем сигнал с выпуклостью модуляции по синусоидальному закону. Частота несущей 50 МГц. Частота модулирующего синусоидального колебания 20 кГц. Коэффициенты модуляции 50%, 10%.

Запишем общую формулу, описывающую рассматриваемый сигнал и построим его в теоретическом виде.

Исходные данные:

Частота несущей: $f_0 = 50 \text{ МГц}$
Коэффициент модуляции: $m = 50\%, 10\%$
Частота модулирующего колебания: $\Omega = 20 \text{ кГц}$

Информационный сигнал:
 $S_1(t) = U_1 \cdot \cos(\omega_1 t)$

Несущее колебание:
 $S_2(t) = U_2 \sin(\Omega t)$
 $S(t) = S_1(t)S_2(t)$
 $S(t) = (1 + m \sin(\Omega t)) \cos(\omega_1 t)$

Для получения спектра АМ-сигнала раскрыем данное выражение:

$$S(t) = \cos(\omega_1 t) + m \frac{\sin(\Omega t + \omega_1 t) + \sin(\Omega t - \omega_1 t)}{2}$$

$\omega_1 = 2\pi f_0$

2.1.1. Коэффициент модуляции m=50%

С помощью Matlab построим АМ-сигнал. Для проверки правильности построения на одном графике построим и информационный сигнал, и модулирующее колебание.

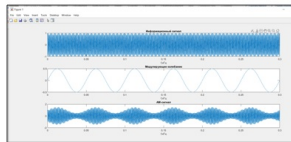


Рисунок 1 - АМ-сигнал (m=50%)

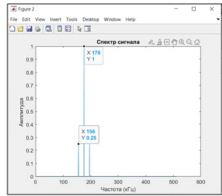


Рисунок 2 - Спектр сигнала (m=0.5)

2.1.2. Коэффициент модуляции m=10%

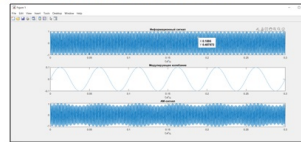


Рисунок 3 - АМ-сигнал (m=10%)

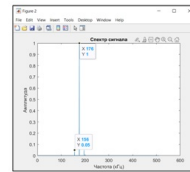


Рисунок 4 - Спектр АМ-сигнала (m=10%)

2.1.3. Экспериментальные данные

На анализатор спектра был подан выпуклостно-модулированный сигнал и получен его спектр.



Рисунок 5 - АМ-сигнал

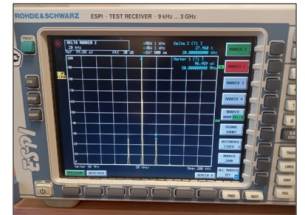


Рисунок 6 - Спектр АМ-сигнала

3. Треугольные импульсы

3.1. Расчетная часть

Треугольный импульс задается следующей формулой:

$$x_1(t) = \begin{cases} \frac{t}{T}, & t \in [0, T] \\ \frac{2T-t}{T}, & t \in [T, 2T] \\ 0, & t \in [0, 2T] \end{cases}$$

Для вычисления спектра периодического сигнала найдем коэффициенты разложения в комплексный ряд Фурье:

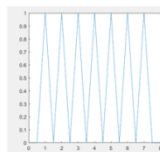
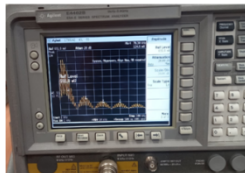
$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^{2T} x_1(t) e^{-jn\omega_0 t} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{t}{T} e^{-jn\omega_0 t} dt + \frac{1}{T} \int_T^{2T} \frac{2T-t}{T} e^{-jn\omega_0 t} dt = 4 \frac{\sin^2(\frac{n\pi}{2})}{Tn^2} e^{-jn\pi}$$


Рисунок 7 - Последовательность периодических импульсов

3.2. Экспериментальная часть

На анализатор спектра была подана последовательность треугольных импульсов и получен спектр сигнала.



4. Прямоугольные импульсы

4.1. Расчетная часть

Прямоугольный импульс описывается следующей функцией:

Треугольный импульс задается следующей формулой:

$$x_2(t) = \begin{cases} 1, & t \in [0, T] \\ 0, & t \in [0, T] \end{cases}$$

Для вычисления спектра периодического сигнала найдем коэффициенты разложения в комплексный ряд Фурье:

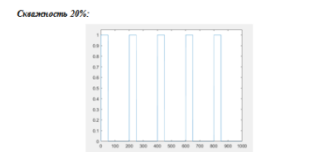
$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^T e^{-jn\omega_0 t} dt = \frac{1}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{T}\right)$$


Рисунок 9 - Прямоугольный сигнал (сложность 10%)

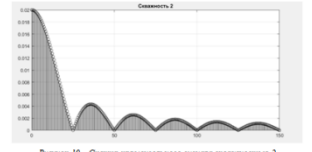


Рисунок 10 - Спектр прямоугольного сигнала сложностью 2

Связанность 40%:

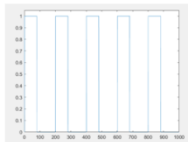


Рисунок 11 - Прямоугольный сигнал (связанность 40%)

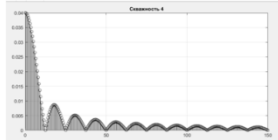


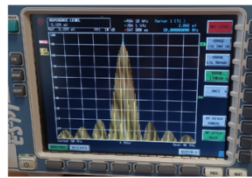
Рисунок 12 - Спектр прямоугольного сигнала связанности 40%

4.2. Экспериментальная часть

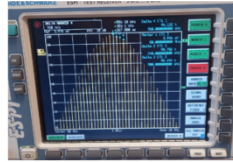
На анализатор спектра была подана последовательность прямоугольных импульсов и получен спектр сигнала:

Связанность 20%:

10



Связанность 40%



5. Вывод

Итак, при импульсной модуляции получается сигнал, в котором амплитуда изменяется по закону сигнала, в котором содержится информация. Фаза и частота несущего сигнала при импульсной модуляции остаются неизменными, если учитывать возмущающую незначительную паразитную частоту или фазовую модуляцию. Амплитудно-модулированный сигнал получается путем перемножения двух сигналов. Один содержит информацию, а другой является несущим.

11

При выполнении лабораторной работы в среде MATLAB были построены и визуализированы сигнал, и модулированное колебание для выбранного параметра модуляции.

Как можно увидеть по графикам, спектры АМ-сигналов с разными коэффициентами модуляции имеют три составляющие:

- Нижняя боковая ($\omega_c - \Omega$)
- Несущая (ω_c)
- Верхняя боковая ($\omega_c + \Omega$)

Отметим, как и полагается амплитуды боковых составляющих спектра зависят от коэффициента модуляции: уменьшаются в $\frac{1}{2}$ раз: при $m=0,5 - 0,25$, а при $m=0,1 - 0,05$.

В данной лабораторной работе были также построены спектры прямоугольных импульсов с разными связанностями и спектр последовательности треугольных импульсов. Для верного расчета спектров использовались комплексные коэффициенты Фурье.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Построение АМ-сигнала

```

clear
m=0.5;
fc=1000; % несущая частота
t = (0:1/1000:1); % время
omega_c=2*pi*fc;
omega_m=2*pi*10;
u=cos(omega_c*t); % несущая
u_m=cos(omega_m*t); % информация
s=u.*u_m; % АМ-сигнал
plot(t,s);
title('Модулированный сигнал');
axis([0 1 0 1]);
xlabel('t');
ylabel('s');
grid on;

```

12

Построение спектра:

```

clear
clear

%Параметры
T=5;% Длительность сигнала (с)
Fd=1024;% Частота дискретизации (Гц)
A1=1;% Амплитуда первой синусоиды (Полугаев)
A2=1;% Амплитуда второй синусоиды (Полугаев)
f1=50*10^3;% Частота первой синусоиды (Гц)
f2=20;% Частота второй синусоиды (Гц)
Phi1=0;% Начальная фаза первой синусоиды (градусов)
Phi2=0;% Начальная фаза второй синусоиды (градусов)

T=0:1/Fd:T;% Массив отсчетов времени

FftL=2048;% Количество линий Фурье спектра
Signal=(A1*cos(2*pi*f1*T) + A2*cos(2*pi*f2*T)).*exp(i*(Phi1+Phi2)); % Спектральное представление сигнала
fft=abs(fft(Signal,FftL)); % Амплитуды преобразования Фурье сигнала
FftS=2*fft/fftL;% Нормировка спектра по амплитуде
FftS(1)=FftS(1)/2;% Нормировка постоянной составляющей в спектре
FftS=2*fftS/fftL;% Амплитуды преобразования Фурье смеси сигналов
FftS(1)=FftS(1)/2;% Нормировка постоянной составляющей в спектре

% Построение графиков
figure(1)
plot(t,Signal); % Построение сигнала
title('Сигнал'); % Подпись графика
xlabel('Время (с)'); % Подпись оси x графика
ylabel('Амплитуда (Полугаев)'); % Подпись оси y графика

F=f1:Fd/FftL:Fd/2-1/FftL;% Массив частот вычисленного спектра Фурье
figure(2) % Создание нового окна
plot(F,FftS(1:length(F))); % Построение спектра Фурье сигнала
title('Спектр сигнала'); % Подпись графика
xlabel('Частота (кГц)'); % Подпись оси x графика
ylabel('Амплитуда'); % Подпись оси y графика

```

Спектр прямоугольного сигнала:

```

tau=100; % длительность импульса
eps = .5; % погрешность
Fs=1000;%endof:time line (докуда вообще считать)
F0=200; % частота повторения импульса
A=1; % амплитуда (высота максимального подъема)
phi = pi/4; % фаза (сдвиг импульса)

t = (0:eps:1);
d = (0:eps:tau) + tau/2 + phi;
% "+ phi" - это сдвиг по фазе
% "+ tau/2" - это сдвиг самого импульса, т.к. x=0:tau-1
% считается от середины (центрирован)
x = A.*pulsstran(t, d, @exp(i*phi), tau);

```

13

```

%subplot(2,1)
plot(t, x)
axis([0 1000 0 1.05])

```

Спектр треугольного сигнала:

```

T=10; % период повторения импульсов
tau=1;
M=100;
k=1:M;
w=2*pi*k/T;
c1(1)=tau/T;
c1(2:1:M)=4*sin(w*tau/2).^2/T/tau./w.^2.*exp(-i*w*tau);
f1(1)=0;
f1(2:M+1)=w/2/pi;

stem(f1, abs(c1), 'k.')
axis([0 5 0 0.1])
grid on

```

14

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Вопросы для зачета в 7 семестре

2. 1) Методы построения систем связи. 2) Свойства ШПС и СШП сигналов. 3)

Основные типы ШПС и СШП сигналов. 4) Широкополосные сигналы. 5)

Сверхширокополосные сигналы. 6) Методы построения широкополосных и сверхширокополосных систем связи. 7) Методы построения ШСС. 8) Методы построения СШП систем связи. 9) Спектральные свойства широкополосных ФМ-2 сигналов. 10) Свойства корреляционных функций ФМ сигналов. 11) Структурные свойства случайных последовательностей. 12) Свойства псевдослучайных последовательностей. 13) М-последовательности. Основные свойства и методы формирования.

3. Вопросы для зачета в 8 семестре

4. 1) Какие сигналы применяются в радиолокации? 2) Какие сигналы называются широкополосными? 3) В чём отличие когерентной последовательности импульсов от некогерентной? 4) Каким требованиям должны удовлетворять радиолокационные сигналы? 5) Как определяется разрешающая способность сигнала? 6) В чём заключается скрытность действия РЛС? 7) От каких параметров излучаемого импульса зависит энергия зондирующего сигнала? 8) Какие параметры зондирующего сигнала определяют разрешающую способность по дальности и скорости? 9) От каких параметров зондирующего сигнала зависит точность измерения дальности и скорости? 10) Что такое функция неопределённости сигнала. Почему ей уделяется особое внимание? 11) Как по виду функции неопределённости можно судить о разрешающей способности сигнала по дальности и скорости? 12) Какая функция получается при сечении тела неопределённости вертикальной плоскостью $F=0$? 13) Какая функция получается при сечении тела неопределённости вертикальной плоскостью $\tau=0$? 14) Что такое диаграмма неопределённости сигнала. Какую информацию о сигнале она содержит? 15) Как изменяется диаграмма неопределённости прямоугольного импульса при введении внутриимпульсной частотной модуляции? 16) Какими свойствами обладает функция неопределённости? 17) В чём заключается проблема боковых лепестков ФН?

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-6	У-1	Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам