

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Защита информации в системах беспроводной связи»
для студентов направления подготовки
10.03.01 «Информационная безопасность»
Направленность (профиль)
«Организация и технологии защиты информации (по отрасли или в сфере профессиональной
деятельности)»

Ставрополь
2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

ТЕМА: Классификация систем беспроводной связи. Методы, способы передачи данных, типы сетей

Лабораторная работа № 1-2. Анализ методов передачи данных по беспроводным системам связи

Лабораторная работа № 3-4. Аспекты планирования сотовой подвижной связи

Лабораторная работа № 5-6. Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта gsm

ТЕМА: Методы и механизмы распространения радиоволн в системах беспроводной связи

Лабораторная работа № 7-8. Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта gsm

Лабораторная работа № 9-10. Изучение антенн и диаграммы направленности антенн

Лабораторная работа № 11-12. Изучение алгоритмов расчета баланса мощности беспроводной связи на примере сотовой связи

ТЕМА: Защита информации в системах беспроводной связи

Лабораторная работа № 13-14. Изучение алгоритмов расчета покрытия беспроводной связи и методов, моделей расчета зон обслуживания на примере стандарта gsm

Лабораторная работа № 15-16. Изучение вопросов и основных характеристик теории трафика при планировании и развитии сетей на примере стандарта gsm

Лабораторная работа № 17-18. Изучение частотного планирования, повторного использования частот, составление номинального сотового планирования на примере стандарта gsm

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Защита информации в системах беспроводной связи» является изучение основных понятий, методологии и практических приемов защиты беспроводных сетей связи, а также приобретение набора общекультурных и общепрофессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность.

Задачами дисциплины являются:

1. Приобретение студентами теоретических знаний в области обеспечения безопасности беспроводных сетей связи, архитектуры беспроводных сетей, стандартов и механизмов защиты, используемых для защиты информации в беспроводных сетях связи.

2. Приобретение студентами необходимого объема знаний и практических навыков в сфере интеграции беспроводных сетей в сетевую инфраструктуру предприятия, учитывающей все аспекты обеспечения их безопасности; формирование у студентов целостного представления о принципах и подходах к защите информации в разнотипных беспроводных сетях связи.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен обеспечивать защиту от несанкционированного доступа сооружений и средств связи сетей электросвязи (за исключением сетей связи специального назначения) в процессе их эксплуатации	ИД-1 _{ПК-1} Способен проводить мониторинг функционирования СССЭ, защищённости от НСД сооружений и СССЭ	определяет способы мониторинга функционирования беспроводных СССЭ и оценки их защищенности от НСД к информации

ПЛАНЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1-2.

Тема: Классификация систем беспроводной связи. Методы, способы передачи данных, типы сетей

1. Цели работы

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов (МСП с ЧРК).

Исследование влияния линейных и нелинейных искажений группового тракта на качество связи в МСП с ЧРК.

Формируемые компетенции: ПК-1.

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

1. Изучить (повторить) теоретический материал.
2. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
3. Подготовить отчет о лабораторной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

3.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

3.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

3.3. Требования безопасности по окончании работы

- Доложить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

4 Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

5. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

6. Описание лабораторной работы

Макет представляет собой простейшую одностороннюю трехканальную систему передачи в которой каналные сигналы формируются путем амплитудной модуляции и передачей одной боковой полосы частот без несущей (рис. 1.1.).

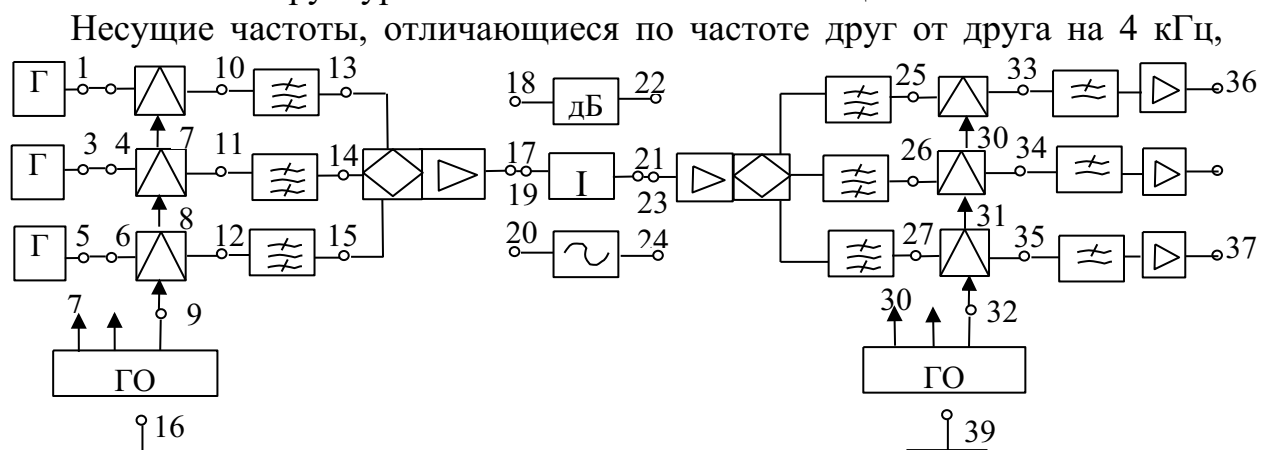
Слева расположена передающая часть, справа приемная часть системы. В качестве линии связи применяются три четырехполюсника, которые имитируют:

- линию не вносящую искажений;
- линию вносящую линейные искажения;
- линию вносящую нелинейные искажения.

Подключение необходимого четырехполюсника осуществляется соответствующей коммутацией дужек.

Источниками первичных сигналов являются генераторы синусоидальных сигналов Г. Каждый генератор можно подключить с помощью дужек ко входу канала.

Рис. 1.1. Структурная схема МСП с ЧРК на лицевой панели макета.



поступают от генераторного оборудования ГО. Соединение узлов показано в однопроводном изображении, вторым проводом является земля (гнезда 16 и 39).

7. Задания

- Ознакомиться с макетом и измерительными приборами.
- Включить питание макета.
- Зарисовать осциллограмму следующих сигналов: первичных сигналов первого, второго и третьего каналов (форму напряжений на выходе генераторов Г); несущих частот этих каналов (гнезда 7,8,9); на выходе каждого модулятора, предварительно соединив дужкой источник первичного сигнала с соответствующим модулятором;
- на выходе каждого канального фильтра; группового сигнала:
- а) для случая одного канального сигнала;
- б) для случая двух канальных сигналов;
- в) для случая трех канальных сигналов;
- на выходе линии передачи, не вносящей искажений (д Б);
- на выходе канальных фильтров приемной части;
- на выходе генератора несущих частот приемной части;
- на выходе демодуляторов;
- на выходе первого, второго и третьего каналов.
- Измерение взаимных переходов между каналами:
- подключить к передающей и приемной частям линию не вносящую искажений, для чего дужки оставить установленными в гнездах 17 - 18 и 22 - 23;
- подать на вход только первого канала первичный сигнал соединив дужкой гнезда 1 - 2. В приемной части на демодулятор первого канала подать несущую частоту, установив дужку в гнезда 29 - 30;
- подключить осциллограф к выходу первого канала, после чего подключить осциллограф к выходу второго и затем третьего каналов и проверить наличие взаимных переходов между первым и остальными каналами;
- измерителям уровня (или осциллографом) измерить уровень сигнала на выходе второго и третьего каналов, результаты измерений внести в таблицу 1.1.;

Таблица 1.1.

Тип линии	Номер влияющего канала	Номер канала, подверженного влиянию	Уровень сигналов, подверженных влиянию каналов	Уровень переходных помех P_{np} , дБ	Защищенность A_z , дБ
Линия без искажений					

Линия с линейны - ми искажен иями					
Линия с нелиней ными искажен иями					

подать на вход подверженных влиянию каналов первичные сигналы и измерить уровень сигнала на их выходах;

определить защищенность от переходных помех для подверженных влиянию каналов в дБ по формуле: $A_3 = P_c - P_{nn}$,

где P_c - уровень сигнала на выходе подверженного влиянию канала, при отсутствии помех;

P_{nn} - уровень переходных помех в канале, подверженном влиянию, при отсутствии сигнала.

Подключить к передающим и приемным частям линию вносящую линейные искажения, установив дужки в гнезда 17 - 19, 21 - 23 и снова повторить измерения.

Подключить к передающим и приемным частям линию вносящую нелинейные искажения, установив дужки в гнезда 17 - 20, 23 - 24 и снова повторить измерения.

Сравнить полученные результаты и сделать соответствующие выводы.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

- Структурная схема макета.
- Осциллограммы напряжений в указанных точках макета.
- Результаты измерений и расчета защищенности от переходного затухания между каналами.
- Краткий анализ полученных результатов и выводы.

10. Контрольные вопросы

- Дайте определение понятия «Канал связи».
- Укажите назначение узлов многоканальной системы с разделением каналов по частоте (по структурной схеме системы).
- Для чего в МСП с ЧРК необходимо преобразование частоты?

- Какова классификация способов передачи амплитудно-модулированных сигналов?
- Какие требования предъявляются к канальным фильтрам передающей и приемной части?
- Каковы достоинства и недостатки многоканальных систем с передачей ОБП частот без несущей?
- Как влияют линейные и нелинейные искажения группового тракта в МСП с ЧРК на качество связи?
- Как определяется ширина полосы частот группового сигнала?
- Почему несущие частоты, поступающие от ГО, отличаются на 4 кГц?
- Перечислите достоинства и недостатки многоканальных систем с разделением сигналов по частоте.

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ В ГРУППОВОМ ТРАКТЕ НА МЕЖКАНАЛЬНЫЕ ПЕРЕХОДЫ В МСП С ЧРК

Канальные сигналы, объединенные в один групповой сигнал передаются по групповому тракту вплоть до разделяющих устройств на приеме. Групповой тракт должен обеспечить безискаженную передачу группового сигнала, причем особое внимание должно уделяться условиям сохранения ортогональности спектров канальных сигналов. При нарушении условий ортогональности спектров канальных сигналов, частотные фильтры на приеме не могут разделить канальные сигналы - возникнут межканальные переходы.

Групповой тракт может вносить линейные и нелинейные искажения сигналов.

Линейные искажения подразделяются на амплитудно-частотные и фазочастотные искажения. Если групповой тракт, как линейный четырехполюсник имеет коэффициент передачи:

$$K(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = K(\omega) \cdot \exp[j\theta(\omega)];$$

то условием отсутствия амплитудно-частотных искажений будет независимость модуля коэффициента передачи от частоты в полосе частот группового сигнала:

$$K(\omega) = K_0 = \text{const}.$$

Условием отсутствия фазочастотных искажений является линейность фазовой характеристики, т.е.

$$\Theta(\omega) = \omega\tau + b_0,$$

что соответствует постоянству времени прохождения группового сигнала:

$$\tau(\omega) = \frac{d\theta(\omega)}{d\omega} = \tau = \text{const}.$$

Наличие в реальных групповых трактах реактивных элементов приводит к линейным искажениям.

Если на вход группового тракта поступает групповой сигнал, спектр которого представляет собой сумму спектров канальных сигналов, т.е.

$$S_{\hat{a}\hat{o}}(\omega) = \sum_{i=1}^N S_i(\omega),$$

где N - число каналов, то на выходе группового тракта будет

$$S_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}(\omega) = K(\omega) \cdot S_{\hat{a}\hat{o}}(\omega) = K(\omega) \cdot \sum_{i=1}^N S_i(\omega) K(\omega).$$

Из полученного выражения видно, что на выходе группового тракта спектры канальных сигналов не перекрываются. Следовательно, можно

сделать вывод, что линейные искажения группового тракта в МСП с ЧРК к межканальным переходам не приводят.

Нелинейные искажения возникают вследствие нелинейности амплитудной характеристики группового тракта. В результате нелинейных искажений возникают паразитные продукты нелинейности-гармоники и комбинационные частоты. Паразитные продукты сигналов одних каналов могут совпадать по спектру со спектром сигналов других каналов и являться для них помехой.

На рис. П 1.1. приведен пример появления межканальных переходов из-за нелинейности группового тракта для трехканальной системы, занимающий спектры $4 \div 8$; $8 \div 12$; $12 \div 16$ к Гц.

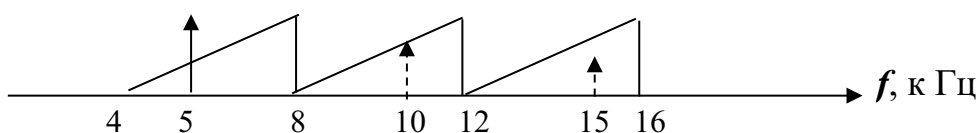


Рис. П 1.1.

При передаче, например, по первому каналу сигнала с частотой $f = 5$ к Гц, вторая гармоника этой частоты $2f = 10$ к Гц попадает в полосу частот второго канала, а третья гармоника $3f = 15$ к Гц попадает в полосу частот третьего канала.

Отсюда можно сделать вывод, что нелинейные искажения группового тракта приводят к межканальным помехам, поэтому к линейности амплитудной характеристики группового тракта в МСП с ЧРК предъявляются весьма жесткие требования.

Лабораторная работа №3-4.

Тема: Аспекты планирования сотовой подвижной связи

Цель работы

Изучить принцип построения аппаратуры многоканальной связи с разделением каналов по времени.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

1. Подготовка к занятию

1. Изучить (повторить) теоретический материал.
2. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
3. Подготовить отчет о лабораторной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

2. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

2.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

2.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

2.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

3. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

5. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

6. Описание лабораторной работы

Макет лабораторной работы представляет собой трехканальную систему с разделением каналов по времени. В реальных системах с временным уплотнением используются различные виды импульсной модуляции, часто в сочетании с одним из известных методов непрерывной (аналоговой) модуляции. В настоящей лабораторной работе изучается принцип временного уплотнения с АИМ.

Структурная схема системы представлена на лицевой панели макета (рис. 2.1.). в состав которого входят:

- источники передаваемых сигналов (И1, И2, И3);
- амплитудно-импульсные модуляторы (М1, М2, М3);
- задающий генератор (ЗГ) и распределитель импульсов каналов (РИК), с помощью которых формируются прямоугольные импульсы, управляющие работой модуляторов;
- суммирующее устройство (Σ) обеспечивает согласование амплитудно-импульсных модуляторов с имитатором группового тракта;
- имитатор группового тракта обеспечивает получение эквивалентов линий с нелинейными и линейными искажениями, а также линии без искажений. При имитации линии без искажений передатчик включается на вход приемника непосредственно соединением дужками гнезд 12 - 13 и 15 - 17. Соединив гнезда 12 - 14 и 16 - 17 включают между ними усилитель имитирующий линию с нелинейными искажениями. Для внесения линейных искажений с помощью тумблера к линии подключается конденсатор.

Приемник включает:

- групповой усилитель (ГРУ) обеспечивает согласование имитатора группового тракта со входом ключевых схем (М4, М5, М6);
- ключевые схемы, обеспечивают выделение стробирующих сигналов каждого канала.
- фильтры нижних частот (Ф2, Ф3, Ф4) выделяют огибающую информационного сигнала.
- распределитель канальных импульсов (РИК) приемника собран по схеме кольцевого счетчика и обеспечивает формирование трех последовательностей импульсов, сдвинутых друг относительно друга на $1/4$ часть периода, которые управляют ключевыми схемами приемника.

7. Задания

- Ознакомиться с макетом и измерительными приборами.
- Включить питание макета.
- Зарисовать осциллограмму следующих сигналов: первичных сигналов одного канала (например, первого) (гнездо 1);
- групповой сигнал на выходе сумматора (гнездо 12), предварительно соединив дужкой гнезда 1 - 2;
- сигналы в точках 26 и 29, соединив дужками гнезда 12 - 13, 15 - 17.
- Групповой сигнал на выходе сумматора (гнездо 12) при подключении всех трех каналов, соединив дужками гнезда 2 - 4, 5 - 6.
- Осциллограммы напряжений необходимо рисовать одну под другой с соблюдением временных масштабов.
- Оценить влияние линейных и нелинейных искажений группового тракта на систему АИМ - ВР.
- Подключить усилитель имитирующий линию с нелинейными искажениями к выходу сумматора и входу группового усилителя (соединив дужками гнезда 12 - 14, 16 - 17);
- подать на вход только первого канала первичный сигнал соединив дужкой гнезда 1 - 2;
- измерителем уровня измерить уровень полезного сигнала P_c на выходе первого канала (гнездо 29);
- подать на вход второго и третьего канала первичные сигналы соединив дужками гнезда 3 - 4, 5 - 6, отключив дужку от гнезда 1 - 2;
- измерителем уровня измерить уровень переходной помехи P_{np} на выходе первого канала;
- определить защищенность A_3 в первом канале системы от помех нелинейных переходов в дБ по формуле:
$$A_{31} = P_c - P_{np},$$
- аналогично определить защищенность A_{32} во втором и A_{33} в третьем каналах.
- Для получения линии с линейными искажениями подключить к линии тумблером конденсатор;
- определить защищенность A_3 в первом, втором и третьем каналах от помех линейных переходов в дБ.

8. Содержание отчета о лабораторной работе

- Структурная схема макета с временным разделением каналов.
- Осциллограммы напряжений, иллюстрирующие работу системы АИМ - ВР.
- Значения защищенности от межканальных помех вычисленные по результатам измерений.

- Выводы, вытекающие по результатам измерений.

9. Контрольные вопросы

- В чем заключается принцип временного уплотнения линий связи?
- Исходя из каких соображений выбирается частота дискретизации (частота стробирования) канального сигнала во времени?
- Какое назначение узлов системы АИМ - ВР?
- Для чего нужна синхронизация в системе АИМ - ВР?
- Приводят ли линейные искажения к взаимным влияниям между каналами? Почему?
- Приводят ли нелинейные искажения к взаимным влияниям между каналами? Почему?
- Какие достоинства и недостатки временного уплотнения по сравнению с частотным?

10. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

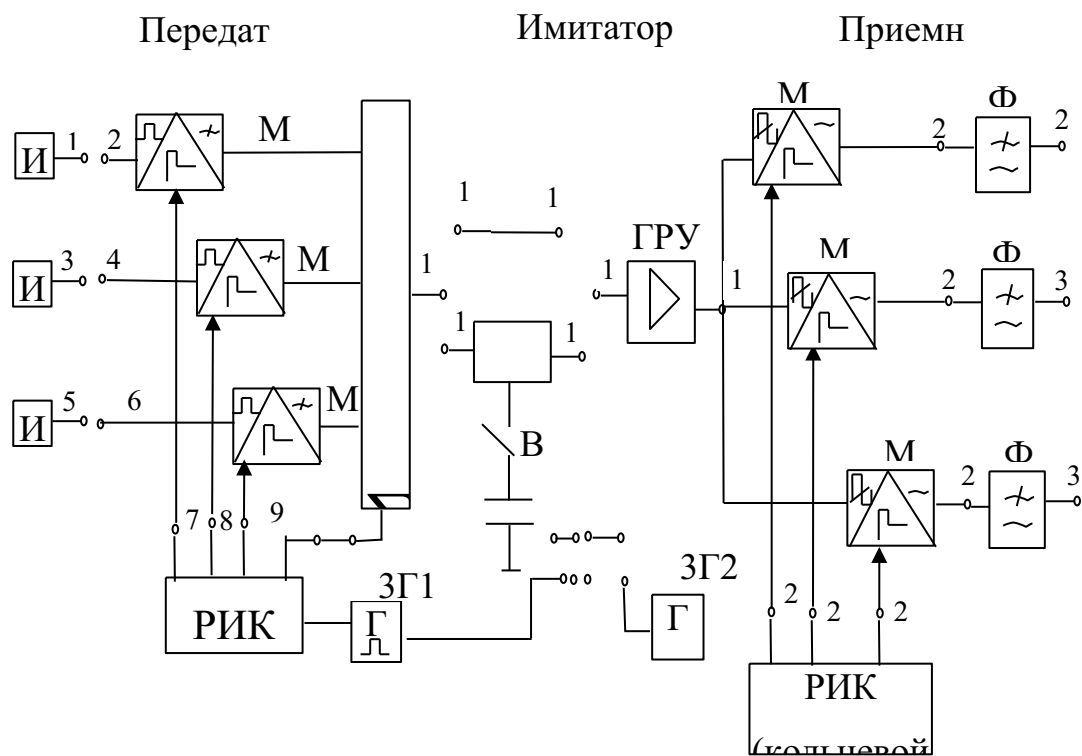


Рис. 2.1.

Лабораторная работа № 5-6

Тема: Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта gsm

Цель работы

Расчет и экспериментальная проверка параметров дифференциальных систем.

Формируемые компетенции: ПК-1.

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

1. Изучить (повторить) теоретический материал.
2. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
3. Подготовить отчет о лабораторной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладать руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

В лабораторном макете исследуется два типа развязывающих устройств: дифференциальная система на трансформаторе и дифференциальная система на резисторах.

Схемы устройств представлены на рис. 4.1. и 4.2.

Обмотка дифференциального трансформатора имеет следующее число витков:

$$W_{1a} = W_{1\dot{a}} = W_{1\ddot{a}} = W_{1\Gamma} = 250, \quad W_2 = 500.$$

Для получения равноплечной дифференциальной системы соединяются дужками гнезда 10 - 16, при этом коэффициенты трансформации равны:

$$m = \frac{W_{1a} + W_{1\dot{a}}}{W_{1\dot{a}} + W_{1\ddot{a}}} = 1, \quad n = \frac{W_{1\dot{a}} + W_{1\dot{a}} + W_{1\dot{a}} + W_{1\ddot{a}}}{W_2} = 2.$$

Для получения неравноплечной дифференциальной системы соединяются дужками гнезда 10 - 16, при этом коэффициент трансформации равен

$$m = \frac{W_{1\dot{a}} + W_{1\dot{a}} + W_{1\ddot{a}}}{W_{1\dot{a}}} = 3, \quad n = 2.$$

Резисторная дифференциальная схема состоит из четырех резисторов по 600 Ом, образующих равноплечный мост (рис. 4.2.). Входное сопротивление такой дифсистемы со стороны зажимов 1-1', А - А', Б - Б' равны по 600 Ом.

4.3.1. Изучить литературу [1] с. 51 - 56, [2] с. 16 - 21.

4.3.2. Выполнить следующие расчеты необходимые для выполнения лабораторной работы (см. рис. 4.1.),

где Z_1 - входное сопротивление со стороны зажимов 1-1' ;

Z_2 - входное сопротивление со стороны зажимов 2-2' ;

Z_3 - входное сопротивление со стороны зажимов 3-3' ;

Z_4 - входное сопротивление со стороны зажимов 4-4' .

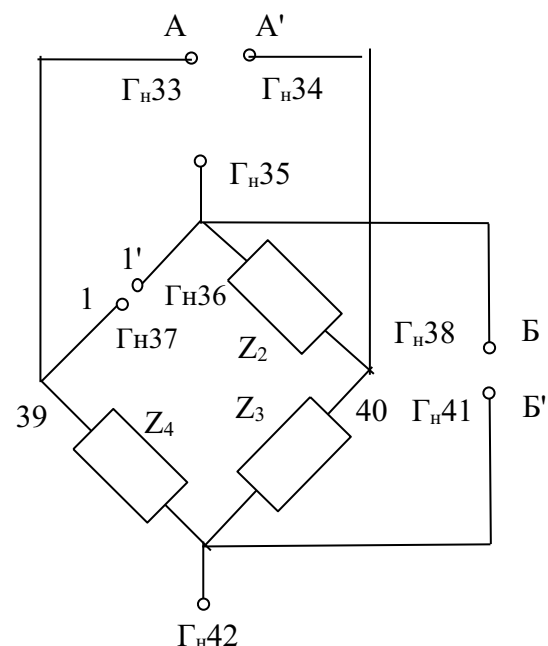
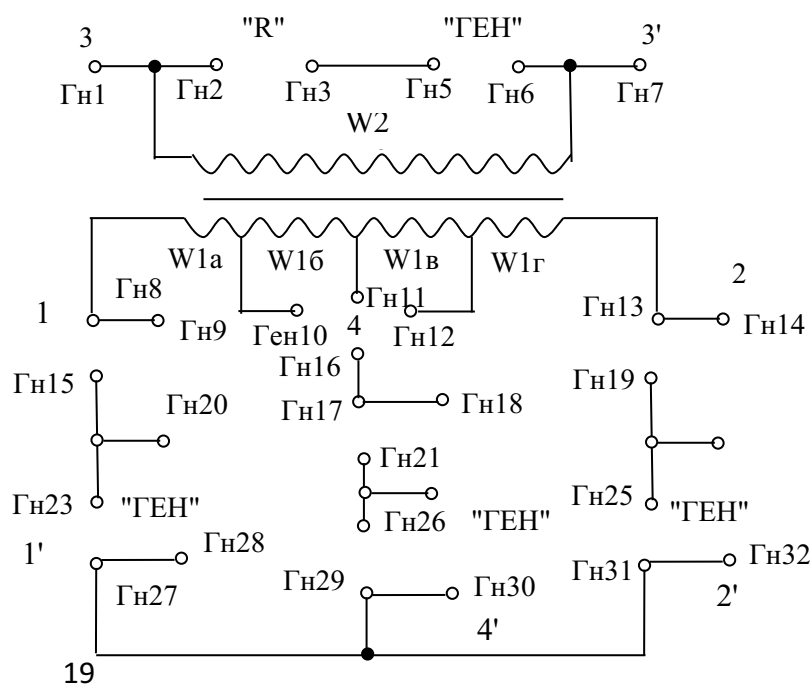


Рис. 4.1.

Рис. 4.2.

Рассчитать при известном Z_1 согласованные сопротивления дифференциальной системы по формулам:

$$Z_2 = mZ_1; \quad Z_3 = \frac{(1+m)Z_1}{n^2}; \quad Z_4 = \frac{m}{1+m}Z_1,$$

где для равноплечной дифсистемы $n = 2$; $m = 1$, а для неравноплечной дифсистемы $n = 2$; $m = 3$; в обоих случаях $Z_1 = 1000 \text{ Ом}$.

Рассчитать значения Z_2 при различных значениях коэффициента неуровновешенности по формуле:

$$Z_2 = Z_1 \frac{1-\delta}{1+\delta},$$

где коэффициент неуровновешенности δ равен: 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1.

Определить затухание в дБ уравновешенной равноплечной и неравноплечной дифсистемы для направлений передачи 1-3, 1-4 по формулам:

$$a_{1-3} = a_{3-1} = 10 \lg(1+m)$$

$$a_{1-4} = a_{4-1} = 10 \lg\left(1 + \frac{1}{m}\right).$$

Затухание a_{4-3} в направлении от зажимов 4-4' к зажимам 3-3' при любой разбалансировке или при различных значениях коэффициента неуровновешенности δ , определяют по формуле:

$$a_{4-3} = 20 \lg \left| \frac{Z' + Z_2 + 2\sqrt{Z'Z_2}}{Z' - Z_2} \right|, \text{ а также } a_{4-3} = 20 \lg \frac{1}{\delta} + 6,9 \text{ дБ},$$

где $Z' = Z_1$ для равноплечной системы, а для неравноплечной $Z' = mZ_1$; $\delta = 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0$.

Результаты расчетов свести в таблицы 4.1. и 4.2.

8. Задания

- Ознакомиться с макетом и применяемыми измерительными приборами.
- Включить питание макета.
- Измерить рабочее затухание равноплечной дифсистемы на трансформаторе. Для этого соединить дужкой гнезда 11 - 16, а к гнездам ГЕН (23, 27) подключить измерительный генератор с частотой 0,8 кГц и уровнем ОдБ, остальные гнезда ГЕН (26 - 29, 25 - 31, 5 - 6) закорачивают дужками. В гнезда (2 - 3, 13 - 19, 17 - 21) подключают резисторы (Z_2 , Z_3 , Z_4) с рассчитанными величинами для равноплечной дифсистемы. В гнезда (8 - 15) включить резистор величиной 400 Ом, дополняющий внутреннее сопротивление измерительного генератора до величины $Z_1 = 1000$ Ом. Высокоомным измерителем уровня измеряют уровень выхода ($P_{\text{вых.}}$) на гнездах (1 - 7, 14 - 32, 18 - 30), что позволит рассчитать рабочее затухание соответственно в направлениях передачи 1 - 3, 1 - 2, 1 - 4,, при этом, необходимо измерить уровень сигнала на выходе генератора на гнездах 20 - 28.

Величина рабочего затухания в дБ определяется по формуле:

$$a_{\text{эц}} = P_{\text{аа}} - P_{\text{эц}} + 10 \lg \frac{Z_i}{Z},$$

(1)

где Z_n - сопротивление резистора нагрузки для a_{1-4} $Z_i = Z_4$, $Z = Z_1 = 1000$ Ом.

Для измерения затухания неравноплечной дифсистемы дужку из гнезда 11 - 16 переставить в гнезда 10 - 16. В гнезда (2 - 3, 13 - 19, 17 - 21) включить резисторы рассчитанных величин для неравноплечной дифсистемы и измерить уровень $P_{\text{вых}}$ в гнездах (1 - 7, 14 - 32, 18 - 30) по вышеприведенной методике.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1.

Тип ДС	Направление передачи	$P_{\text{ген.}}$, дБ	$P_{\text{вых.}}$, дБ	$10 \lg \frac{Z_i}{Z}$, дБ	$a_{\text{изм.}}$, дБ	$a_{\text{расч.}}$, дБ
Равноплечный						
Неравноплечный						

- Измерение затуханий равноплечной неуравновешенной дифсистемы. Метод измерений остается прежний. В гнезда (13 - 19) вместо резистора расчетной величины подключить магазин сопротивлений. В гнезда (2 - 3, 8 - 15, 17 - 21) включить резисторы Z_1 , Z_4 , Z_3 расчетной величины для равноплечной дифсистемы.

Измерительный генератор включить в гнезда (26 - 29). Остальные гнезда «ГЕН» закоротить дужками.

Измерения произвести для направлений от зажимов 4 - 4' к зажимам 3 - 3' и 1 - 1' (рис. 4.1.), устанавливая различные, ранее рассчитанные значения Z_2 (при различных значениях коэффициента неуравновешенности) с помощью магазина сопротивлений.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

δ	Z_2 , Ом	$P_{\text{ген}}$, дБ	$P_{1-1'}$, дБ	$P_{3-3'}$, дБ	$10\lg \frac{Z_4}{Z_1}$, дБ	$10\lg \frac{Z_4}{Z_2}$	a_{4-1}	a_{4-3}	
								изм.	расч.
0									
0,1									
0,2									
0,5									
1,0									

Затухание вычисляется по формуле (1). При этом $Z = Z_{\text{ген}} = 600$ Ом, где Z_n - величина сопротивления резистора нагрузки включенного со стороны зажимов соответствующего направления .

- Измерения затухания резисторной дифсистемы.

Резисторная дифсистема состоит из четырех резисторов по 600 Ом, образующих равноплечный мост (рис. 4.2.). Входные сопротивления такой дифсистемы также равны 600 Ом, поэтому измерение затухания удобно производить методом известного генератора.

Для измерения затухания развязки в гнезде 36 - 37 (1-1') включают сопротивление 600 Ом. Измерительный генератор с уровнем 0 дБ и выходным сопротивлением 600 Ом включается в гнезда 33 - 34 (А - А'), измеритель уровня с входным сопротивлением 600 Ом включается в гнезда 38 - 41 (Б - Б').

Затухание будет равно:

$$\alpha = P_{\text{вх}} - P_{\text{вых}}$$

(2)

уровень на выходе генератора можно измерить высокоомным измерителем уровня в гнездах А - А'.

Для измерения затухания в направлении пропускания от зажимов А - А' к зажимам 1-1' к гнездам 33 - 34 (А - А') подключается 600 Ом генератор, к гнездам 38 - 41 (Б - Б') - резистор равный 600 Ом, а к гнездам 36 - 37 (1 - 1') измеритель уровня с 600 Ом входом. Затухание вычисляется по формуле (2) и сравнивается с теоретическим значением, которое равно 6 дБ.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

- Схемы трансформаторной и резисторной дифсистемы.
- Результаты расчетов и измерений (таблицы).
- Выводы по результатам расчетов и измерений.

10. Контрольные вопросы

1. Назначение дифференциальных систем.
2. Чем объяснить различие между расчетными и экспериментальными значениями затухания?
3. Почему измеренные затухания a_{1-3} и a_{1-4} получились отличными от расчетных?
4. Каковы физические и аналитические условия развязки трансформаторной дифсистемы в направлениях от зажимов 1 - 1' к зажимам 2 - 2' и от зажимом 3 - 3' к зажимам 4 - 4'?
5. Как меняется затухание a_{4-3} при изменении коэффициента неравноплечности?
6. Как зависит затухание в направлении 4 - 3 (a_{4-3}) от соотношения модулей и аргументов Z_1 и Z_2 ?
7. Каковы достоинства и недостатки трансформаторной диясистемы?
8. Каковы достоинства и недостатки резисторной дифсистемы?

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

Лабораторная работа № 7-8.

Тема: Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта gsm

Цели работы:

Ознакомление с содержанием частотно-территориального планирования (ЧТП) сетей связи с подвижными объектами, общими техническими характеристиками систем связи с подвижными объектами (ССПО) и способами их обеспечения.

Расчет основных технических характеристик ССПО.

Получение навыков оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры ССПО с использованием основных технических характеристик.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

5. Изучить (повторить) теоретический материал.
6. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
7. Подготовить отчет о лабораторной работе.
8. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

Главные элементы системы связи с подвижными объектами (ССПО) [2, 3]:

- центр коммутации подвижной службы (ЦКПС);
- базовые и абонентские станции (БС и АС);
- стационарные линии связи (кабельные, радиорелейные и др.) БС со своим ЦКПС;
- стационарные линии связи ЦКПС сети с транзитными коммутаторами ТФОП и обмена информацией по общему каналу сигнализации ОКС 7.

Сота - это территория, обслуживаемая одной БС при всенаправленных антеннах. В зависимости от радиуса r_0 соты различают макросоты с $\geq 0,5$ км, микросоты с $< 0,5$ км и пикосоты радиусом несколько десятков метров.

Каждая БС поддерживает радиосвязь с АС, находящимися в своей соте. Во избежание взаимных помех соседние БС работают на разных частотах. Каждой соте присваивается частотная группа и для всей ССПО составляется частотно-территориальный план (ЧТП).

Частотно-территориальное планирование сетей ССПО предусматривает выбор структуры (конфигурации) сети, места установки БС, выбор типа, высоты и ориентации антенн, распределение частот между БС. Для уменьшения капитальных затрат должна осуществляться оптимизация частотно-территориального плана, т. е. необходимо разрабатывать план, обеспечивающий заданную зону обслуживания, емкость сети, требуемое качество обслуживания при минимальном числе базовых станций и используемых частот. Планирование должно обеспечивать внутрисистемную и межсистемную электромагнитную совместимость (ЭМС) радиосредств. В первом случае обеспечивается ЭМС между радиостанциями проектируемой сети, во втором - между радиосредствами проектируемой сети и радиосредствами других систем, работающими в общих и смежных полосах частот и являющимися потенциальными источниками помех.

ЭМС - это способность радиоэлектронных систем совместно функционировать в реальных условиях эксплуатации с сохранением своих основных технических характеристик при воздействии на нее всевозможных непреднамеренных помех и не создавать помехи недопустимого уровня другим радиосредствам. Для обеспечения ЭМС требуется уменьшить до допустимого уровня действие различных видов помех.

ЧТП ССПО условно можно разделить на две части (рисунок 1):

1. *Частотный план* - распределение частот приема $f_{\text{опрм}}$ и передачи $f_{\text{опрд}}$ между каналами, присвоенное стандарту;
2. *Территориальный план* - привязка частотного плана к конкретной территории, в котором указывается:
 - размерность кластера - $N_{\text{кл}}$;
 - распределение частотных групп между сотами;
 - число каналов в каждой частотной группе, присвоенной соте, - $N_{\text{чг}}$;

- номинальные значения частот каналов в такой группе - f_0 ; $\bigcirc$ расположение сот на территории и размер (радиус) r_0 соты.

В ССПО используется принцип многократного повторного использования частот связи: одни и те же частоты предоставляются различным пользователям на всей территории, обслуживаемой системой. Принцип построения предполагает работу многих БС на совпадающих частотах (рисунок 2 - БС центральной соты и БС М1-М6). В результате этого БС М1-М6 создают на входе АС центральной соты *интерференционные* или *соканальные* помехи, ухудшающие внутрисистемную ЭМС ССПО.

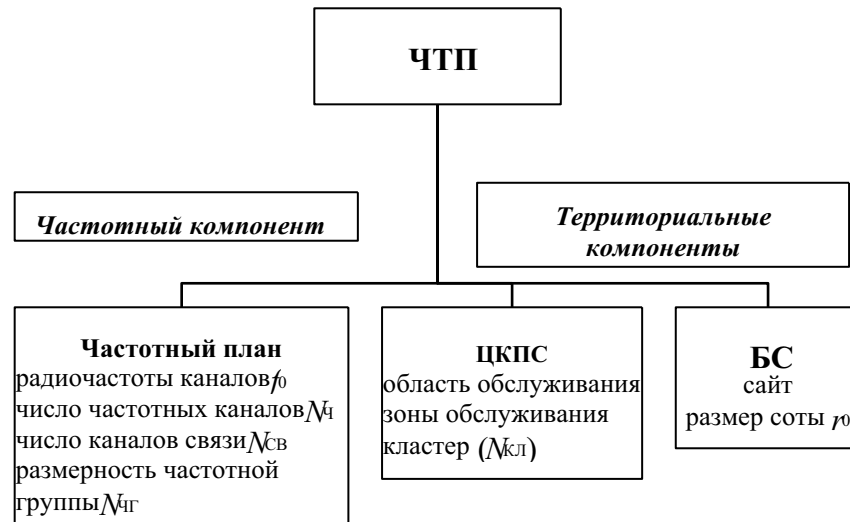


Рисунок 1 Основные параметры ЧТП

Интерференционная помеха от таких БС рассматривается как внутрисистемная помеха, определяющая их электромагнитную совместимость (ЭМС), и именно эта помеха определяет такой параметр структуры, как *размерность кластера* $N_{\text{кл}}$. На основе геометрии однородной модели ССПО, размеры сот в которой постоянны, расстояние $d_{\text{кл}}$ между БС, работающими на совпадающих частотах, определяется соотношением [2, 3]

$$d_{\text{кл}} = q r_0, \quad (1)$$

где $q = \frac{E_{\text{с}}(r_0)}{E_{\text{и}}(d_{\text{кл}})} \approx \sqrt{3N_{\text{кл}}}$ - коэффициент ослабления интерференционной помехи (коэффициент ЭМС сети); $E_{\text{с}}(r_0), E_{\text{и}}(d_{\text{кл}})$ - напряженности поля сигнала от АС и интерференционной помехи в точке расположения БС центральной соты.

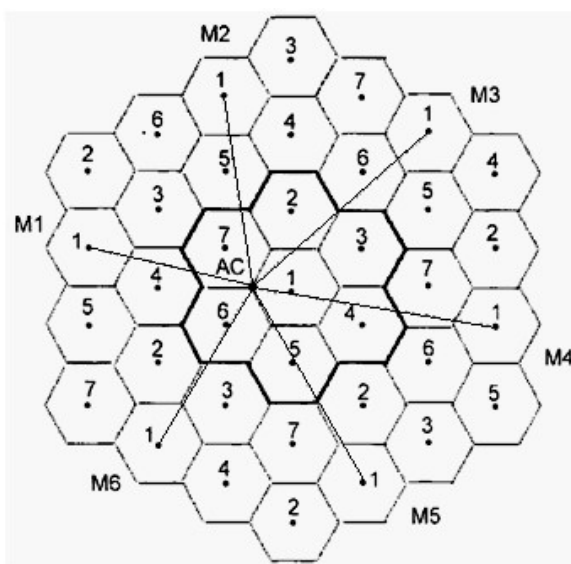


Рисунок 2 Фрагмент ЧТП при $N_{\text{кл}} = 7$
M1 - M6 - БС, работающие на совпадающих частотах и создающие
интерференционные помехи

Для одного мешающего сигнала отношение мощностей
сигналинтерференционная помеха на границе соты равно

$$Q_{1\text{с-и}} = (r_0/d_{\text{кл}})^{-n}, \quad (2)$$

где n - показатель затухания при распространении сигналов: в зависимости от
условий распространения сигнала принимает значений $n = 2 \dots 4$.

Подставив (1) в (2) и учитывая, что в однородной модели на одной
частоте наблюдаются примерно одинаковые мешающие сигналы от шести
БС, для допустимого отношения сигнал-интерференция на входе приемника
при $n = 4$ запишем:

$$Q_{\text{с-и}}^* = \left(\frac{1}{6}\right) (d_{\text{кл}}/r_0)^4 = (1.6)(3N_{\text{кл}})^2 = (3/2)N_{\text{кл}}^2. \quad (3)$$

Соотношение (3) позволяет определить размерность кластера:

$$N_{\text{кл}} = \sqrt{(2/3)Q_{\text{с-и}}^*}, \quad (4)$$

$$Q_{\text{с-и}}^* = 10^{0.1q_{\text{с-и}}^*}, \quad (5)$$

где $q_{\text{с-и}}^*$ - допустимое отношение сигнал-интерференция (в дБ) в
однородной модели, которое определяет стандартом ССПО.

Допустимое отношение сигнал-интерференция на входе приемника для
ССПО различных стандартов составляет:

$$q_{\text{с-и}}^* = \begin{cases} 9 \text{ дБ} - \text{ для системы GSM;} \\ 15 \text{ дБ} - \text{ для системы NMT} - 450; \\ 16 \text{ дБ в стандарте D} - \text{ AMPS.} \end{cases}$$

Поэтому в цифровых системах можно использовать кластеры с
меньшей размерностью, что, в свою очередь, повышает частотную
эффективность цифровых систем.

Следовательно, в цифровой системе GSM допустимая мощность интерференционной помехи на входе приемника больше, чем в аналоговой системе NMT-450.

Число каналов в соте (*канальная эффективность, радиоемкость соты*)

$$N_{\text{чГ}} = N_{\text{ч}} / N_{\text{кл}}. \quad (6)$$

ССПО обычно работают в диапазоне ультравысоких частот (УВЧ) (дециметровых волн). Максимальный радиус соты имеет место при отсутствии неровностей рельефа и ограничивается кривизной земной поверхности. Такая линия радиосвязи называется *открытой*. Ее протяженность определяется расстоянием прямой видимости

$$d_{\text{ПВ}} = 3,57\sqrt{(h_1 + h_2)} \quad (7)$$

(здесь $d_{\text{ПВ}}$ выражено в километрах, h_1 , h_2 - высоты расположения (*подвеса*) антенн БС и АС - в метрах).

При распространении радиосигнала на открытых трассах могут быть использованы следующие параметры радиоволн:

1 Действующее значение напряженности электрического поля в свободном пространстве для направленной передающей антенны с коэффициентом усиления G_1 , к которому подведена мощность P_1 :

$$E_0 = \frac{\sqrt{30P_1G_1}}{d} \text{ [В/м]}. \quad (8)$$

2 Плотность потока мощности (мощность, приходящаяся на единицу поверхности):

$$W = P_1 / 4\pi d^2 \text{ [Вт/м}^2\text{]}. \quad (9)$$

3 Мощность сигнала от БС на входе приемника АС зависит от протяженности d трассы и частоты (длины волны)

$$P_{\text{с вх}}(f, d) = P_1 G_1 G_2 \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 10^{-(a_1 + a_2)}, \quad (10)$$

или уровень мощности (в дБ) сигнала от БС на входе приемника АС

$$p_{\text{с вх}} = 10 \lg P_{\text{с вх}} = p_0(f, d), \quad (11)$$

где $p_0(f, d)$ - уровень мощности сигнала в точке приема при распространении в свободном пространстве:

$$p_0(f, d) = p_{\text{п}} + g_1 + g_2 - (a_{\text{св}} + a_1 + a_2), \quad (12)$$

где $p_{\text{п}}$ - уровень мощности передатчика; g_1 , g_2 - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн соответственно, выраженные в децибелах; a_1 и a_2 - потери в фидере передающей и приемной антенн соответственно; $a_{\text{св}} = 20 \lg(4\pi d/\lambda)$ - ослабление свободного пространства; d - протяженность трассы; λ - рабочая длина волны.

Следует иметь в виду, что энергетические возможности передатчика часто характеризуются *эквивалентной изотропной излучаемой мощностью* (ЭИИМ)

$$P_{\text{ЭИИМ}} = P_{\text{П}} G_1, \quad (13)$$

учитывающей влияние направленных свойств передающей антенны.

8. Задания

Изучить в процессе самостоятельной подготовки основные теоретические сведения по теме данной лабораторной работы из списка рекомендованной литературы ([1], стр. 489-498; [2], стр. 27-39, 255-261).

Изучить влияние на ЭМС и частотно-территориальный план ССПО следующих параметров: частоты (f), мощности передатчика (P_p), расстояния между базовой и абонентской станциями (d), высоты приемной и передающей антенн (h_1 и h_2).

Рассчитать основные параметры ЧТП сети связи и технические характеристики ССПО.

Анализ ЭМС и частотно-территориальных планов ССПО различных стандартов.

Изучить технические требования к ССПО различных стандартов.

Выделить основные частотные параметры ССПО, задаваемые стандартом.

Исследовать влияние территориальных параметров ЧТП ССПО на ЭМС системы: влияние допустимого отношения сигнал-интерференция (β) на $N_{кл}$,

$N_{чг}$ и коэффициент ЭМС сети q ; влияние r_0 и f на уровень мощности сигнала в точке приема $p_0(f, d)$.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

По результатам выполнения лабораторной работы студенты оформляют и сдают на проверку отчет. Отчет по выполнению лабораторной работы должен быть сдан на проверку в письменной форме, либо в форме электронного документа. Отчет оформляется в соответствии с общими правилами оформления квалификационных работ и должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- основную часть;
- заключение.

Титульный лист содержит наименование вуза, наименование специальности, наименование дисциплины, наименование работы, ФИО студента, дату выполнения работы, дату защиты работы, оценку.

Во введении указывается цель работы и основные пункты задания.

В основной части приводится ход выполнения работы, результаты исследования и расчета параметров ЧТП ССПО, анализ полученных результатов и выводы по работе.. При необходимости могут быть приведены основные теоретические сведения.

В заключении указываются выводы по работе, производится теоретическое обоснование полученных результатов и приводятся ответы на контрольные вопросы

Результаты выполненной лабораторной работы защищаются каждым студентом в индивидуальном порядке в форме беседы.

10. Контрольные вопросы

1. Что такое интерференция, интерференционная помеха?
2. Поясните понятие зоны освещенности (прямой видимости).
3. Нарисуйте и поясните прохождение лучей от передающей до приемной антенны в области освещенности.
4. Что такое ослабление свободного пространства и от чего оно зависит?
5. Как зависит напряженность поля от расстояния между антеннами в области освещенности?
6. Как зависит напряженность поля от высоты подвеса антенны в области освещенности?
7. Сравните характер зависимости от расстояния напряженности поля и мощности сигнала в точке приема при распространении радиоволн в свободном пространстве?

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

Лабораторная работа № 9-10.

Тема: Изучение антенн и диаграммы направленности антенн

Цель работы

Изучение принципа действия оконечной аппаратуры системы передачи
К - 60П.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

9. Изучить (повторить) теоретический материал.
10. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
11. Подготовить отчет о лабораторной работе.
12. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

Краткая характеристика системы передачи К - 60П.

Шестидесятиканальная система передачи на транзисторах (К - 60П) предназначена для уплотнения симметричного кабеля диаметром жил 1,2мм в спектре частот 12 - 252 кГц. Система передачи К - 60П - однополосная, четырехпроводная, двухкабельная. Дальность передачи 12 500 км. Максимальная длина переприемного участка по ТЧ составляет 2500 км. Для обеспечения такой дальности в цепь включают обслуживаемые усилительные станции (ОУП), необслуживаемые дистанционно питаемые усилительные станции (НУП), а также оконечные станции (ОП). Номинальные уровни передачи в канале, остаточное затухание, полоса эффективно передаваемых частот - стандартные для каналов ТЧ.

Номинальный относительный уровень передачи в линию без предискажения по всем каналам равен -5 дБ, с предискажением по верхнему каналу -1 дБ, по нижнему каналу -11 дБ. Для поддержания остаточного затухания в аппаратуре оконечных и промежуточных станций постоянным имеются устройства АРУ. Работой устройств АРУ управляют токи контрольных частот: 16кГц - наклонная, 112 кГц - криволинейная, 248 кГц - плоская. На оконечных станциях и ОУП - 3 используют трехчастотные (плоско-наклонно-криволинейные) АРУ, на ОУП - 2 - двухчастотные (плоско-наклонные) АРУ, на НУП - по температуре грунта (частотно-зависимая грунтовая) АРУ.

Наибольшее усиление усилительных станций на высшей передаваемой частоте для ОП и ОУП составляет 61 дБ, для НУП - 55 дБ. Необслуживаемые усилительные пункты размещают вдоль магистрали в среднем через 19 км., ОУП - 2 - через 250 - 300 км., ОУП - 3 - через 500 - 600 км.

Оконечные и обслуживаемые усилительные пункты имеют местные источники электропитания, НУП получают электропитание дистанционно с ОУП или ОП.

Наибольшее число НУП между ОУП (ОП) при организации дистанционного питания по системе провод-земля равно 12, по системе провод-провод-шесть.

Формирование линейного спектра.

Для получения линейного спектра в системе передачи К - 60П используется трехкратное преобразование частоты: одно-индивидуальное и два-групповых.

Индивидуальное преобразование спектра частот 0,3 - 3,4 кГц каждого из 12 каналов тональной частоты осуществляется соответственно с помощью одной из несущих частот: 108; 104; ...; 64 кГц. В результате этого

преобразования образуется спектр стандартной первичной группы 60,6 - 107,7 кГц (60 - 108 кГц) причем первый канал занимает спектр частот 104,6 - 107,7 кГц; второй канал - 100,6 - 103,7 кГц и т.д.; 12 канал - 60,6 - 63,7 кГц.

С помощью второй ступени преобразования с использованием пяти несущих частот спектры пяти стандартных первичных групп перемещаются в полосу частот 60 - канальной вторичной группы (312 - 552 кГц), затем, применяя несущую частоту 564 кГц и третью ступень преобразования, формируется линейный спектр частот (12 - 252 кГц).

Для устранения внятных переходных влияний между каналами системы, работающих по разным парам одной четверки кабеля, в системе К - 60П используются два варианта линейного спектра: основной и инверсный.

О с н о в н о й спектр (рис. 5.1.) получается в результате группового преобразования каждый из пяти 12-канальных групп несущими частотами: 420; 468; 516; 564 и 444 кГц. Расположение всех групп, кроме пятой, прямое. Обратное расположение пятой первичной группы в спектре вторичной группы отличает ее от стандартной.

И н в е р с н ы й спектр частот (рис. 5.2) получается с помощью других групповых несущих частот для первых четырех групп: 252; 300; 348; 396 кГц. Полученная вторичная группа отличается от стандартной обратным расположением спектров всех первичных групп.

С помощью несущей частоты 564 кГц спектр соответствующей вторичной группы (основной или инверсной) перемещается в линейный спектр 12 - 252 кГц.

Расположение частот первых 24 каналов основного линейного спектра (12 - 108 кГц) совпадает с расположением частот в 24-канальных системах передачи, в связи с чем обеспечивается возможность транзитных соединений каналов систем передачи К - 60П и К - 24 без преобразования частот.

Наряду с основным и инверсным линейным спектрами возможно применение **д о п о л н и т е л ь н о г о** спектра (идентичного спектру вторичной стандартной группы). Формирование дополнительного спектра (рис. 5.3) производится при необходимости согласования со стандартным спектром вторичной группы более мощных систем (К - 300, К - 1920 и др.).

Стойка линейных усилителей и корректоров оконечного пункта (СЛУК - ОП) системы передачи К - 60П.

Стойка линейных усилителей и корректоров оконечного пункта предназначена для усиления токов линейного спектра частот системы передачи К - 60П, передаваемых оконечной станцией в линию, компенсации затухания прилегающего к станции усилительного участка и коррекции

амплитудно-частотных искажений, вносимых элементами оборудования линейного тракта.

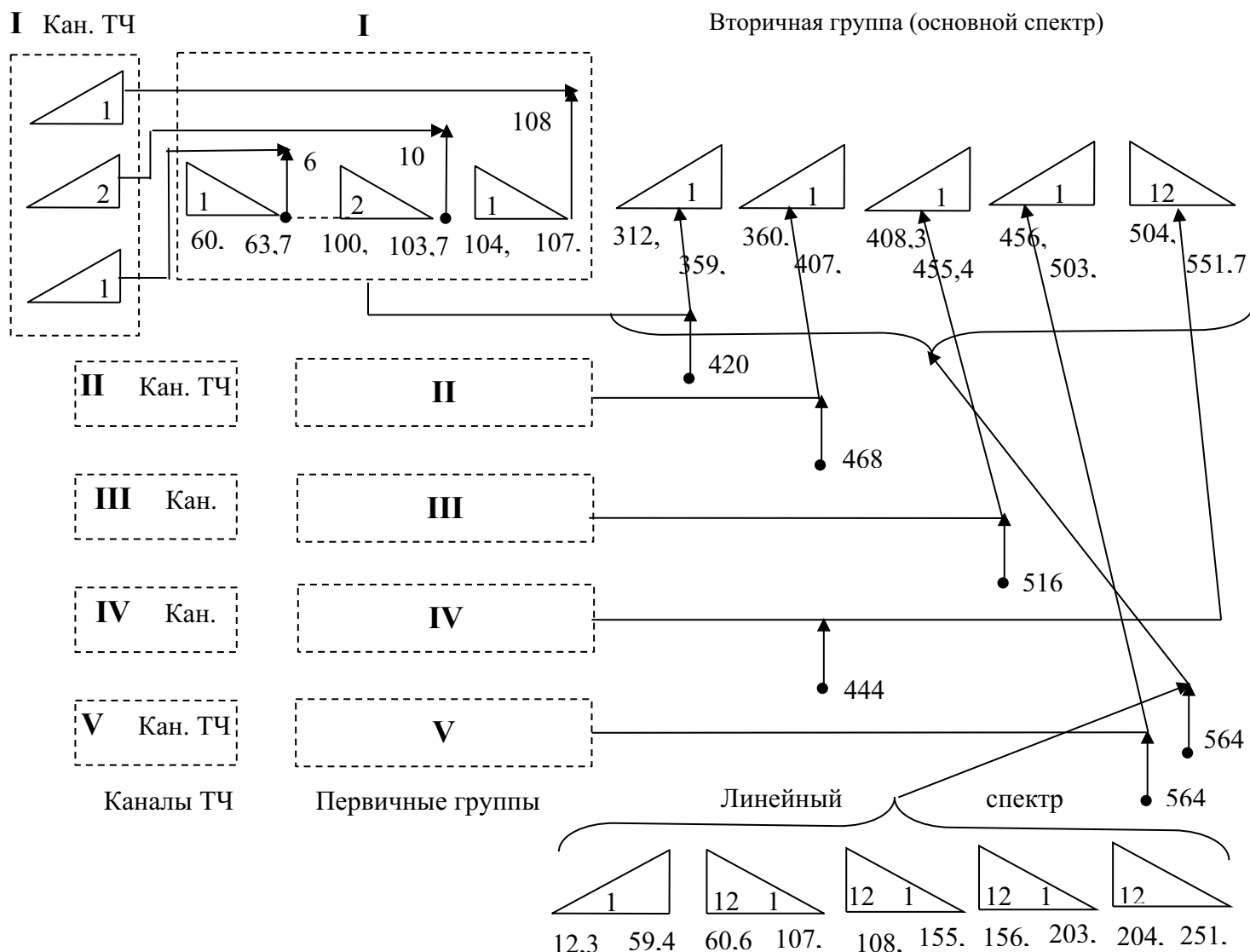


Рис. 5.1.

Структурная схема СЛУК - ОП представлена на рис.5.4. Линейный спектр системы передачи К - 60П 12 - 252 кГц, сформированный оборудованием группового преобразования СГП, с уровнем - 35,6 дБ поступает на вход СЛУК - ОП. На входе тракта передачи СЛУК-ОП предусмотрен удлинитель с затуханием 5,0 дБ, дополнительный выравниватель ДопВ, запирающие фильтры 3Ф 112, 248, 16, дифференциальную систему ДС, через которую вводятся токи контрольных частот 16, 112 и 248 кГц, и затем поступают в усилитель передачи УсПр. Токи контрольных частот подаются в дифференциальную систему через блок переключения контрольных частот БПКЧ. Последний обеспечивает уровни

токов контрольных частот по мощности неизменными и равными - 22 дБ при работе аппаратуры с перекосом уровней передачи и без него. Вместе с тем в этом блоке происходит объединение трех токов контрольных частот перед подачей их в развязывающую дифференциальную систему.

Токи, усиленные усилителем УсПер, через трансформатор Т1 вводно-кабельного оборудования стойки СВКО подаются в линию Л1.

При приеме токи частотами 12 - 252 кГц из линии Л2 через трансформатор Т2 вводно-кабельного оборудования проходят в тракт приема. Здесь они через линейный выравниватель ЛВ, соответствующий типу кабельной цепи, фильтр К - 12, искусственную линию ИЛ (если она включена) и магистральный выравниватель МВ поступают на панель косинусного корректора.

В цепи ООС усилителя косинусного корректора УсКК включен контур криволинейной АРУ. Точки через косинусный корректор КК попадает на панель линейного усилителя. Этот усилитель состоит из двух блоков: усилителя плоской регулировки усиления УсПРУ и усилителя контура начального наклона УскНН. Контур плоской АРУ включен в цепь ООС усилителя УсПРУ.

В цепь ООС усилителя УскНН включены контур начального наклона и набор удлинителей для плоской регулировки усиления в пределах $\pm 5,2$ дБ относительно среднего значения усиления. Контур начального наклона обеспечивает перепад усиления усилителя на частотах 247 и 17 кГц, равный 13 дБ, и вместе с выравнивателем ЛВ устраняет амплитудные искажения, вносимые цепью на прилегающем усилительном участке. Между УсПРУ и УскНН включен контур НРУ наклонной АРУ. Токи контрольных частот с выходом УскНН поступают в приемники контрольных каналов ПКК - 16, ПКК - 112 и ПКК - 248. Принятые токи контрольных частот воздействуют на регуляторы АРУ.

Сигналы частотами 12 - 252 кГц поступают на выход стойки СЛУК - ОП через контур КПНО, характеристика которого обратна характеристике контура предварительного наклона КПН, компенсирующий перекося уровней передачи, или через удлинитель У (если перекося уровней не используется), фильтры Ф316, Ф3112, 248, дополнительный выравниватель Доп В, удлинитель У1, фильтр Д - 268 и трансформатор Т.

Оборудование линейного тракта обслуживаемых усилителей расположено на стойках СЛУК ОУП - 3 при использовании усилителя с 2-х частотной АРУ и предназначено для компенсации затухания цепи на прилегающем усилительном участке в спектре частот 12 - 252 кГц.

Стойка СЛУК ОУП - 2 отличается от стойки СЛУК ОУП - 3 отсутствием панели косинусного корректора с усилителями и приемником контрольного канала ПКК - 112.

8. Задания

Изучение структурной схемы и технических данных системы передачи К - 60П

Изучение принципа действия оконечной аппаратуры системы передачи К - 60П

Начертить диаграмму формирования спектра частот в тракте передачи и приема для каналов согласно варианту по указанию преподавателя (см. табл. 5.1.).

Варианты к п. 5.2.3. задания.

Таблица 5.1.

Вариант	Номер канала / Номер группы	Вид спектра
1	2/V, 1/IV, 5/III, 5/II, 2/I	
2	5/V, 2/IV, 7/III, 6/II, 4/I	
3	12/V, 3/IV, 6/III, 8/II, 3/I	
4	11/V, 6/IV, 1/III, 12/II, 7/I	
5	6/V, 10/IV, 3/III, 4/II, 11/I	
6	1/V, 4/IV, 12/III, 7/II, 10/I	
7	3/V, 7/IV, 8/III, 3/II, 9/I	
8	7/V, 5/IV, 10/III, 1/II, 8/I	
9	4/V, 12/IV, 9/III, 10/II, 1/I	
10	10/V, 8/IV, 4/III, 9/II, 5/I	
11	8/V, 9/IV, 11/III, 2/II, 12/I	
12	9/V, 11/IV, 2/III, 12/II, 6/I	

9. Содержание отчета о лабораторной работе

По результатам выполнения лабораторной работы студенты оформляют и сдают на проверку отчет. Отчет по выполнению лабораторной работы должен быть сдан на проверку в письменной форме, либо в форме электронного документа. Отчет оформляется в соответствии с общими правилами оформления квалификационных работ и должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- основную часть;
- заключение.

Титульный лист содержит наименование вуза, наименование специальности, наименование дисциплины, наименование работы, ФИО студента, дату выполнения работы, дату защиты работы, оценку.

Во введении указывается цель работы и основные пункты задания.

В основной части приводится ход выполнения работы, расчеты, графики. При необходимости могут быть приведены основные теоретические сведения.

Упрощенная структурная схема СЛУК -ОП .

Диаграмма формирования спектра частот в тракте передачи и приема

В заключении указываются выводы по работе, производится теоретическое обоснование полученных результатов и приводятся ответы на контрольные вопросы

Результаты выполненной лабораторной работы защищаются каждым студентом в индивидуальном порядке в форме беседы.

10. Контрольные вопросы

- 1 Построение первичной стандартной группы.
- 2 Назначение заграждающих фильтров ФЗ - 16, 112 и 248 кГц.
- 3 Назначение контура предварительного наклона (КПН) в тракте приема.
- 4 Назначение линейного выравнивателя (ЛВ) и место его включения.
- 5 Назначение искусственной линии (ИЛ) и место ее включения.
- 6 Образование линейного спектра в системе К - 60П .
- 7 Назначение косинусного корректора и принцип действия .
- 8 Назначение магистрального выравнивателя МВ.
- 9 Назначение контрольных частот 16, 112, 248 кГц и метод введения их в линейный тракт.
- 10 Контур начального наклона (КНН), его назначение и место включения.

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

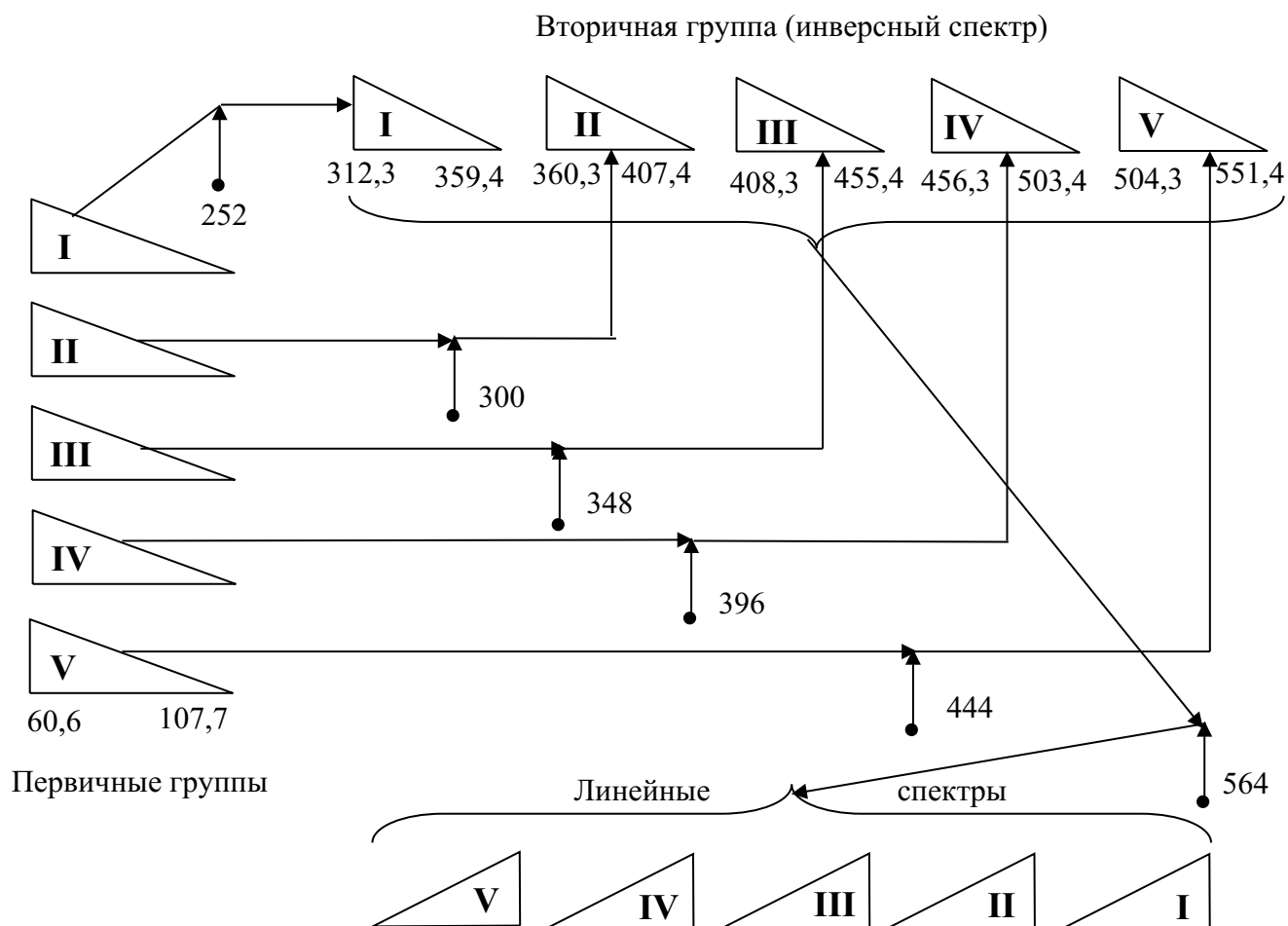


Рис. 5.2.

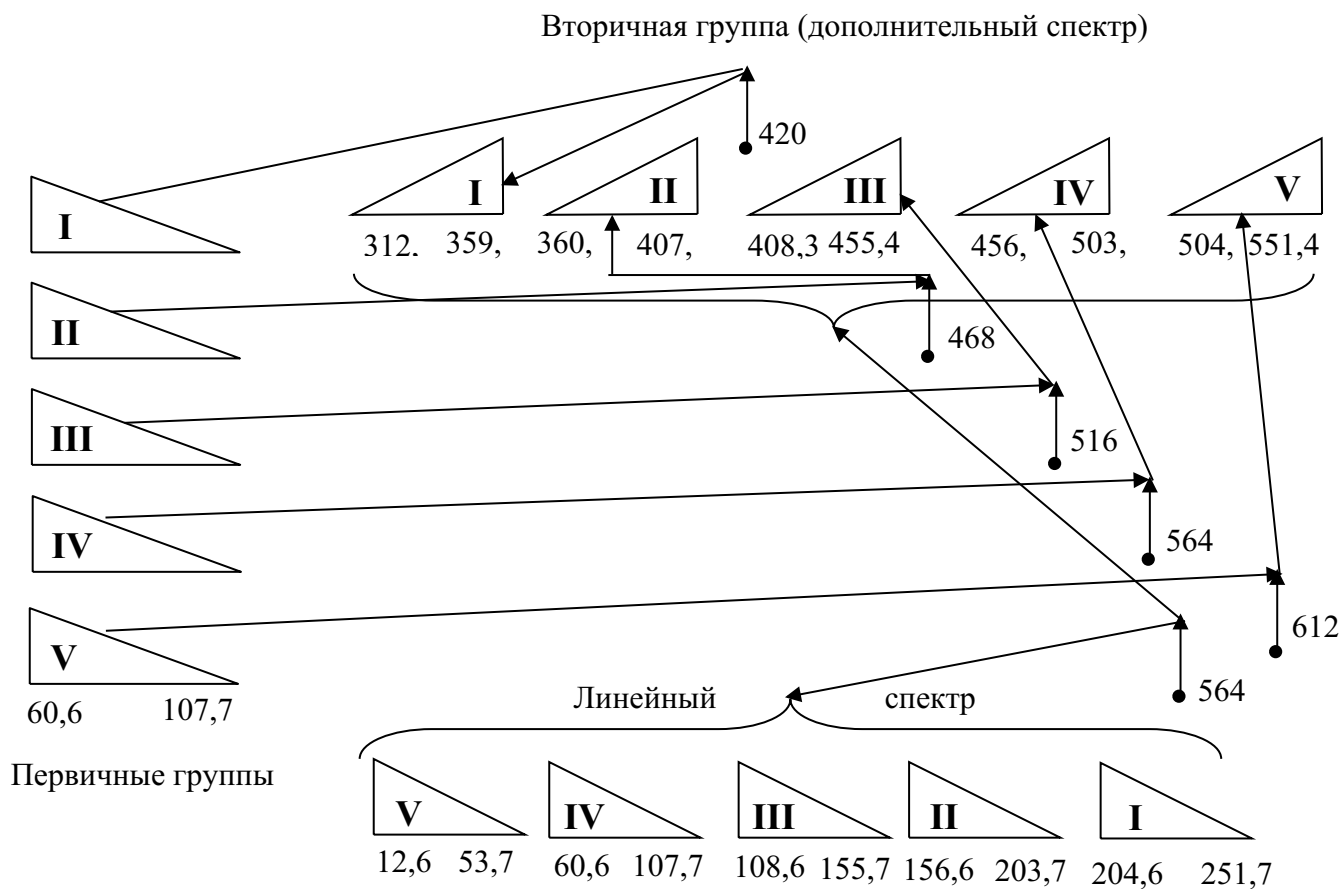


Рис. 5.3.

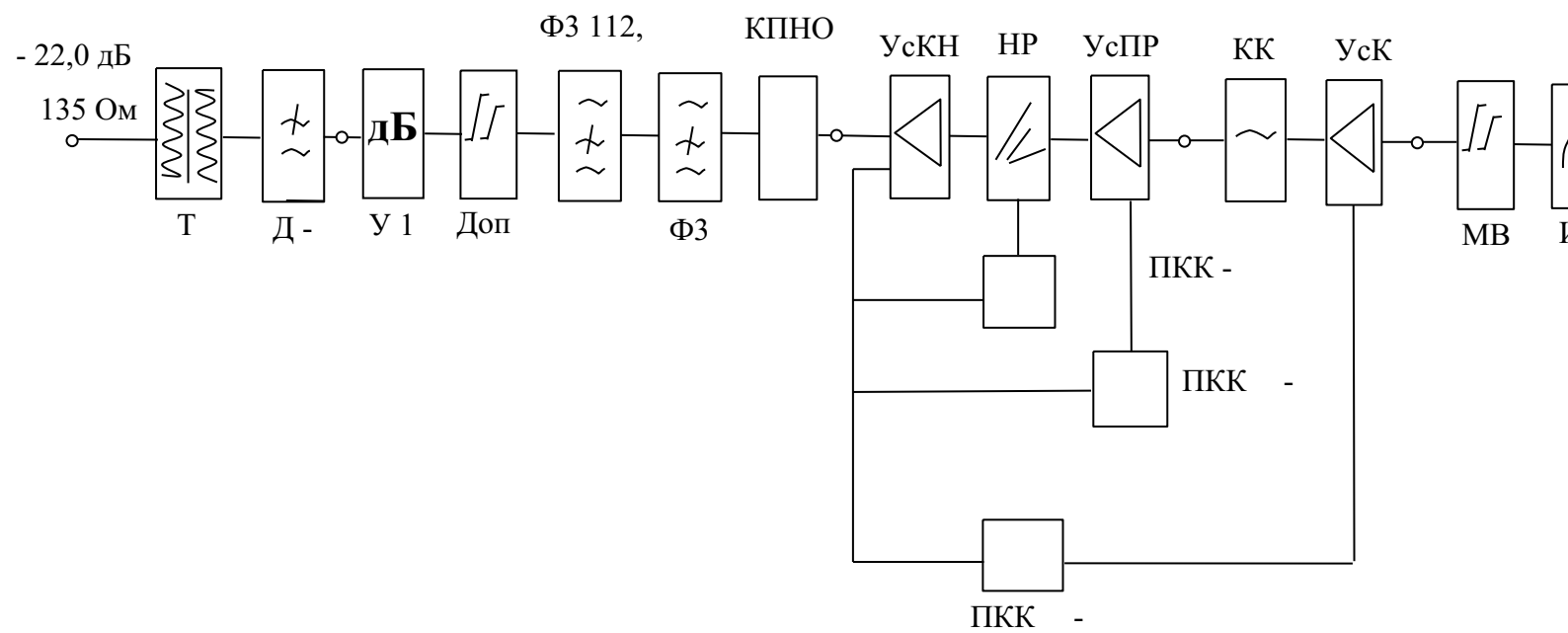
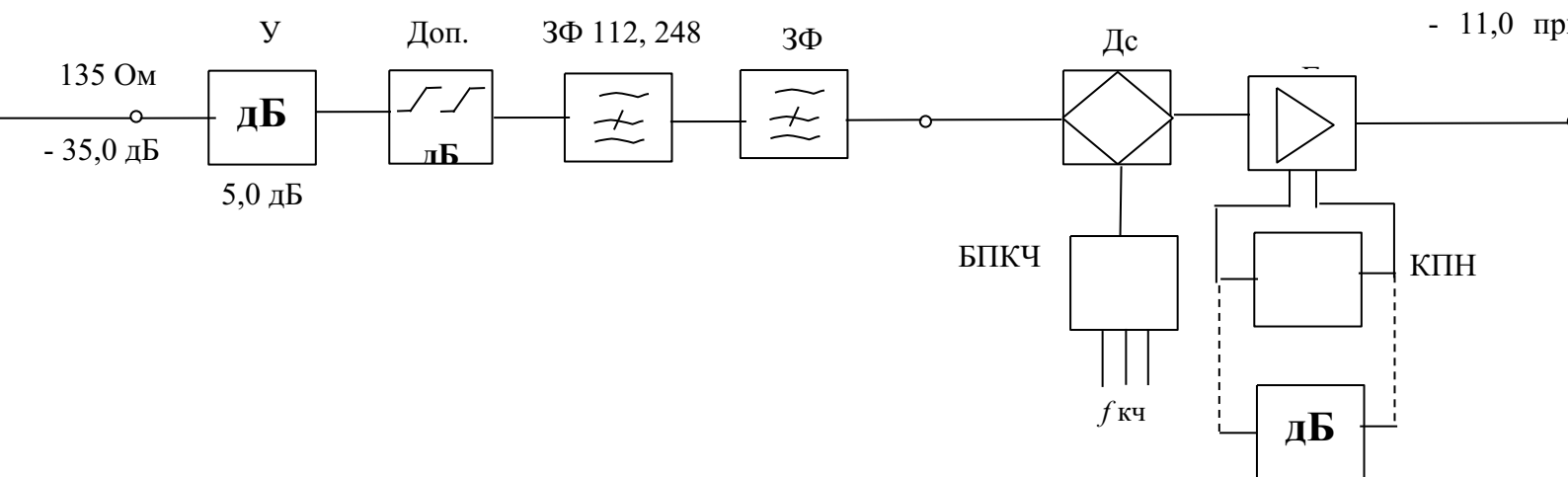


Рис. 5.4.

Лабораторная работа № 11-12

Тема: Изучение алгоритмов расчета баланса мощности беспроводной связи на примере сотовой связи

Цель работы

Изучение конструкции и структурной схемы необслуживаемого регенерационного пункта.

Формируемые компетенции: ПК-1.

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

13. Изучить (повторить) теоретический материал.
14. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
15. Подготовить отчет о лабораторной работе.
16. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

7.1. Оборудование НРП

Оборудование НРП размещенно в контейнерах НРП-12 в каждом из которых размещается от одного до 12 блоков двухсторонних линейных регенераторов (РЛ) и один блок контроля линейных регенераторов (КР). Контейнеры НРП-К12 устанавливаются, как правило, в колодцах телефонной канализации большого типа.

Конструктивно НРП-К12 выполнен в виде герметичного чугунного контейнера, состоящего из корпуса и крышки, основанной резиновым уплотнителем и притягиваемой к корпусу болтами специализированного типа. На крышке контейнера расположены ниши, в которых установлен воздушный вентиль, используемый для накачки контейнера воздухом (ниша “Давление”/, и разъём служебной связи/ ниша “Сл. связь”/ для подключения аппарата обходчика АО-30. Обе ниши защищены крышками, герметизированными резиновыми уплотнителями. На внутренней стороне крышки имеются два отсека для укладки селикабеля, смена селикабеля производится после каждого вскрытия контейнера.

Для соединения НРП-К12 с магистральным кабелем в корпусе имеется ввод, выполненный в виде герметичной муфты. Соединение муфты с корпусом контейнера-фланцевое болтовое, уплотнённой паронитовой прокладкой.

Наличие вводной съёмной герметичной муфты позволяет не применять при монтаже контейнера газонепроницаемые муфты, производить замену корпуса контейнера с размещенным в нем оборудованием без нарушения герметичности магистрального кабеля, а ремонт стабкabelей - без нарушения герметичности контейнера. Ремонт и замена кабельной муфты возможно без нарушения электрического монтажа контейнера. Для соединения с заземлителем на корпусе контейнера предусмотрен болт из нержавеющей стали с соответствующей маркировкой.

По условиям эксплуатации контейнер может находиться в затопленном состоянии до 6 месяцев на глубине до 2-х метров. Поэтому болты крышки контейнера из нержавеющей стали и имеют антикоррозийное покрытие, а соединительные болты муфты залиты герметиком.

Для контроля герметичности контейнер содержится под избыточным давлением воздуха, нагнетаемого через воздушный вентиль. При вскрытии контейнера избыточное давление предварительно снимается.

Внутри контейнера помещается стальной каркас, на котором устанавливаются блоки РЛ и КР. Коммутация цепей блоков с электрическим монтажом контейнера осуществляется прямоугольными разъёмными соединителями с золочеными контактами. На каркасе смонтировано коммутационное поле для подключения регенераторов к выбранным парам кабеля и подключение пар телеконтроля к служебной связи; установлен

сигнализатор понижения давления, блокирующая кнопка и контактная планка с контрольными резисторами, соединенные перемычками.

Масса НРП-K12 без стабикаблей - не более 120 кг., габаритные размеры 1000 x 380 x 355 мм.

7.2. Структурная схема НРП.

Структурная схема НРП представлена на рис. 8.1.

Ослабленный и искаженный в процессе прохождения по кабельной линии цифровой сигнал через симметрирующий трансформатор Тр1 поступает на вход линейного корректора ЛК, осуществляющего коррекцию формы принимаемых импульсов и их усиление. Амплитудно-частотная характеристика линейного корректора выбрана, исходя из требования максимизации отношения сигнал-помеха на его выходе.

В состав ЛК входит корректирующий усилитель КУс, корректирующий форму принимаемых импульсов при максимальном затухании кабельной линии и регулируемая искусственная линия РИЛ, дополняющая затухание регенерационного участка до максимального значения. Затухание РИЛ устанавливается устройством автоматической регулировки уровня АРУ, так, чтобы при изменении затухания кабельной линии амплитуда импульсов на выходе ЛК сохранялась неизменной.

Скорректированный биполярный цифровой сигнал формируется на выходе ЛК, разделяется в устройстве разделения УР на унipoлярные последовательности положительных инвертированных отрицательных импульсов.

Данные последовательности поступают на входы двух идентичных решающих устройств РУ1 и РУ2, где происходит опознавание переданных кодовых символов, соответствующих импульсам и пробелам, входящим в состав последовательностей, и восстановление импульсов по форме, длительности и временному положению. Регенерационные последовательности положительных и инвертированных отрицательных импульсов объединяются в формирователе выходных импульсов ФВИ и через симметрирующий трансформатор Тр2 поступают на вход следующего регенерационного участка. Совокупность решающих устройств (РУ1 и РУ2) и формирователя выходных импульсов (ФВИ) представляет собой устройство регенерации Р.

Управление работой решающих устройств РУ1 и РУ2 осуществляется с помощью двух последовательностей прямоугольных импульсов П1 и П2 /хронирующие последовательности/. Частота следования импульсов хронизирующих последовательностей равна тактовой частоте цифрового сигнала, а их скважность равна двум.

Временное положение переднего фронта импульсов П1 определяет моменты опознавания кодовых сигналов в регенераторе, а временное положение заднего фронта импульсов П1 фиксирует длительность и определяет временное положение заднего фронта регенерированных

импульсов. Импульсы хронизирующей последовательности П2 запирают вход РУ через небольшой по сравнению с тактовым интервалом промежуток времени после момента опознавания, чем ограничивается время опознавания и повышается помехоустойчивость решающих устройств.

Хронизирующие последовательности П1 и П2 формируются из выходных сигналов устройства разделения в устройстве хронизирования УХ, состоящего из схемы совпадения С, контура ударного возбуждения К, фазовращателя ФВ, формирователя хронизирующих последовательностей ФХП. Последовательности положительных и инвертированных отрицательных импульсов с выхода УР поступают на вход схемы совпадения, из выходного сигнала который с помощью контура ударного возбуждения выделяется квазигармоническое колебание тактовой частоты. С помощью формирователя хронизирующих последовательностей из полученного квазигармонического колебания вырабатываются хронические последовательности П1 и П2, фазированные с регенерируемым сигналом для правильного установления момента опознавания в фазовращателе ФВ. В выходном трансформаторе Тр2 линейного регенератора имеется контрольная обмотка, соединённая измерительным гнездом Гн на лицевой панели и подключённая через согласующий резистор к блоку КР.

Питание регенератора осуществляется от двух источников стабилизированного напряжения $\pm 4,7\text{В} \pm 10\%$. В блоках РЛ питающие напряжения формируются в приемнике дистанционного питания на стабилизаторе. Комбинированное подключение узлов регенераторов направлений А и Б к источнику дистанционного питания до 110 мА.

С целью уменьшения габаритных размеров оборудования и повышения надёжности питание станционных регенераторов организовано непосредственно от станционной батареи с помощью стабилизаторов, причём для повышения коэффициента полезного действия питающего устройства все регенераторы одной панели ДПР включены по питанию последовательно. Стабилизаторы являются защитными и позволяют изымать на панели любой из блоков РС, не нарушая работу других. В рабочем состоянии защитные стабилизаторы зашунтированы стабилизаторами питания станционных регенераторов, т. е. они заперты.

Для уменьшения уровня помех наводимых на вход регенераторов, общая точка схемы питания регенераторов и оболочка кабеля, заземлённая на корпус стойки или контейнера НРП, соединены через конденсатор.

8. Задания

Изучить структурную схему регенератора.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

По результатам выполнения лабораторной работы студенты оформляют и сдают на проверку отчет. Отчет по выполнению лабораторной работы должен быть сдан на проверку в письменной форме, либо в форме электронного документа. Отчет оформляется в соответствии с общими правилами оформления квалификационных работ и должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- основную часть;
- заключение.

Титульный лист содержит наименование вуза, наименование специальности, наименование дисциплины, наименование работы, ФИО студента, дату выполнения работы, дату защиты работы, оценку.

Во введении указывается цель работы и основные пункты задания.

В основной части приводится ход выполнения работы, расчеты, графики. При необходимости могут быть приведены основные теоретические сведения.

В заключении указываются выводы по работе, производится теоретическое обоснование полученных результатов и приводятся ответы на контрольные вопросы

Результаты выполненной лабораторной работы защищаются каждым студентом в индивидуальном порядке в форме беседы.

10. Контрольные вопросы

1. Как конструктивно выполнен НРП-K12?
2. Сколько блоков РЛ размещается в НРП-K12?
3. Как осуществляется соединение НРП-K12 с магистральным кабелем?
4. Где устанавливается НРП-K12?
5. Как осуществляется питание НРП-K12 на симметричных кабелях?

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

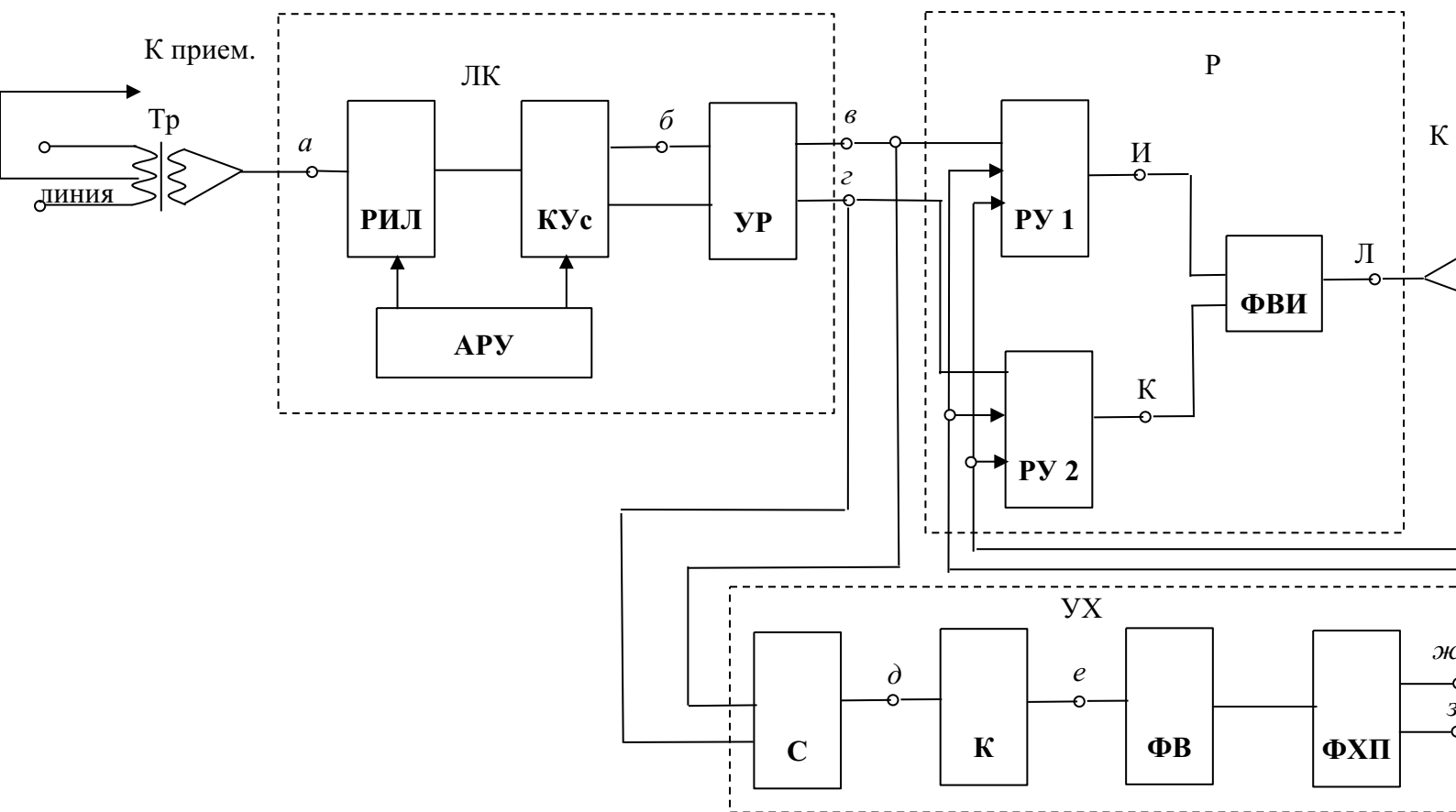


Рис. 1. Структурная схема регенератора.

Лабораторная работа № 13-14

Тема: Изучение алгоритмов расчета покрытия беспроводной связи и методов, моделей расчета зон обслуживания на примере стандарта gsm

Цель работы

Изучение дифракционной модели с одним клином и модели Уолфиша–Икегами для расчета уровня сигнала в сотах GSM для сельских и городских условий соответственно; получение навыка построения профиля трассы распространения сигнала по карте местности.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

17. Изучить (повторить) теоретический материал.
18. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
19. Подготовить отчет о лабораторной работе.
20. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры)

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

7.1. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОСИГНАЛА ДЛЯ СОТОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Для оценки уровня радиосигнала в зонах радиопокрытия макро-, микро- и пикосотовых систем Международным союзом по телекоммуникациям (ITU) рекомендован ряд моделей, разделенных на группы. Ниже приводятся названия некоторых из них.

Эмпирические модели

Логарифмическая модель потерь

Модель ITU

Модель Окамура–Хата (Okumura–Hata)

Модель COST231 Хата

Полуэмпирические модели

COST231 Уолфиш–Икегами (Walfisch–Ikegami)

Модель Ли (Lee)

Модель Окамура–Хата & клин

Модель COST231 Хата & клин

Дифракционные модели

Модель с одним клином

Мультиклиновая модель Эпштейна–Петерсона (Epstein–Peterson)

Мультиклиновая модель Дэйгута (Deygout)

Мультиклиновая модель Джованелли (Giovanelli)

Детерминистические модели

Модель с трассировкой лучей

Модель конечных производных (Finite difference)

Все указанные модели отличаются диапазонами частот, расстояний, высотами подъема антенн, характером рельефа, застройки территорий и т.п., при которых они дают наиболее точные решения. Кроме того, модели значительно отличаются вычислительной сложностью и объемом требуемых исходных данных.

7.2. МОДЕЛЬ УОЛФИША–ИКЕГАМИ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Данная модель была разработана в рамках программы «COoperation in the field of Scientific and Technical» (COST), проект 231, Международного союза по телекоммуникациям (ITU). В литературе приводится ее полное название COST 231 Walfisch–Ikegami model и сокращенное название WIM.

Модель Уолфиша–Икегами учитывает особенности городской застройки в качестве своих параметров, как это показано на рис.1.1. Диапазон изменения основных параметров для этой модели:

- частота $f_{\text{MHz}} = 800 \dots 2000$ МГц;
- высота антенны базовой станции (БС) $h_1 = 4 \dots 50$ м;
- высота антенны мобильной станции (МС) $h_2 = 1 \dots 3$ м;
- расстояние $d_{\text{km}} = 0,02 \dots 5$ км;

Часто параметры застройки выбираются в следующих пределах:

- высота зданий $h_r = 3 * (\text{количество этажей}) + 3$ м (если крыша имеет скатную конструкцию);
- разнесение зданий $b = 20 \dots 50$ м;
- ширина улицы $w = 0,5b$;
- угол на базовую станцию относительно продольного направления улиц $\phi = 90^\circ$;

При нерегулярной застройке в качестве b , w , и h_r используют их средние значения, полученные для трассы распространения, как это показано на рис.1.2.

Модель Уолфиша–Икегами позволяет рассчитать медианные потери мощности сигнала при распространении по трассе для двух противоположных случаев – при отсутствии и при наличии прямой видимости между БС и МС.

При отсутствии прямой видимости основное выражение для медианных потерь имеет вид

$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{\text{rts}} + L_{\text{msd}}, & L_{\text{rts}} + L_{\text{msd}} \geq 0, \\ L_0, & L_{\text{rts}} + L_{\text{msd}} < 0, \end{cases} \quad (1.1)$$

где L_0 – потери распространения в свободном пространстве;

L_{rts} – потери при распространении сигнала над крышами зданий за счет дифракции (roof-top-to-street diffraction loss);

L_{msd} – потери при множественном отражении сигнала от стен зданий (multiscreen diffraction loss).

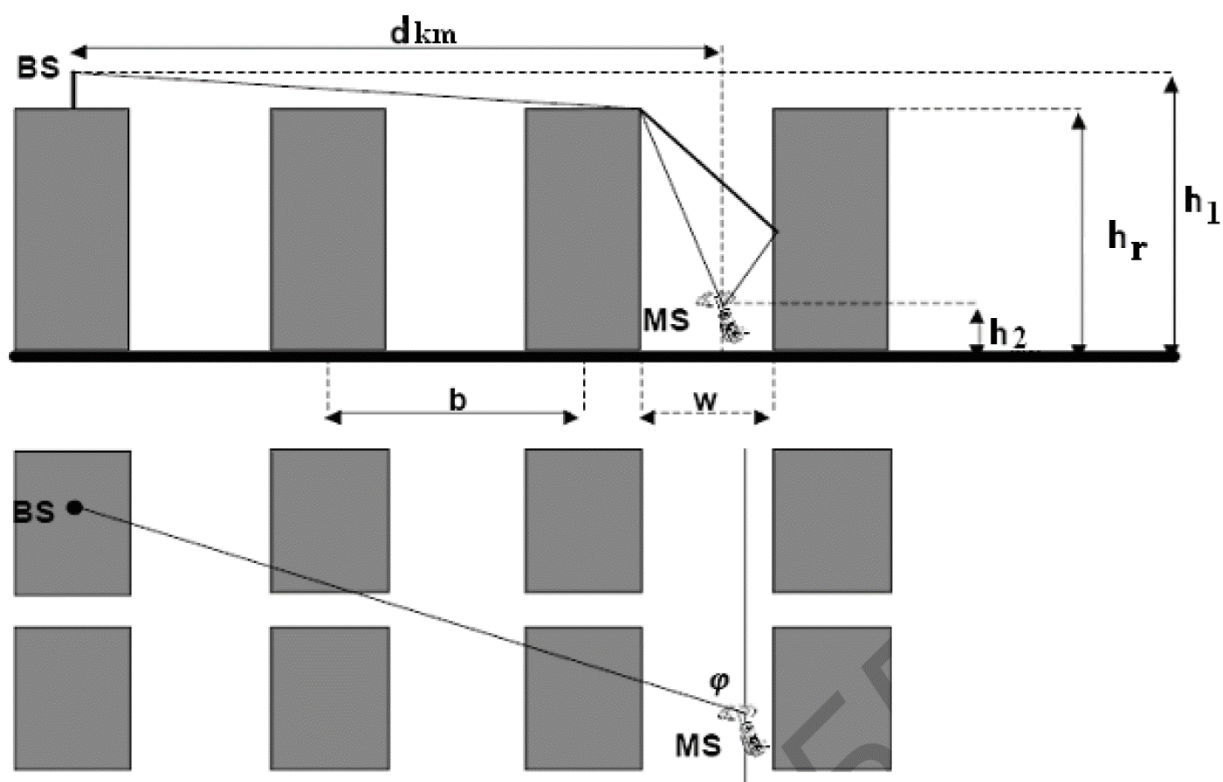


Рис.1.1. Геометрия прохождения радиосигнала и параметры модели Уолфиша–Икегами:

h_1, h_2 – высота подъема антенны БС и МС соответственно, м;
 d_{km} – расстояние по горизонтали между базовой и мобильной станциями, км;
 h_r – средняя высота зданий, м; b – среднее разнесение зданий, м;
 w – средняя ширина улиц, м; φ – угол на базовую станцию относительно
 продольного направления улиц, град (от 0 до 90^0)

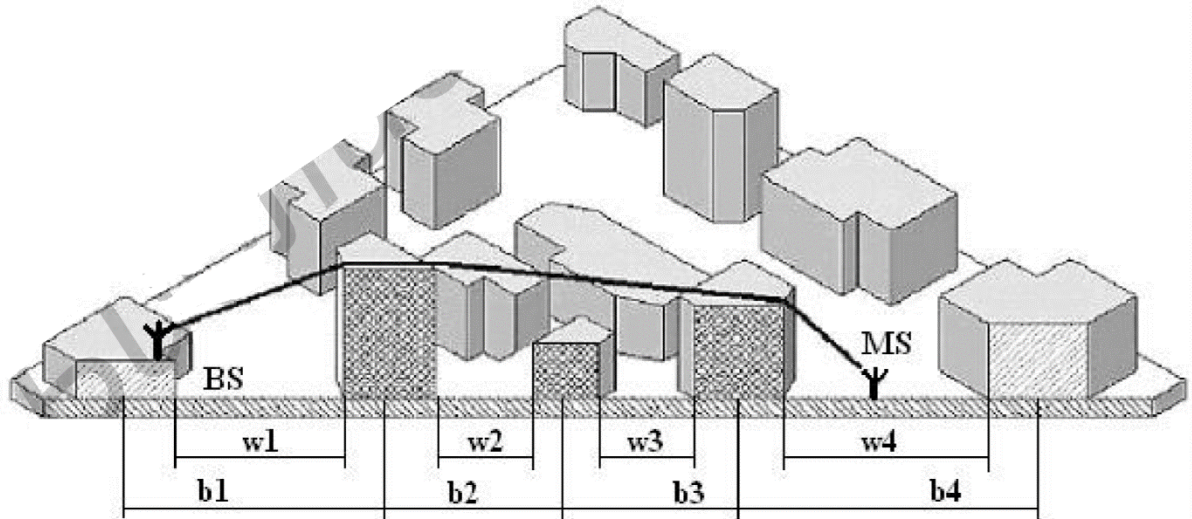


Рис.1.2. Определение параметров модели Уолфиша–Икегами для нерегулярной застройки:

b_j и w_j ($j = 1, 2, 3, \dots$) – используемые для вычисления средних значений параметры геометрии застройки. Входящие в (1.1) компоненты определяются приведенными ниже математическими выражениями.

А. Потери распространения в свободном пространстве равны

$$L_0 = 32,45 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{MHz}. \quad (1.2)$$

Б. Потери при распространении сигнала над крышами зданий за счет дифракции равны

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f_{MHz} + 20 \log (h_r - h_2) + L_{ori}, \quad (1.3)$$

где L_{ori} – потери из-за взаимной ориентации направления распространения сигнала и улиц:

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0,354\varphi, & 0 \leq \varphi < 35^0, \\ 2,5 + 0,075(\varphi - 35), & 35^0 \leq \varphi < 55^0, \\ 4,0 - 0,114(\varphi - 55), & 55^0 \leq \varphi < 90^0. \end{cases} \quad (1.4)$$

Замечание: при $\varphi = 28,25^0$ значение $L_{ori} = 0$.

В. Потери при множественном отражении сигнала от стен зданий равны

$$L_{msd} = L_{bsh} + ka + kd \log d_{km} + kf \log f_{MHz} - 9 \log b, \quad (1.5)$$

где L_{bsh} – компонента, учитывающая уменьшение потерь, если антенна БС расположена выше крыш зданий;

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log(1 + h_l - h_r), & h_l > h_r, \\ 0, & h_l \leq h_r. \end{cases} \quad (1.6)$$

ka – коэффициент, учитывающий влияние расстояния (радиуса соты) d_{km} на потери L_{msd} :

$$ka = \begin{cases} 54, & h_l > h_r, \\ 54 - 0,8(h_l - h_r), & d_{km} \geq 0,5, \quad h_l \leq h_r, \\ 54 - 1,6d_{km}(h_l - h_r), & d_{km} < 0,5, \quad h_l \leq h_r. \end{cases} \quad (1.7)$$

kd – коэффициент, учитывающий влияние подъема антенны БС выше или ниже крыш зданий на потери L_{msd} :

$$kd = \begin{cases} 18, & h_l > h_r, \\ 18 - 15(h_l - h_r)/h_r, & h_l \leq h_r. \end{cases}$$

kf – коэффициент, учитывающий влияние на потери L_{msd} значения частоты сигнала и характера застройки:

$$kf = \begin{cases} -4 + 0,7(f_{MHz}/925 - 1), & \text{средние города и пригороды,} \\ -4 + 1,5(f_{MHz}/925 - 1), & \text{многоэтажные центры.} \end{cases} \quad (1.9)$$

В рамках модели Уолфиша – Икегами распространение по линии прямой видимости (The Walfisch – Ikegami Line-of-Sight (WIM-LOS)) предполагается при условии расположения антенны БС не выше крыш зданий и распространения волны вдоль уличного каньона или других открытых площадей. При этом используется следующее выражение:

$$L_{WIM-LOS} = 42,64 + 26 \log d_{km} + 20 \log f_{MHz}, \quad d_{km} \geq 0,02. \quad (1.10)$$

Из (1.2) и (1.10) можно видеть, что

$$L_{WIM-LOS} = L_0 + 10,19 + 6 \log(d_{km}) = L_0 + 6 \log(49,93 d_{km}). \quad (1.11)$$

Или с учетом приближения

$$\Delta L_{WIM-LOS} \approx 6 \log(d_m/20), \quad (1.12)$$

где dm – расстояние между БС и МС в метрах.

Как следует из (1.11) и (1.12), при $dm = 20$ м модель Уолфиша–Икегами эквивалентна модели распространения в свободном пространстве (1.2). При росте dm эта модель дает около 6 дБ на декаду по дистанции большее затухание, чем модель для свободного пространства.

Считается, что модель Уолфиша–Икегами имеет наибольшие погрешности для случая расположения антенн БС ниже уровня крыш зданий при заметной нерегулярности застройки. Модель рассчитана на плоское основание города, из-за чего она неприменима для городов с сильной неравномерностью рельефа.

7.3. ДИФРАКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ С ОДНИМ КЛИНОМ

Дифракционные модели используются для оценки потерь при распространении сигнала через препятствия, закрывающие линию прямой видимости (LOS) антенн БС и МС. Такими препятствиями могут быть как возвышения рельефа по трассе распространения сигнала, так и отдельно стоящие высотные здания.

Геометрия и параметры дифракционной модели с одним клиновидным препятствием (клином) на трассе показаны на рис.1.3. Считается [2], что модель можно корректно применять при следующих условиях: $h \gg \lambda$; $h \ll d_1, d_2$; плоская вершина клина имеет длину не более $1/20$ расстояния между БС и МС.

Рис.1.3. Геометрия и параметры дифракционной модели с одним клином:
 h_{BS} , h_{MS} – высота подъема антенны базовой и мобильной станции соответственно; h – высота клина относительно линии прямой видимости, м; d_1 – расстояние по горизонтали от базовой станции до клина, м; d_2 – расстояние по горизонтали от клина до мобильной станции, м.
 В представленной на рис.1.3 модели нет учета кривизны поверхности земли, т.к. расстояние между БС и МС в сотах обычно не превышает 5 км. На таких дистанциях кривизной поверхности земли можно пренебрегать. Потери медианной мощности сигнала при распространении по трассе с одним клином оцениваются соотношением

$$L = L_0 + L_D(v), \quad (1.13)$$

где L_0 – потери распространения в свободном пространстве (см.(1.2)),
 $L_D(v)$ – дифракционные потери.

В свою очередь дифракционные потери определяются выражением

$$L_D(v) = \begin{cases} 0, & \text{регион LOS,} \\ 13,5 + 20 \lg(v) & \text{регион тени, } v \gg 0, \end{cases} \quad (1.14)$$

где v – дифракционный параметр Френеля–Кирхгофа, определяемый, как

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}, \quad (1.15)$$

На границе тени, где v стремится к нулю, дифракционные потери полагают равными

$$v = 0 \Rightarrow L_D(v) = 6 \text{ дБ}. \quad (1.16)$$

Для использования дифракционной модели требуется построение профиля трассы распространения радиосигнала.

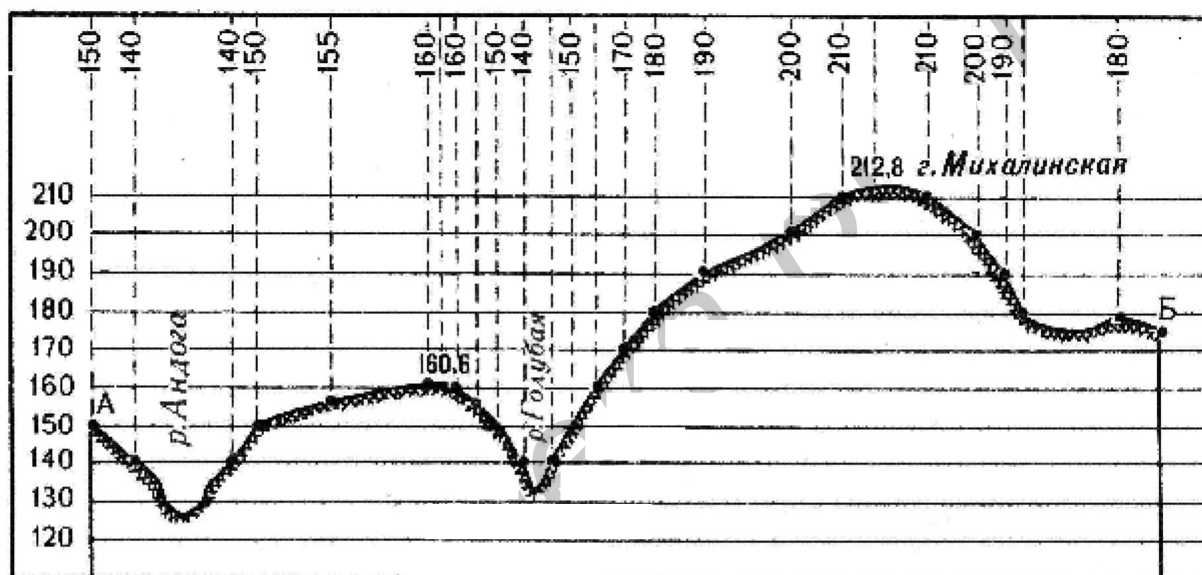
8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТРАССЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПО КАРТЕ МЕСТНОСТИ

Построение профиля трассы распространения сигнала проводится по картам местности с нанесенными на них изолиниями высот – горизонталями. Высота горизонтали указывается в метрах относительно некоторого нуля, за который в Европе принят уровень Балтийского моря.

Преподавателем выдаются карты масштаба 1:10 000 с шагом по высоте между горизонталями 2,5 м, масштаба 1:25000 с шагом 5 м и масштаба 1:50000 с шагом 10 м. Следует подчеркнуть, что кроме сплошных горизонталей на картах также присутствуют пунктирные горизонталы, идущие с половинным шагом по высоте.

Для того чтобы построить профиль трассы, необходимо выполнить следующие действия, иллюстрируемые рис. 2.1:





▲Рис. 2.1. Построения профиля трассы

провести на карте профильную линию от точки начала трассы А до точки окончания Б;

приложить к ней лист разграфленной бумаги и перенести на ее край короткими черточками места пересечения горизонталей с профильной линией (выходы горизонталей);

на листе разграфленной бумаги слева у горизонтальных линий подписать высоты, соответствующие высотам горизонталей на карте, приняв условно промежутки между этими линиями за высоту сечения;

от всех черточек (выходов горизонталей) опустить перпендикуляры до пересечения их с соответствующими по отметкам параллельными линиями и отметить полученные точки пересечения;

соединить точки пересечения плавной кривой, которая и изобразит профиль трассы.

для перенесения застройки.

На полученном профиле в точке А условно изображается мачта БС высотой не более 20–30 м. От ее вершины проводится линия прямой видимости до точки Б (для простоты принимаем $h_{MC} = 0$ м). В месте наивысшего препятствия по профилю измеряется высота клина h . Затем определяются по карте расстояния d_1 и d_2 , требуемые для дифракционной модели.

Используя математические выражения модели Уолфиша–Икегами и дифракционной модели, можно рассчитать уровень сигнала в сотах систем подвижной связи, рассчитать эффективный радиус сот [5,6]. Для этого от точки расположения БС в разные стороны проводят 6–10 лучей. По этим лучам определяют в рамках выбранной модели все необходимые параметры и находят, например, расстояние, на котором сигнал базовой станции достигнет порога чувствительности МС. Найденные точки по всем лучам соединяют и получают кривую границы зоны радиопокрытия для данной БС.

9. Задания

1. Сформировать набор исходных параметров для модели Уолфиша–Икегами на основе параметров реальной застройки около университета (общежития, дома и т.п.).

2. На основе выбранных параметров для условий отсутствия прямой видимости получить аналитическое выражение зависимости потерь от расстояния d_{km} и частоты f_{MHz} .

3. Сравнить полученное выражение с (1.2) и (1.10) путем вычисления затухания по всем трем формулам для 5–7 значений d_{km} . При этом полагать $f_{MHz} = 925$ МГц.

4. По полученным от преподавателя картам местности и заданным точкам установки БС и МС, построить профиль трассы распространения и определить на основе (1.13–1.16) потери по этой трассе.

10. Содержание отчета о лабораторной работе

По результатам выполнения лабораторной работы студенты оформляют и сдают на проверку отчет. Отчет по выполнению лабораторной работы должен быть сдан на проверку в письменной форме, либо в форме электронного документа. Отчет оформляется в соответствии с общими правилами оформления квалификационных работ и должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- основную часть;
- заключение.

Титульный лист содержит наименование вуза, наименование специальности, наименование дисциплины, наименование работы, ФИО студента, дату выполнения работы, дату защиты работы, оценку.

Во введении указывается цель работы и основные пункты задания.

В основной части приводится ход выполнения работы, расчеты, графики. При необходимости могут быть приведены основные теоретические сведения.

В заключении указываются выводы по работе, производится теоретическое обоснование полученных результатов и приводятся ответы на контрольные вопросы

Результаты выполненной лабораторной работы защищаются каждым студентом в индивидуальном порядке в форме беседы.

11. Контрольные вопросы

1. Какие классы моделей распространения сигнала в зонах радиопокрытия вы знаете?
2. В чем отличие разных моделей друг от друга?
3. Для каких условий подходит модель Уолфиша–Икегами?
4. Как определяются параметры модели Уолфиша–Икегами для нерегулярной застройки?

5. Какие компоненты входят в основное выражение WIM при отсутствии прямой видимости?
6. Запишите выражение для потерь при распространении сигнала в свободном пространстве?
7. Насколько отличаются потери WIM-LOS от значения, получаемого для распространения в свободном пространстве

12. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

Лабораторная работа № 15-16

Тема: Изучение вопросов и основных характеристик теории трафика при планировании и развитии сетей на примере стандарта gsm

Цель работы

Исследовать процессы формирования сигнала в квадратурном модуляторе и демодулирования сигнала в стандарте GSM. Исследовать влияние многолучевого характера распространения радиоволн на величину ошибок в канале связи.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

21. Изучить (повторить) теоретический материал.
22. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
23. Подготовить отчет о лабораторной работе.
24. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

В стандарте GSM применяется спектрально-эффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Манипуляция называется "гауссовской" потому, что последовательность информационных бит до модулятора проходит через фильтр нижних частот (ФНЧ) с характеристикой Гаусса, что дает значительное уменьшение полосы частот излучаемого радиосигнала.

Метод GMSK представляет собой частотную манипуляцию, при которой несущая частота дискретно (через интервалы времени, кратные периоду T битовой модулирующей последовательности) принимает значения

$$f_H = f_0 - F/4 \text{ или } f_B = f_0 + F/4,$$

где f_0 – центральная частота используемого частотного диапазона;

$F=1/T$ – частота битовой последовательности.

Разнос частот $\Delta f = f_B - f_H$ – минимально возможный, при котором обеспечивается ортогональность колебаний с частотами f_B и f_H на интервале T длительности одного бита. При этом за время T между колебаниями с частотами f_B и f_H набегают разность фаз, равная π .

В методе частотной манипуляции с минимальным сдвигом (MSK – Minimum Shift Keying) входная последовательность битовых импульсов модулятора разбивается на две последовательности, состоящие из четных и нечетных импульсов. Модулированный сигнал на выходе на протяжении одного бита определяется выражением, зависящим от состояния текущего n -го и предшествующего $(n-1)$ -го бита:

$$S(t) = \pm \cos(\pi t/2T) \cos \omega_0 t \pm \sin(\pi t/2T) \sin \omega_0 t = \pm \cos(\omega_0 t \pm \pi t/2T), \quad (1)$$

$$(n-1)T \leq t \leq nT$$

Здесь $\omega_0 = 2\pi f_0$ – центральная частота канала. Выбор знака в (1) определяется табл. 1.

Таблица 1

Биты входной последовательности модулятора		Выбор знака в (6.2)		Выбор знака в (6.2)		f
Нечетный	Четный	$\pm \cos(\pi t/2T)$	$\pm \sin(\pi t/2T)$	$\pm \cos$	$\pm \pi t/2T$	
1	1	+	+	+	-	f_H
0	1	+	-	+	+	f_B
0	0	-	-	-	-	f_H
1	0	-	+	-	+	f_B

Мгновенная частота принимает одно из двух значений – f_B или f_H , постоянное на протяжении одного бита. Изменение знака в начальной фазе ($\pm \pi t/2T$ в выражении (1) означает переход от f_H к f_B или обратно. Изменение общего знака в выражении (1) эквивалентно изменению начальной фазы на π , что позволяет сохранить непрерывность фазы при изменении частоты.

Метод формирования сигнала MSK иллюстрируется на рис. 1.

Формирование GMSK радиосигнала осуществляется таким образом, что на интервале одного информационного бита фаза несущей изменяется на 90° . Это наименьшее возможное изменение фазы, распознаваемое при данном типе модуляции.

Применение фильтра Гаусса позволяет при дискретном изменении частоты получить "гладкие переходы". В стандарте GSM применяется GMSK-модуляция с величиной полосы фильтра по уровню минус 3 дБ выбирается равной $B = 0,3F$, где F – частота битовой модулирующей последовательно. В стандарте GSM $F = 279,833$ кГц, полоса гауссовского фильтра $B = 81,3$ кГц. Использование гауссовского фильтра приводит к сужению главного лепестка и снижению боковых лепестков спектра сигнала на выходе модулятора. Этим снижается уровень помех по соседним частотным каналам. Структурная схема модулятора показана на рис. 2.

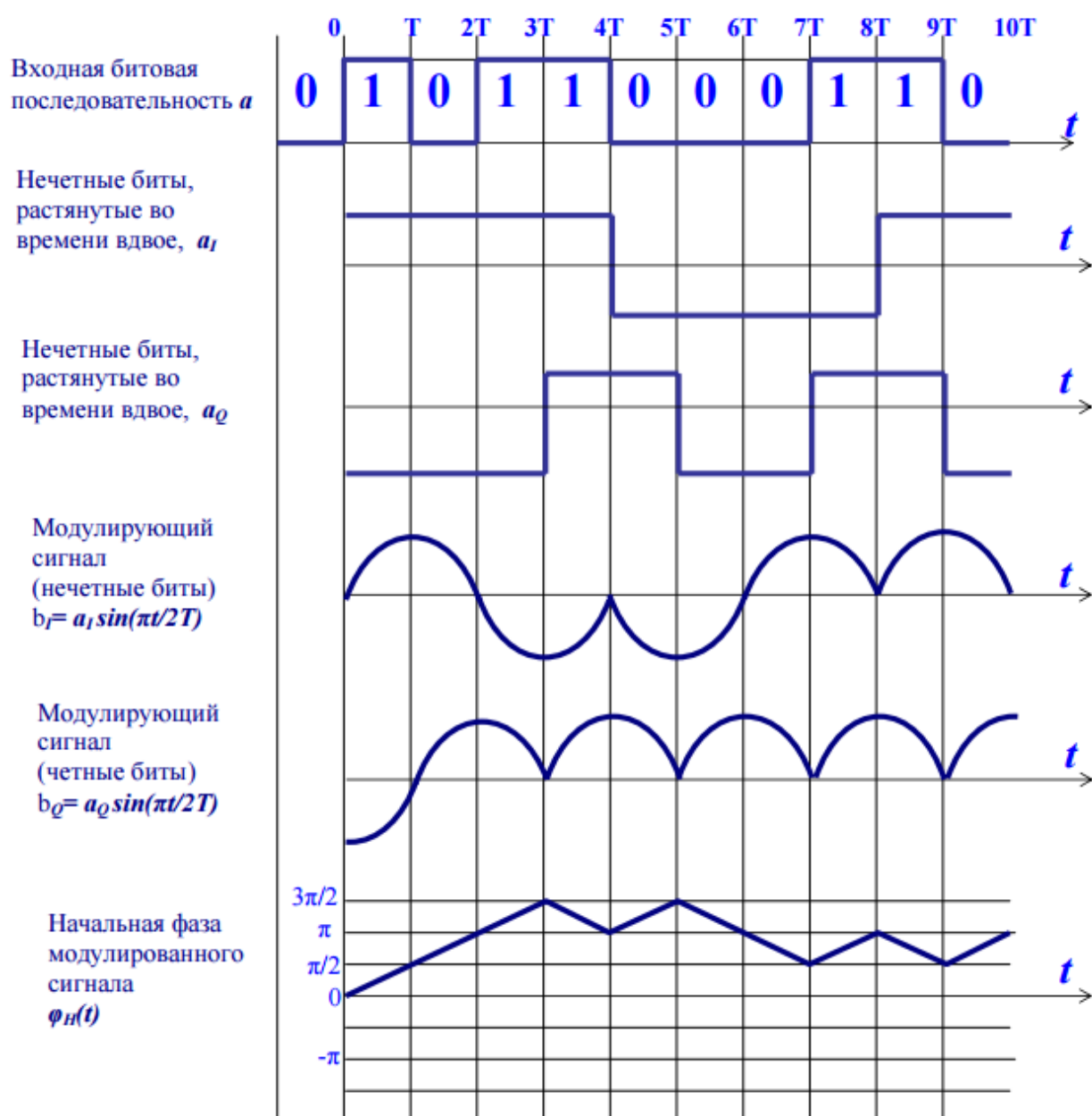


Рис. 1. Временные диаграммы сигналов в методе MSK

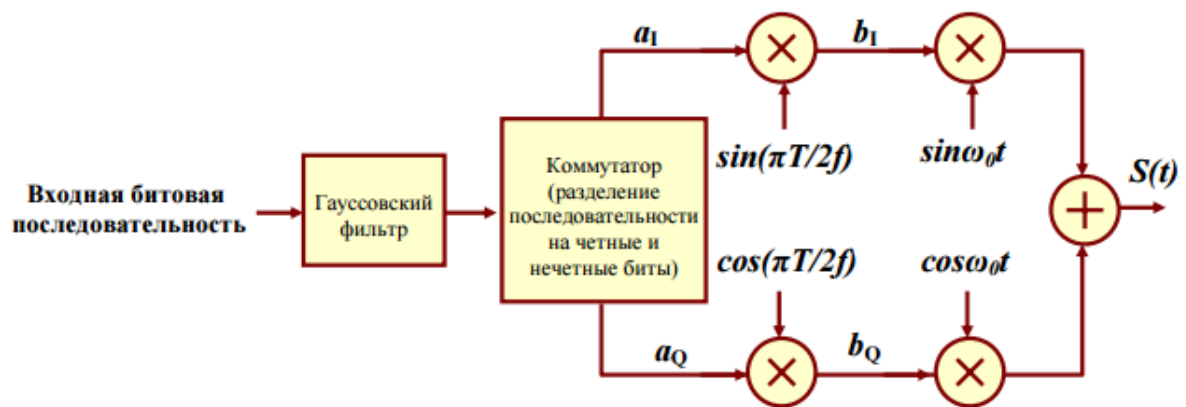


Рис. 2. Структурная схема модулятора GMSK

На рис.3 показан спектр реального сигнала.

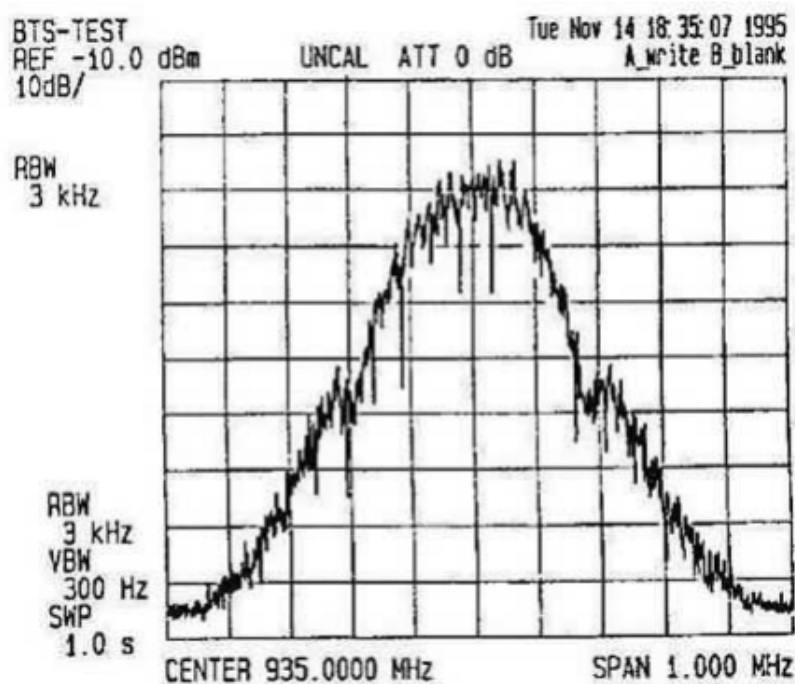


Рис. 3. Спектр реального сигнала в стандарте GSM

Для упрощения схемы при выполнении лабораторной работы фильтр Гаусса исключен.

В лабораторной работе формирование сигнала в передатчике стандарта GSM моделируется схемой, показанной на рис.4.

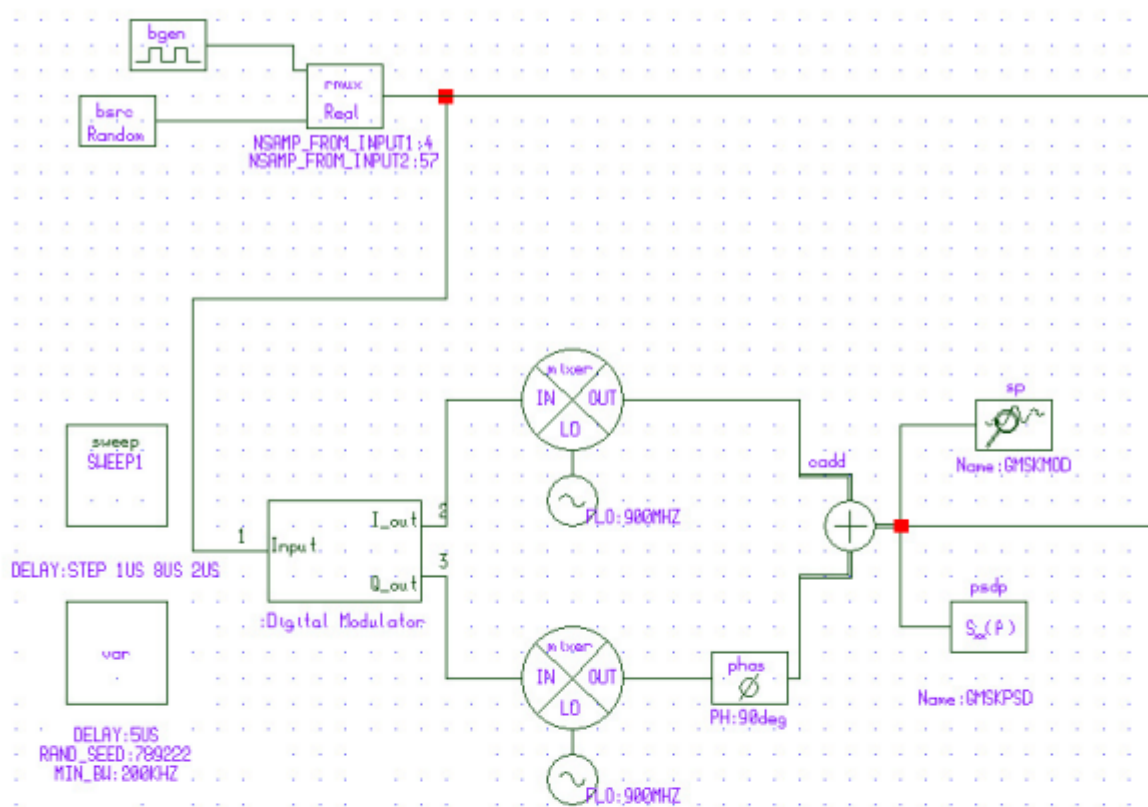


Рис.4. GSM модулятор

Он состоит из цифрового I/Q модулятора, разделяющего входной поток на четные и нечетные биты (см. рис.1), двух смесителей с частотой несущей, фазосдвигающей на четверть периода цепи, суммирующего устройства. Сигнал на выходе MSK модулятора можно проконтролировать с помощью двух пробников. Первый пробник (sp – signal probe) позволяет выходной сигнал во временной и частотной области, второй (psdp – power spectral density probe) дает возможность увидеть спектр сигнала.

На вход I/Q модулятора поступает битовая последовательность, сформированная с помощью генератора бинарной последовательности (bgen – binary bit generator), генератора случайной бинарной последовательности (bsrc – random binary generator) и мультиплексера (rmux – integer multiplexer). Генератор bgen генерирует последовательность из 4 нулей для использования в регистре сдвига сверточного кодера (scod). Генератор bsrc формирует последовательность из 57 битов – биты данных. Этой последовательностью моделируется информация, предназначенная для передачи по радиоканалу. Скорость битового потока перед сверточным кодированием составляет 135,5 кбит/с.

Схема I/Q модулятора находится в подразделе dig_mod.sch проекта. В состав входят: каналный сверточный кодер, генератор 26 битовой обучающей последовательности, gmux мультиплексера, гауссового модулятора с минимальным сдвигом (GMSK).

В качестве обучающей выбрана последовательность 10011111000011101001111100=41695868=bit_pattern для всех компонентов.

tmux мультиплексер формирует окончательную структуру TDMA кадра, состоящего из концевых битов, 114 закодированных битов и 26 битов обучающей последовательности.

Высокочастотный модулятор (RF Modulator) стоит после цифрового модулятора. На каждые 148 закодированных битов на каждом выходе GMSK модулятора приходится 296 битов. ВЧ модулятор включает в себя 2 смесителя с частотой несущей 900 МГц для синфазного и квадратурного каналов. Далее установлен сумматор каналов, на выходе которого получим радиосигнал. Этот сигнал можно посмотреть с помощью пробников: SP (Signal Probe) и PSDP (Power Spectral Density Probe) (рис. 5).

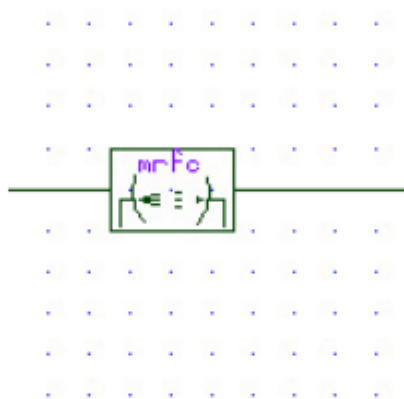


Рис.5. Блок моделирования многолучевого распространения радиоволн

Радиоканал моделируется с помощью блока MRFC (multipath Rayleigh fading channel), имитирующего эффект многолучевого распространения радиоволн в системах подвижной связи. Устанавливается задержка и относительный уровень мощности второго луча.

ВЧ демодулятор построен с использованием двух смесителей, на которые поступает частота гетеродина 900 МГц (рис.6). В одном из каналов установлена цепь задержки на 90 градусов. В отличие от модулятора, в демодуляторе у смесителей параметр NLO=-1, что соответствует понижению частоты на выходе смесителя. Далее в каждом канале стоят блоки выделения вещественной части сигнала для корректной работы следующих элементов схемы.

На втором этапе сигнал поступает на цифровой демодулятор, выделенный в отдельный блок dig_dem.sch. На него поступает 296 битов на каждый передаваемый слот. В результате сверточного декодирования и дальнейшей обработки выделяются информационные биты.

Для определения качества работы всего канала установлено устройство сравнения переданного и принятого бинарного сигнала BERP. Перед устройством сравнения установлены два блока отделения концевых битов.

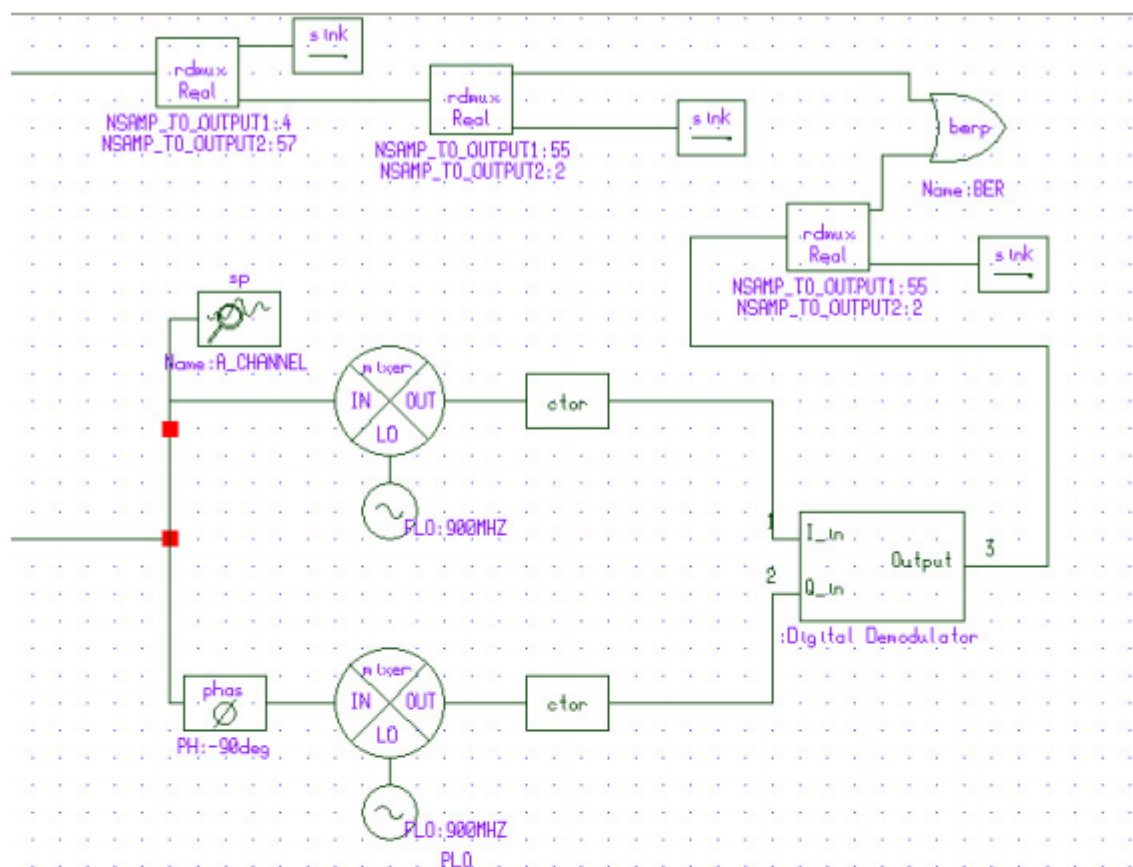


Рис.6. Схема GSM демодулятора

В схему включен блок задания времени задержки. Так как это параметр в процессе работы системы меняется, он задается в блоке SWEEP.

Выводимые графики и результаты.

После анализа собранной схемы на экране появляется несколько графиков и таблица.

На экран выводится график излученного сигнала SP(GMSKMOD), график принятого сигнала после прохождения через модель пространства SP(A_Channel), который показывает степень искажения сигнала при многолучевом распространении.

Кроме того, выводятся график и таблица ошибок приема битовых последовательностей.

8. Задания

Задание на экспериментальную часть лабораторной работы

1. Собрать схему, моделирующую работу модулятора, демодулятора и радиоканала системы сотовой связи стандарта GSM.
2. Выполнить моделирование работы радиоканала в режиме подстройки частоты. Для этого вместо случайной битовой последовательности включить генератор бинарного кода с выходным сигналом в виде нулей. Частота несущей выбирается из табл.2.
3. Зарисовать спектр выходного сигнала и его вид во временной области.
4. Исследовать радиоканал с моделью реального сигнала. Для этого восстановить схему с генератором случайной битовой последовательности. Зарисовать спектр выходного сигнала и его вид во временной области. Сравнить с результатом предыдущего пункта.
5. Проверить влияние скорости перемещения мобильной станции относительно базовой на вероятность ошибок в радиоканале. Для этого выполнить моделирование радиоканала для нескольких значений частоты Доплера. Скорость перемещения мобильной станции изменять от 0 до 1000 км/ч с шагом 100 км/ч. Построить график вероятности ошибок от скорости движения объекта.
6. Проверить влияние уровня и задержки второго луча распространения радиоволны на вероятность ошибок в канале связи. Для этого изменять задержку второго сигнала, соответствующую дополнительному пробегу второго луча от 100 м до 50 км. (0,1; 0,5; 1; 5; 10; 25; 50 км). Уровень сигнала второго луча взять равным основному. Построить график вероятности ошибок.
7. Для разности хода лучей в 5 км изменять относительный уровень второго луча от 0 до -30 дБ. Построить график вероятности ошибок.

По результатам моделирования канала связи сделать выводы о степени влиянии скорости, задержки и уровня вторичного радиоканала на вероятность ошибок. Предложить способы уменьшения влияния этих факторов.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

1. Схему модулятора с пояснением назначения его узлов.
2. Схему демодулятора с пояснением назначения его узлов.
3. Схему моделирования канала связи и оценки его качества
4. Спектр сигнала при передаче трафика и передаче временного интервала коррекции частоты

5. Вид сигналов при передаче трафика и передаче временного интервала коррекции частоты во временной области
6. График зависимости вероятности ошибок от скорости движения объекта
7. График зависимости вероятности ошибок от задержки отраженного луча
8. График зависимости вероятности ошибок от относительного уровня отраженного луча
9. Выводы о степени влияния рассмотренных факторов на работу радиоканала и способы уменьшения этого влияния.

Таблица 2

Частота несущей радиоканала	
Номер бригады	Частота, МГц
1	880
2	890
3	900
4	910
5	920
6	930
7	940
8	950

10. Контрольные вопросы

1. Принцип работы квадратурного модулятора
2. Временные интервалы в стандарте GSM.
3. Требования к спектру излучаемого сигнала
4. Принцип работы квадратурного демодулятора
5. Частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом
6. Эффект многолучевого распространения радиоволн
7. Способы борьбы с влиянием отраженных сигналов
8. Влияние скорости движения мобильной станции на работу канала

связи

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

Приложение

Рассмотрим эффект Доплера для монохроматических электромагнитных волн, распространяющихся в свободном пространстве. Если источник неподвижен относительно наблюдателя, то в системе отсчёта, связанной с наблюдателем, волна имеет ту же длину $\lambda_0 = c/\nu_0$, что в системе источника (c — скорость света в вакууме, ν_0 — частота излучаемых колебаний). Если источник равномерно движется относительно наблюдателя со скоростью v , направленной под углом α к наблюдаемому лучу, то в системе наблюдателя длина волны изменится. Вдоль наблюдаемого луча изменение длины волны равно приращению расстояния за время $1/\nu_0$ (за период излучаемого колебания):

$$\lambda = \lambda_0 - \frac{1}{\nu_0} v \cos \alpha = \frac{c}{\nu_0 \sqrt{1 - \beta^2}} (1 - \beta \cos \alpha). \quad (1)$$

В формуле (1) λ — длина принимаемой волны, λ_0 — длина испускаемой волны, $\beta = v/c$. Множитель

$$\sqrt{1 - \beta^2}$$

учитывает замедление времени в системе движущегося источника, в результате которого измеренное значение частоты ν_0 одного и того же колебания в системе наблюдателя оказывается ниже, чем в системе источника ν_0 (в этом сказывается различие течения времени в системах движущегося источника и наблюдателя — эффект специальной теории относительности).

Уравнение (1) позволяет найти частоту колебаний, воспринимаемых наблюдателем,

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \beta \cos \alpha}. \quad (2)$$

При движении источника к наблюдателю ($\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$) или от наблюдателя ($\alpha = \pi$, $\cos \alpha = -1$) имеет место продольный Д. э.:

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - \beta^2}}{1 \mp \beta} = \nu_0 \frac{\sqrt{1 \pm \beta}}{\sqrt{1 \mp \beta}} \approx \nu_0 (1 \pm \beta). \quad (3)$$

При сближении источника и наблюдателя частота ν принимаемых колебаний возрастает, при удалении — убывает. Продольный Д. э. даёт максимально возможное изменение частоты при данной скорости.

Лабораторная работа № 17-18

Тема: Изучение частотного планирования, повторного использования частот, составление номинального сотового планирования на примере стандарта gsm

Цели работы

Изучить и исследовать аналоговую модуляцию сигналов в системах мобильной связи.

Изучить и исследовать угловую модуляцию сигналов в системах мобильной связи.

Формируемые компетенции: ПК-1

Теоретическая часть:

2. Подготовка к занятию

25. Изучить (повторить) теоретический материал.
26. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
27. Подготовить отчет о лабораторной работе.
28. Ответить на контрольные вопросы.

4. Правила работы в лаборатории

К работе в лаборатории допускаются лица, изучившие правила и меры безопасности, сдавшие зачет по ним и усвоившие порядок выполнения лабораторной работы.

4.1. Требования безопасности перед началом работ

- ЗАПРЕЩАЕТСЯ: переодеваться, пользоваться огнем, курить, принимать пищу в лаборатории.
- Убедиться в целостности электрических розеток и разъемов. В лаборатории необходимо быть в сменной обуви.
- Включение компьютера производить только после получения допуска по выполняемой работе и разрешения преподавателя или лаборанта.

4.2. Требования безопасности во время работы

- Выполняя лабораторную работу, студенты обязаны использовать только вычислительную технику, периферийное оборудование, соединительные кабели, измерительное оборудование и носители информации, непосредственно относящиеся к данному лабораторному занятию.
- Подключение и отключение составляющих вычислительного комплекса производить только при полном снятии напряжения со всех составляющих вычислительного комплекса.
- При обнаружении неисправностей в оборудовании немедленно отключить источники питания и доложить об этом руководителю занятий или лаборанту.

4.3. Требования безопасности по окончании работы

- Докладить руководителю занятий или лаборанту о завершении работ.
- Привести в порядок и сдать рабочее место лаборанту, и доложить руководителю занятий о сдаче.

5. Аппаратное обеспечение

Класс персональных ЭВМ, классная доска, мел (маркеры).

6. Программное обеспечение

Программное обеспечение для выполнения лабораторной работы

7. Описание лабораторной работы

Если функция $s(t)$ в (1.1) абсолютно интегрируема в бесконечных пределах, то преобразование Фурье, или *спектр* сигнала $s(t)$, будет иметь вид

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \exp(-j\omega t) dt. \quad (2.1)$$

При передаче дискретных (цифровых) сообщений широко используется понятие *энергетического спектра* случайной последовательности сигналов $s(t)$ с тем или иным видом модуляции (манипуляции), представляющего собой усредненный по множеству реализаций квадрат модуля спектра $S(\omega)$ в (2.1).

Понятие энергетического спектра $G(f)$ применимо и к случайным последовательностям сигналов, имеющим бесконечную длительность, путем усреднения по всем возможным реализациям сигнала. При пакетной передаче сообщений в сотовых сетях часто используются понятия *мгновенного спектра* и *усредненного спектра* пакета сообщений. Нетрудно убедиться, что значения уровня внеполосных излучений для пакета сообщений может быть как выше, так и ниже соответствующего значения для энергетического спектра $G(f)$.

Обратимся теперь к особенностям спектрального представления сигналов, не являющихся относительно узкополосными, к которым, в частности, относятся и речевые сообщения. Речевой сигнал сложно записать аналитически, и нахождение его спектра связано с численным решением интеграла Фурье. Спектр речевого сигнала не является дискретным, хотя и может содержать ярко выраженные дискретные составляющие. Кроме того, невозможно дать однозначное определение ширины полосы занимаемых частот.

Существуют различные подходы к определению занимаемой полосы частот. Так, можно определить ее как полосу, за пределами которой нормированный уровень спектра не превосходит заданного значения, например -20 дБ. Согласно этому критерию ширина полосы рассматриваемого сигнала приблизительно составляет 4 кГц. Также занимаемую полосу частот определяют по критерию заданной концентрации в ней энергии сигнала. Существуют и другие методы, но в любом случае выбор того или иного критерия обусловлен спецификой решаемой задачи.

Ширину полосы частот речевого сигнала принято считать равной 3,1 кГц, т. е. от 300 до 3400 Гц. Разумеется, что при усечении спектра сигнала до указанных границ какая-то часть информации неизбежно теряется, а именно теряются те составляющие речи, которые придают голосу естественную «глубину» и эмоциональную окраску. Тем не менее, в пределах этой полосы частот речевой сигнал, с одной стороны, сохраняет в необходимой степени свою разборчивость, а с другой – позволяет эффективно использовать частотные ресурсы системы. Указанный частотный интервал принято называть *каналом тональной частоты* (КТЧ).

Задание 1. Рассчитаем спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов (одиночный прямоугольный импульс, точнее его половина при $\tau > 0$, построен на рис. 1). Сквозность последовательности $q = 8$. Амплитуда импульсов равна единице.

Совместим начало координат с передним фронтом импульса. Число отсчётов на одном периоде должно быть равно 2^n . Возьмём $n = 8$. Оформим описание сигнала в системе MathCAD; в данном задании описание сигнала выделено сплошной рамкой. Во всех последующих заданиях описание сигнала приведено на соответствующих рисунках.

$$k := 0..255 \quad V_k := \text{if}(k < 32, 1, 0)$$

Выполним быстрое преобразование Фурье и, найдём комплексные коэффициенты ряда Фурье для 24 составляющих.

$$C := \text{FFT}(V) \quad i := \sqrt{-1}$$

Рассчитаем спектры амплитуд и начальных фаз ряда Фурье.

$$k := 0..24 \quad A_k := \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2}$$

$$a_k := \text{if}(k > 0, 2 \cdot A_k, A_k) \quad Q_k := \text{if}(A_k > 0, -\arg(C_k), 0)$$

Спектры сигнала приведены на рис. 2.1.

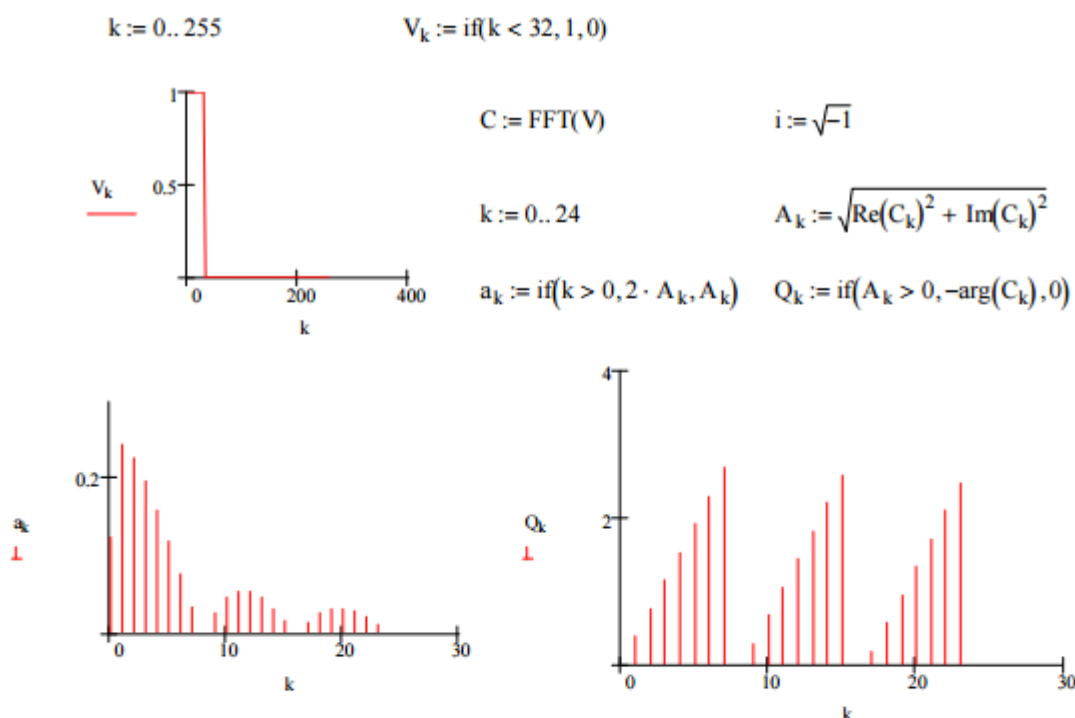


Рис. 2.1. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов

Частоты гармоник ряда Фурье определяются периодом следования импульсов. Начальные фазы гармоник в радианах.

Определим, как изменятся спектры данной последовательности, если начало координат совместить с серединой импульса. Сигнал будет обладать симметрией относительно оси ординат. В оформлении расчёта спектров изменится только описание сигнала.

Анализ полученных спектров показывает, что смещение начала координат отразилось только на спектре начальных фаз гармонических составляющих ряда Фурье (рис. 2.2). Ряд

содержит косинусные составляющие с нулевой начальной фазой. Знак составляющих меняется через восемь номеров. Это согласуется с известными свойствами преобразований Фурье.

$$k := 0..255 \quad V_k := \text{if}(240 > k > 15, 0, 1) \quad C := \text{FFT}(V) \quad i := \sqrt{-1}$$

$$k := 0..24 \quad A_k := \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2} \quad a_k := \text{if}(k > 0, 2 \cdot A_k, A_k) \quad Q_k := \text{if}(A_k > 0, -\arg(C_k), 0)$$

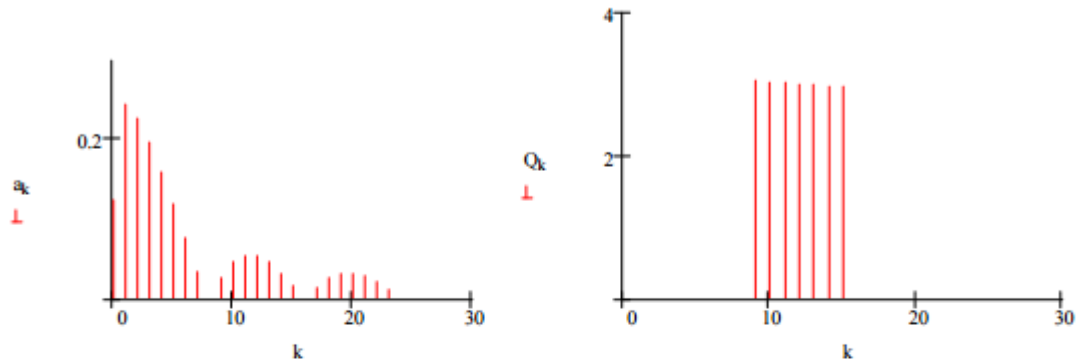


Рис. 2.2. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов с измененными параметрами сигнала

Определим, как изменятся спектры, если изменится скважность данной последовательности импульсов. Возьмём $q=4$.

Оформим описание последовательности следующим образом.

В результате получим спектры (см. рис. 2.3).

Видно, что спектр амплитуд стал в два раза уже, а характер спектра начальных фаз не изменился. Это соответствует свойствам преобразования Фурье.

$$k := 0..255 \quad V_k := \text{if}(225 > k > 31, 0, 1) \quad C := \text{FFT}(V) \quad i := \sqrt{-1}$$

$$k := 0..24 \quad A_k := \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2} \quad a_k := \text{if}(k > 0, 2 \cdot A_k, A_k) \quad Q_k := \text{if}(A_k > 0, -\arg(C_k), 0)$$

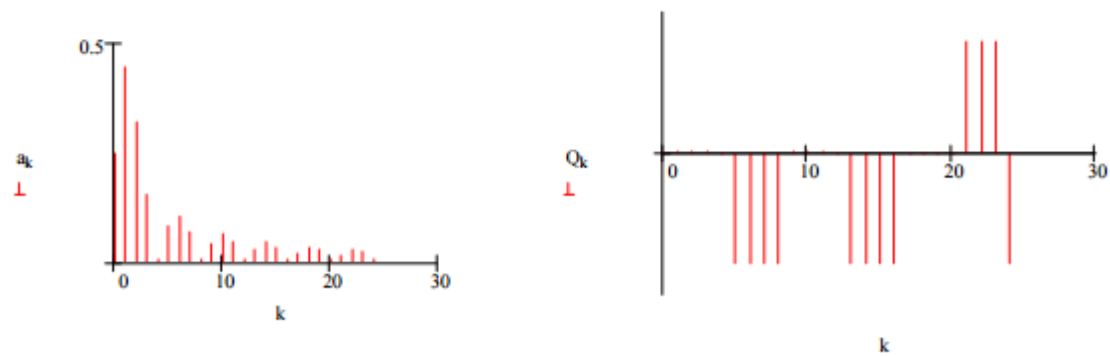


Рис. 2.3. Спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов с измененной скважностью импульсов

Задание 2. Рассчитаем спектры сигнала, состоящего из непрерывной последовательности пилообразных импульсов (одиночный пилообразный импульс построен на рис. 2.4).

Амплитуда импульсов равна единице. Найдём спектры с помощью выражений из первого примера.

Полученный спектр (см. рис. 2.4) оказался достаточно бедным. Преобладает первая гармоника. Отсутствуют гармоники с чётными номерами. Начальные фазы гармоник равны нулю. Гармоники с номерами 1-9 отрицательные, остальные положительные.

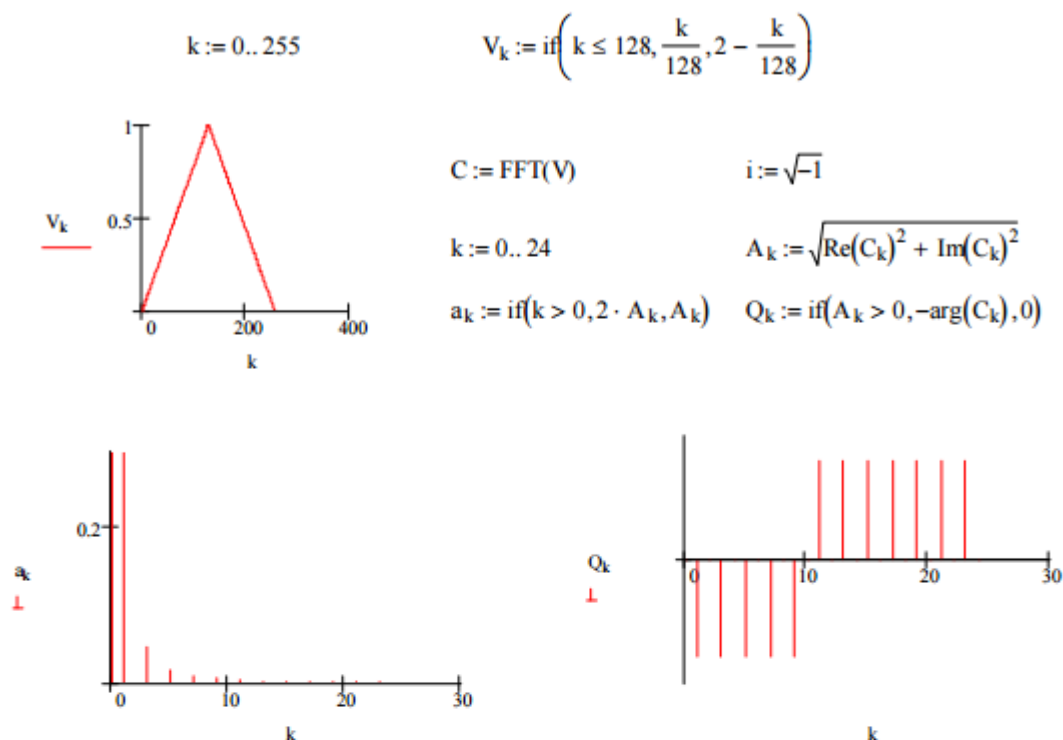


Рис. 2.4. Спектр периодической последовательности пилообразных импульсов

Исключим из последовательности импульсов постоянную составляющую и посмотрим, как это отразится на спектре.

Спектры измененного сигнала приведены на рис. 2.5.

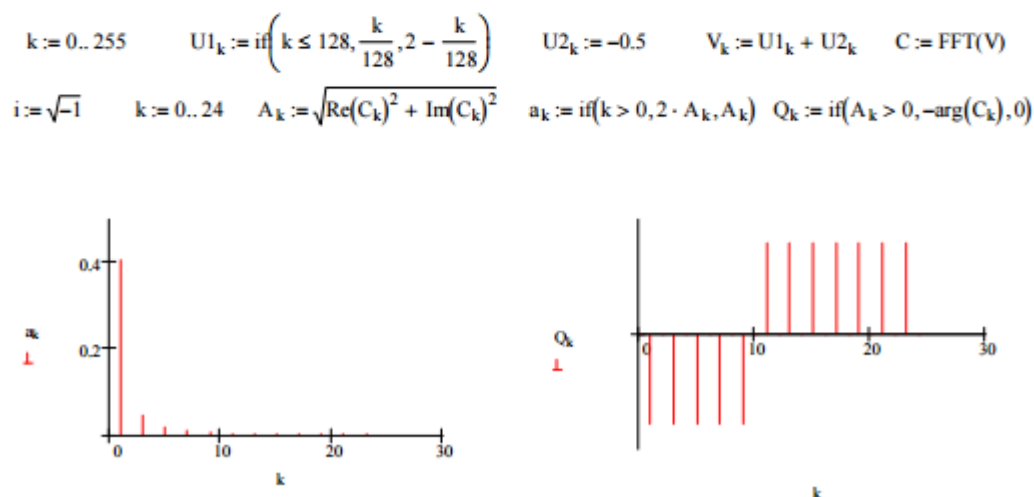


Рис. 2.5. Спектр периодической последовательности пилообразных импульсов с измененными параметрами сигнала

Действительно, из спектра исчезла составляющая с нулевой частотой. Отсутствие гармоник с чётными номерами объясняется симметрией сигнала относительно оси абсцисс.

Задание 3. Рассчитать спектр непрерывной последовательности треугольных импульсов с параметром $\alpha = 0,5$ (одиночный импульс треугольной формы представлен на рис. 2.6).

$$\alpha := 0.5$$

$$N := 15$$

$$AM := 1$$

$$F(x) := \begin{cases} \left[\left(\frac{AM}{2 \cdot \pi \cdot \alpha} \right) \cdot x \right] & \text{if } 0 \leq x \leq 2 \cdot \pi \cdot \alpha \\ 0 & \text{if } x > 2 \cdot \pi \cdot \alpha \end{cases}$$

$$Z(x) := \begin{cases} \left[\left(\frac{AM}{2 \cdot \pi \cdot \alpha} \right) \cdot x \right] & \text{if } |x| \leq 2 \cdot \pi \cdot \alpha \\ 0 & \text{if } x > 2 \cdot \pi \cdot \alpha \end{cases}$$

$$k := 0..N$$

$$A_k := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} Z(x) \cdot \cos(k \cdot x) dx$$

$$A_0 := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^{2\pi} Z(x) dx$$

$$B_k := \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} Z(x) \cdot \sin(k \cdot x) dx$$

$$C_k := \sqrt{(A_k)^2 + (B_k)^2}$$

$$\Psi_k := \left(\frac{180}{\pi} \right) \cdot \text{atan} \left(\frac{B_k}{A_k} \right)$$

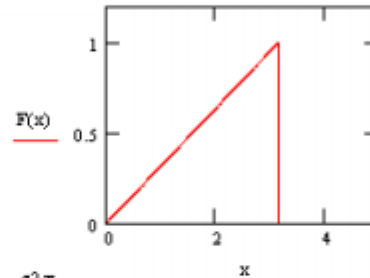


Рис. 2.6. Расчет спектра непрерывной последовательности треугольных импульсов

Задание 4. Рассчитаем спектр непрерывной последовательности импульсов, образованных из участков синусоид (одиночный такой импульс построен на рис. 2.7).

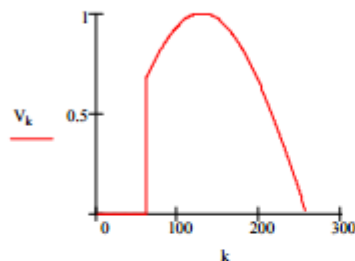
Определим, как влияет время отсечки τ на спектры амплитуд и начальных фаз заданного сигнала.

Для расчета спектров используем выражение из первого примера.

$$k := 0..255$$

$$\tau := 60$$

$$V_k := \text{if} \left(k > \tau, \sin \left(k \cdot \frac{\pi}{256} \right), 0 \right)$$



$$C := \text{FFT}(V)$$

$$i := \sqrt{-1}$$

$$k := 0..24$$

$$A_k := \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2}$$

$$a_k := \text{if} (k > 0, 2 \cdot A_k, A_k)$$

$$Q_k := \text{if} (A_k > 0, -\arg(C_k), 0)$$

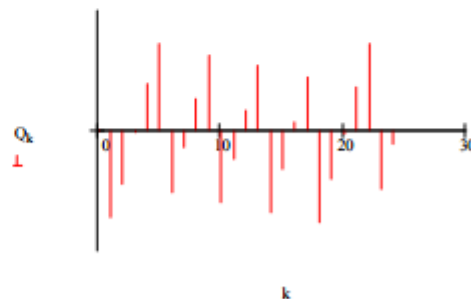
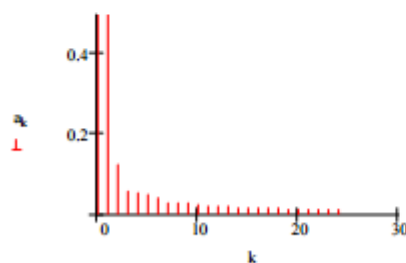


Рис. 2.7. Спектр непрерывной последовательности импульсов, образованных из участков синусоид

Увеличим τ в два раза и рассчитаем новые спектры (рис. 2.8).

$$k := 0..255 \quad \tau := 120 \quad V_k := \text{if}\left(k > \tau, \sin\left(k \cdot \frac{\pi}{256}\right), 0\right) \quad C := \text{FFT}(V) \quad i := \sqrt{-1}$$

$$k := 0..24 \quad A_k := \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2} \quad a_k := \text{if}(k > 0, 2 \cdot A_k, A_k) \quad Q_k := \text{if}(A_k > 0, -\arg(C_k), 0)$$

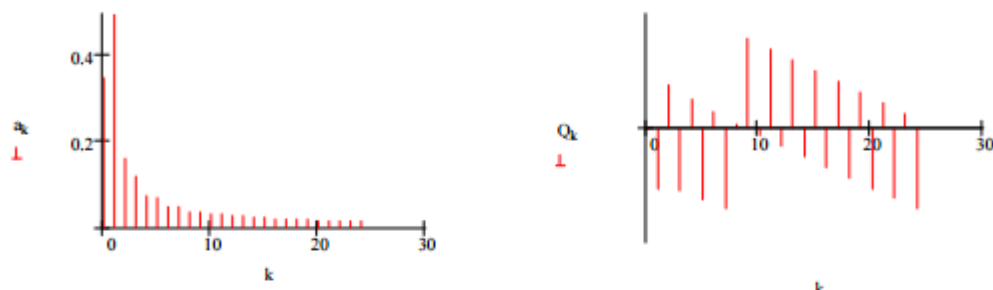


Рис. 2.8. Спектр непрерывной последовательности импульсов, образованных из участков синусоид с увеличенной длительностью импульсов

Видно, что постоянная составляющая сигнала уменьшилась, а амплитуды высших гармонических составляющих спектра амплитуд увеличились. Данный эффект используется в управляемых выпрямителях, в которых действующее значение выходного напряжения зависит от времени отсечки.

Задание 5. Рассчитаем спектр периодического сигнала, который задан таблицей значений на одном периоде T .

$s(t)$	0	0,7	1,0	0,2	-0,4	0
t	0	$0,2T$	$0,4T$	$0,6T$	$0,8T$	T

Период сигнала разобьём на 128 интервалов. Составим матрицу B значений сигнала в системе MathCAD и выполним кусочно-линейную аппроксимацию данного сигнала.

$$B := \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 25 & 0,6 \\ 51 & 1 \\ 76 & 0,2 \\ 102 & -0,4 \\ 128 & 0 \end{bmatrix}$$

График данного сигнала приведен на рис. 2.9 (верхний график), там же показаны спектральные диаграммы.

Далее выполним сплайн аппроксимацию данного сигнала. Результат представлен графиком сигнала на рис. 2.10 (также верхний график). На этом же рисунке приведен спектр сплайн аппроксимированного сигнала.

Сопоставление спектров показывает, что сплайн аппроксимация позволяет получить сигнал с более бедным спектром.

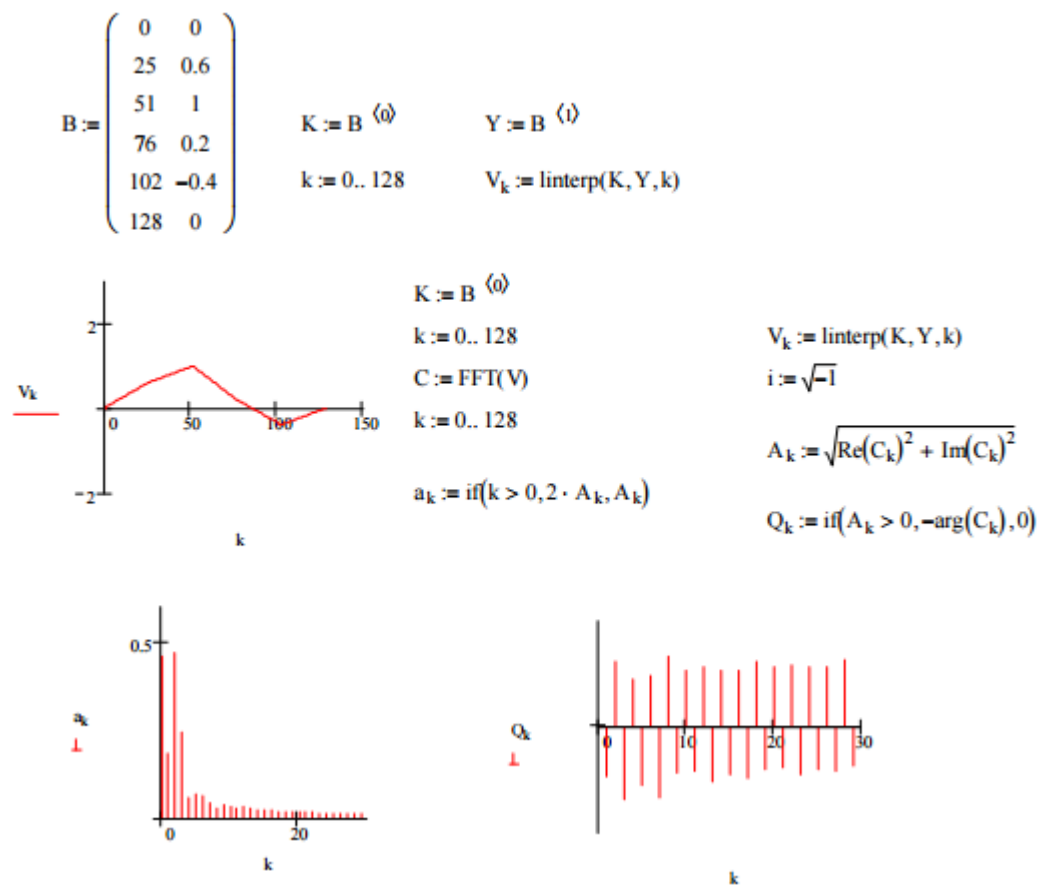


Рис. 2.9. Спектр периодического сигнала, заданного в табличной форме

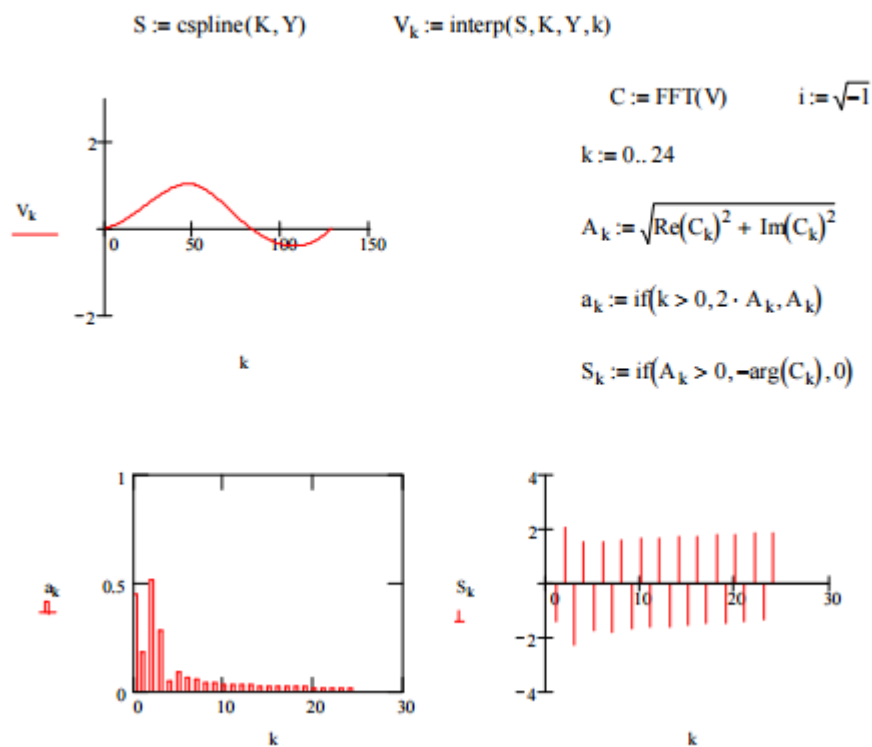


Рис. 2.10. Сплайн аппроксимация сигнала, заданного в табличной форме

Если непериодический сигнал повторять с периодом T , то коэффициенты ряда Фурье периодического сигнала и соответствующие значения спектральной характеристики непериодического сигнала связаны следующим образом:

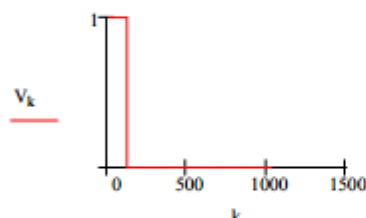
$$C_n = S(n\omega_1)/T. \quad (2.2)$$

Отсюда следует вывод, что численный расчёт спектральной характеристики заданного сигнала можно сделать с помощью БПФ, заменив спектр огибающей спектра и изменив масштабы осей координат. Покажем это на следующих примерах.

Задание 6. Рассчитаем спектральную характеристику единичного прямоугольного импульса единичной амплитуды и длительностью t_m (рис. 2.11, а).

Совместим начало координат с передним фронтом импульса и выберем скважность $q=8$. Найдём спектры амплитуд и начальных фаз гармонических составляющих ряда Фурье аналогично выше. Затем составим матрицы значений спектральных характеристик при отрицательных и положительных частотах. Выполним линейную сплайн аппроксимацию огибающих спектральных характеристик амплитуд и начальных фаз.

$$k := 0..1023 \quad V_k := \text{if}(k > 127, 0, 1) \quad C := \text{FFT}(V) \quad i := \sqrt{-1}$$



$$\begin{aligned} k &:= 0..512 & A_k &:= \sqrt{\text{Re}(C_k)^2 + \text{Im}(C_k)^2} & Q_k &:= \text{if}(A_k > 0, -\arg(C_k), \\ x_k &:= -1 \cdot k & B1 &:= \text{augment}(x, A) & B2 &:= \text{augment}(x, Q) \\ & & B3 &:= \text{reverse}(B1) & B4 &:= \text{reverse}(B2) \\ y_k &:= k & D1 &:= \text{augment}(y, A) & D2 &:= \text{augment}(y, Q) \\ f &:= -48..0 & K1 &:= B3 \langle 0 \rangle & Y1 &:= B3 \langle 1 \rangle & S1(f) &:= \text{linterp}(K1, Y1, f) \\ & & K2 &:= B4 \langle 0 \rangle & Y2 &:= B4 \langle 1 \rangle & Q1(f) &:= \text{linterp}(K2, Y2, f) \\ f &:= 0..48 & K3 &:= D1 \langle 0 \rangle & Y3 &:= D1 \langle 1 \rangle & S2(f) &:= \text{linterp}(K3, Y3, f) \\ & & K4 &:= D2 \langle 0 \rangle & Y4 &:= D2 \langle 1 \rangle & Q2(f) &:= \text{linterp}(K4, Y4, f) \\ f &:= -48..48 & & & & & S(f) &:= \text{if}(f > 0, S2(f), S1(f)) \\ & & & & & & Q(f) &:= \text{if}(f > 0, Q2(f), -Q1(f)) \end{aligned}$$

Рис. 2.11, а. Спектральная характеристика единичного прямоугольного импульса

Объединим характеристики при положительных и отрицательных частотах.

Покажем спектральные характеристики, изменив соответствующим образом масштабы осей координат (рис. 2.11, б).

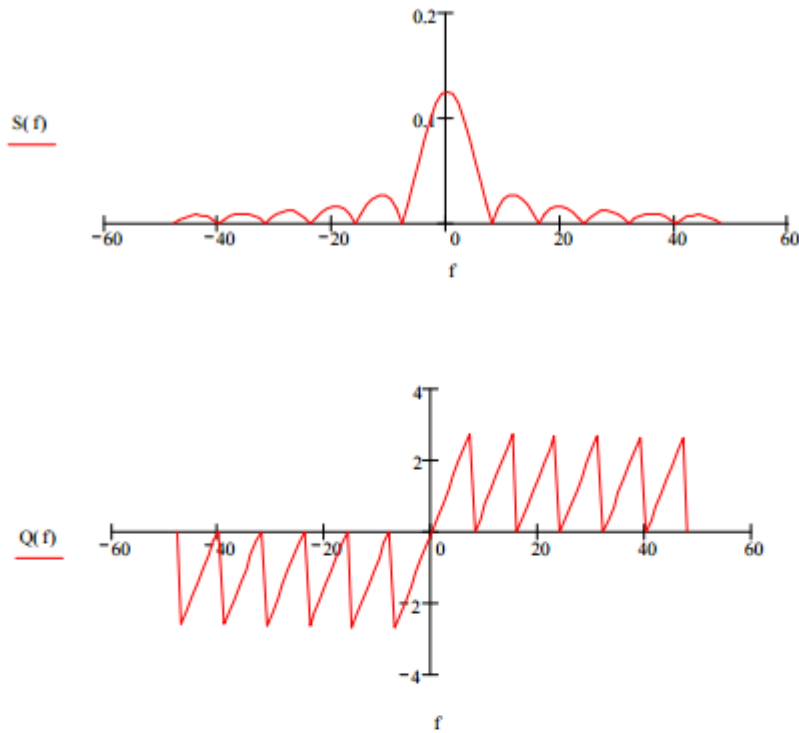


Рис. 2.11, б. Спектральная характеристика единичного прямоугольного импульса

Задание 7. Рассчитаем спектральную плотность единичного импульса треугольной формы (рис. 2.12, а); результаты расчета приведены на рис. 2.12, б.

$$f_h := -50 \quad \tau := 0.1 \quad H := 100 \quad y(t) := H \cdot t$$

$$DF := 0.2 \quad N := 500$$

$$F(t) := \begin{cases} y(t) & \text{if } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{if } t > \tau \end{cases}$$

$$n := 0..N$$

$$f_n := f_h + (n \cdot DF)$$

$$A_n := \int_0^\tau F(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t) dt$$

$$B_n := \int_0^\tau F(t) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t) dt \quad C_n := \sqrt{(A_n)^2 + (B_n)^2}$$

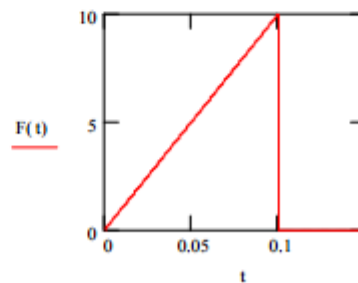


Рис. 2.12, а. Спектральная плотность единичного импульса треугольной формы

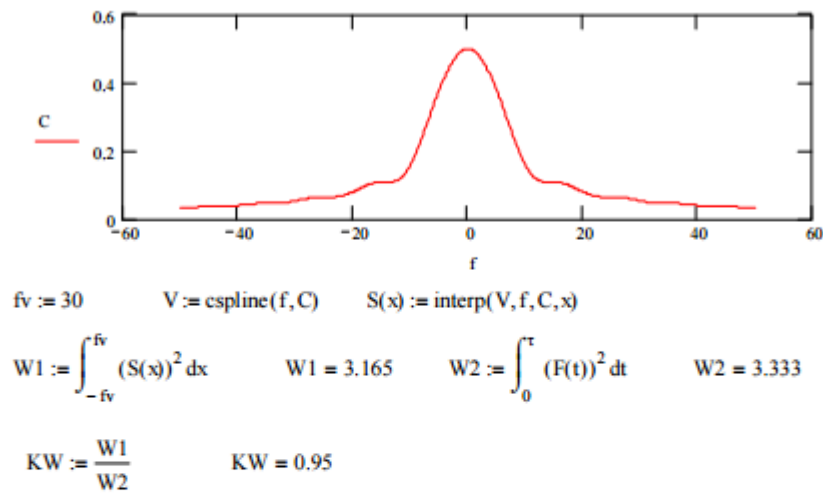


Рис. 2.12, б. Спектральная плотность единичного импульса треугольной формы

Задание 8. Рассчитаем спектральную плотность единичного импульса косинусоидальной формы (см. рис. 2.13).

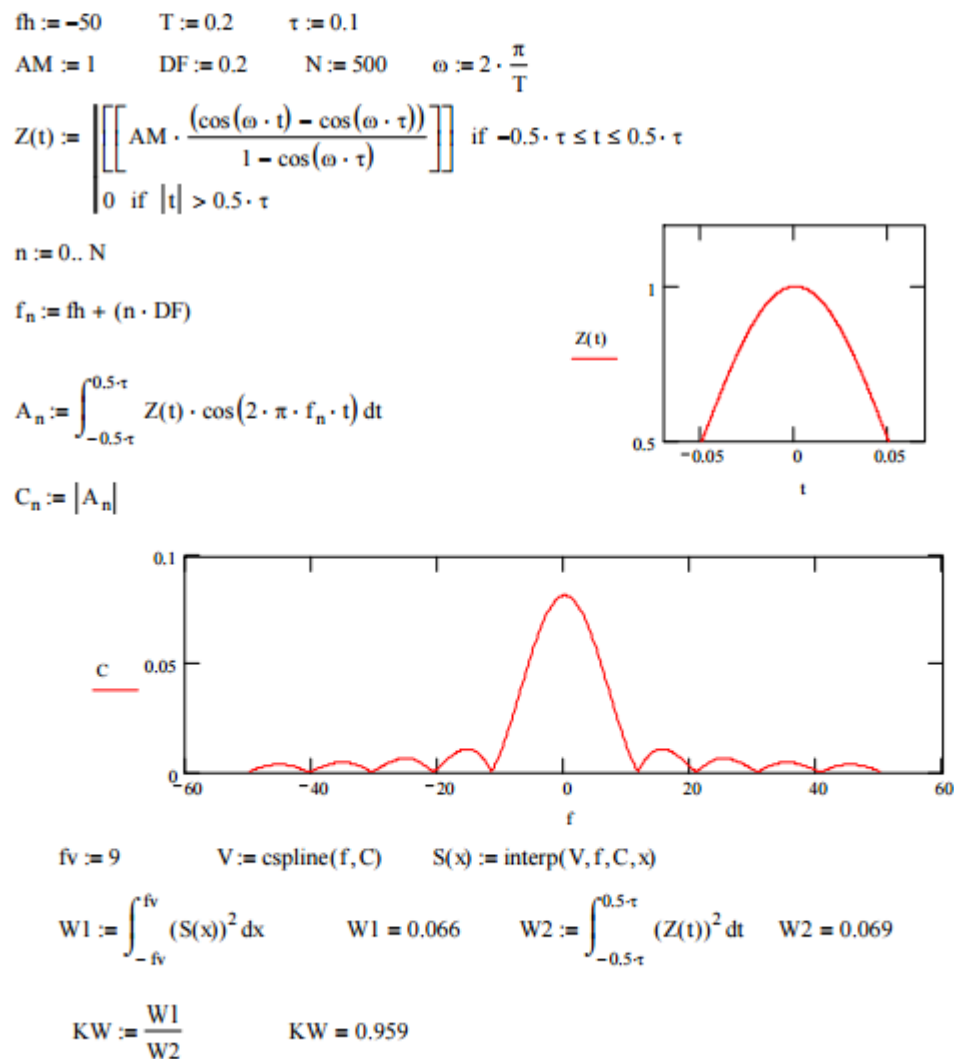


Рис. 2.13. Спектральная плотность единичного импульса косинусоидальной формы

Задание 9. Единичный импульс задан в форме трапеции. График спектральной плотности, рассчитанный по программе для трапециидального импульса единичной амплитуды при длительности переднего фронта $a = 0,02$ с, заднего фронта - $b=0,08$ с и общей длительности импульса $\tau = 0,1$ с приведен на рис. 2.14.

fh := -50 $\tau := 0.1$ a := 0.02 b := 0.08
AM := 1 DF := 1 N := 1000

$$\phi(t) := \begin{cases} \left(\left(AM \cdot \frac{t}{a} \right) \right) & \text{if } 0 \leq t \leq a \\ AM & \text{if } a < t \leq b \\ \left[AM \cdot \left(1 - \frac{t-b}{\tau-b} \right) \right] & \text{if } b < t \leq \tau \\ 0 & \text{if } t > \tau \end{cases}$$

$$FS(\phi, fh, DF, \tau, N) := \begin{cases} \text{for } n \in 0..N \\ G \langle n \rangle \leftarrow \begin{bmatrix} \int_0^\tau \phi(t) \cdot \sin[2 \cdot \pi \cdot (fh + n \cdot DF) \cdot t] dt \\ \int_0^\tau \phi(t) \cdot \cos[2 \cdot \pi \cdot (fh + n \cdot DF) \cdot t] dt \end{bmatrix} \\ G^T \end{cases}$$

C := FS(ϕ , fh, DF, τ , N)

A := C $\langle 0 \rangle$ B := C $\langle 1 \rangle$ AS := $\sqrt{A^2 + B^2}$

i := 0..N $f_i := fh + (i \cdot DF)$

f =		0
0	-50	
1	-49	
2	-48	
3	-47	
4	-46	
5	-45	
6	-44	
7	-43	
8	-42	
9	-41	
10	-40	

AS =		0
0	2.49·10 ⁻⁶	
1	3.038·10 ⁻⁵	
2	1.307·10 ⁻⁴	
3	2.558·10 ⁻⁴	
4	5.01·10 ⁻⁴	
5	7.34·10 ⁻⁴	
6	9.613·10 ⁻⁴	
7	1.13·10 ⁻³	
8	1.253·10 ⁻³	
9	1.246·10 ⁻³	
10	1.097·10 ⁻³	

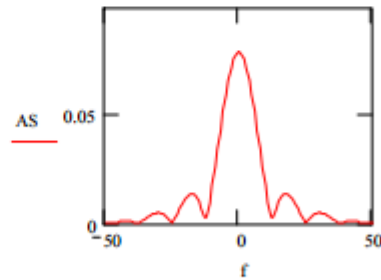


Рис. 2.14. Спектральная плотность единичного импульса трапециидальной формы

Задание 10. Задан единичный экспоненциальный импульс. График спектральной плотности, рассчитанный по программе для экспоненциального импульса единичной амплитуды с параметром $\beta = 200$, приведен на рис. 2.15.

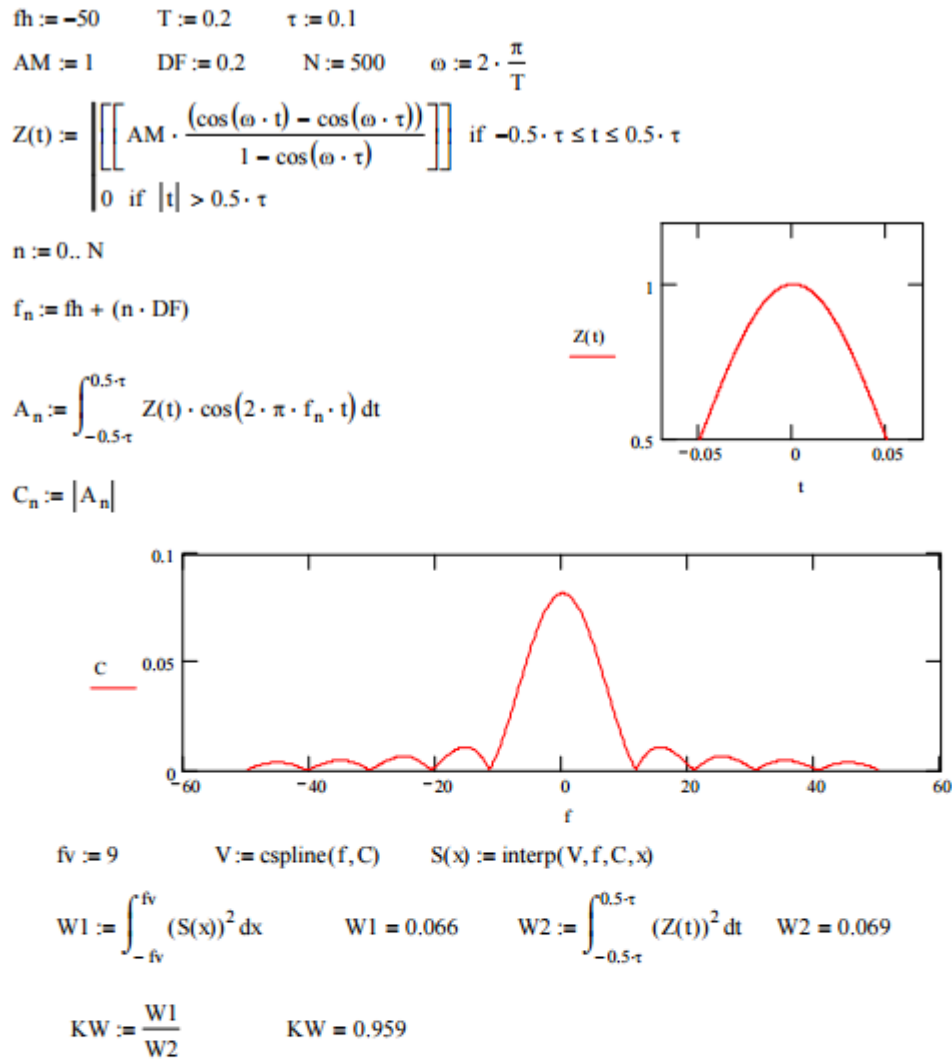


Рис. 2.15. Спектральная плотность единичного импульса экспоненциальной формы

Задание 11. Рассчитаем спектральную характеристику радиоимпульса, состоящего из 4,5 периодов T_1 косинусоиды, причём импульс начинается и заканчивается нулевыми значениями без скачков (см. рис. 2.16).

Совместим начало координат с серединой радиоимпульса. Возьмем период следования данных импульсов $T = 32T_1$ и через спектр последовательности найдём спектральную характеристику по приведённой выше методике.

Задание 12. Рассчитаем спектральную плотность радиоимпульса, который, также как и задании 11, получен путем модуляции видеоимпульсом сложной формы: в одном, первом случае – трапецидальным, во втором – гауссовым импульсом. Модуляция такими видеоимпульсами предопределяет, что спектр радиоимпульса может быть найден только путем численного интегрирования (рис. 2.17).

При увеличении длительности импульса τ (см. рис. 2.17) спектральная функция в окрестности несущих частот $-f_0$ и $+f_0$ сжимается, а амплитуда спектра на этих частотах возрастает. При $\tau \rightarrow \infty$ ширина спектра на частотах $-f_0$ и $+f_0$ стремится к 0 и в пределе вырождается в два единичных или дельта-импульса, что следует пронаблюдать при выполнении лабораторной работы. При уменьшении частоты заполнения импульса и нарушении

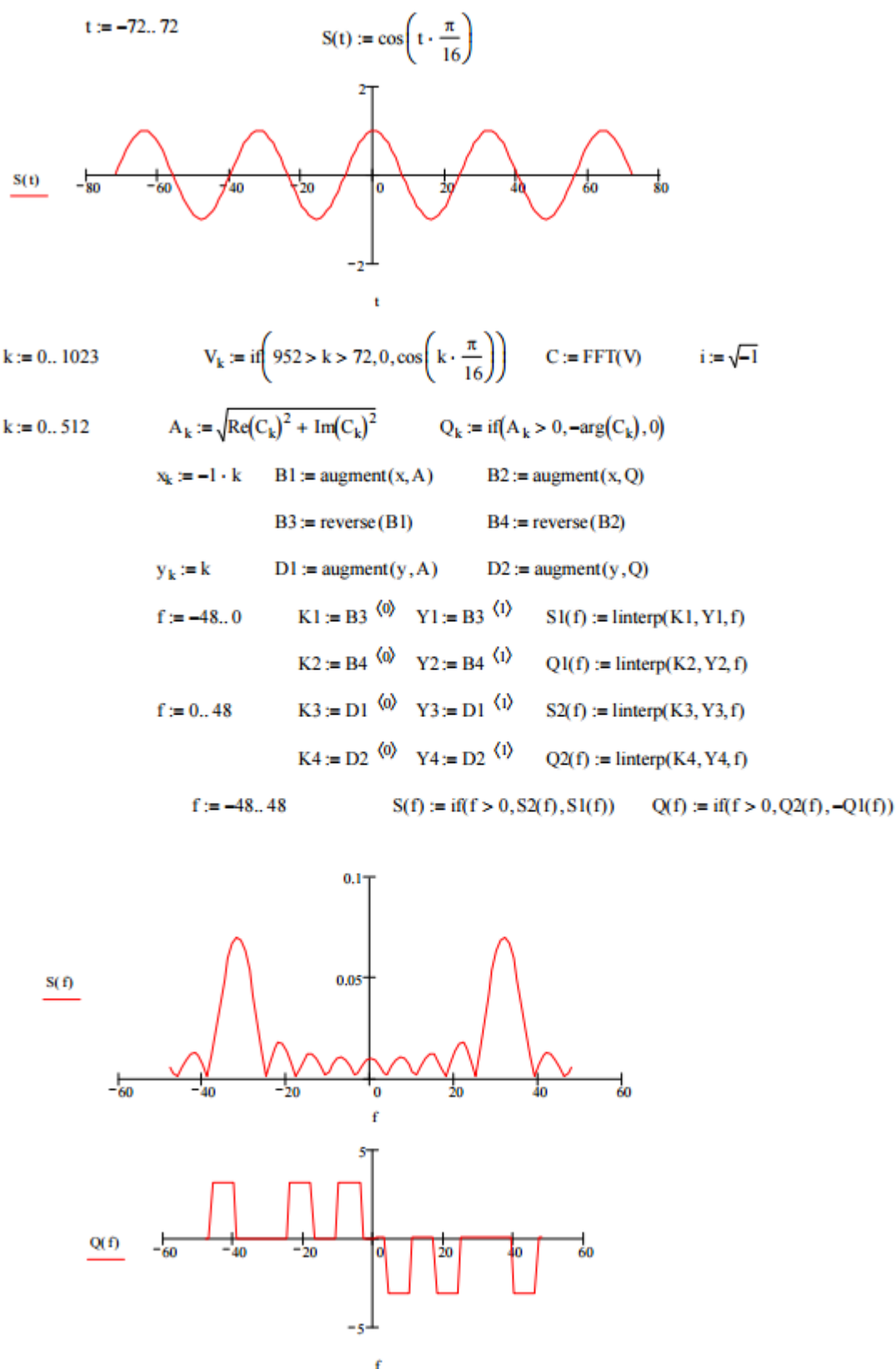
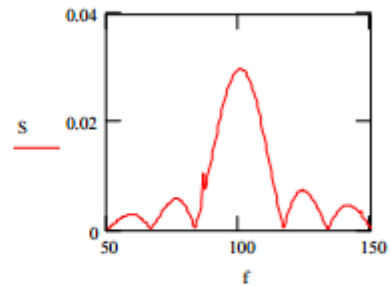
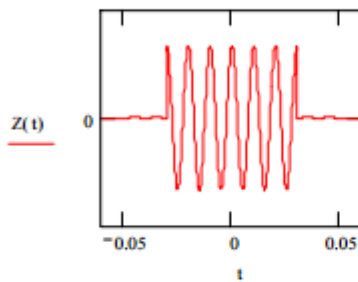


Рис. 2.16. Спектральная характеристика радиоимпульса

$$\begin{aligned}
f_h &:= 50 & \tau &:= 0.1 & AM &:= 1 & c &:= 0.03 \\
f &:= 100 & DF &:= 0.5 & N &:= 200 & S &:= \frac{AM}{0.5 \cdot \tau - 1} \\
Z(t) &:= \begin{cases} (t + 0.5 \cdot \tau) \cdot S \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) & \text{if } -(0.5 \cdot \tau) \leq t \leq -c \\
AM \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) & \text{if } -c < t < c \\
(-t + 0.5 \cdot \tau) \cdot S \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) & \text{if } c \leq t \leq 0.5 \cdot \tau \\
0 & \text{if } |t| > 0.5 \cdot \tau \end{cases} \\
n &:= 0..N & f_n &:= f_h + (n \cdot DF) \\
A_n &:= \int_{-0.5 \cdot \tau}^{0.5 \cdot \tau} Z(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t) dt & S_n &:= |A_n|
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
f_h &:= 50 & T &:= 0.1 & AM &:= 1 & \beta &:= 800 \\
f_0 &:= 100 & DF &:= 0.5 & N &:= 200 \\
Z(t) &:= \begin{cases} (AM \cdot \exp(-\beta \cdot t^2)) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t) & \text{if } |t| \leq T \\
0 & \text{if } |t| > T \end{cases} \\
n &:= 0..N & f_n &:= f_h + (n \cdot DF) \\
A_n &:= \int_{-0.5 \cdot \tau}^{0.5 \cdot \tau} Z(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot t) dt & S_n &:= |A_n|
\end{aligned}$$

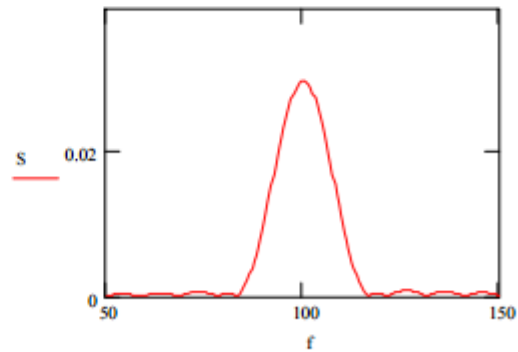
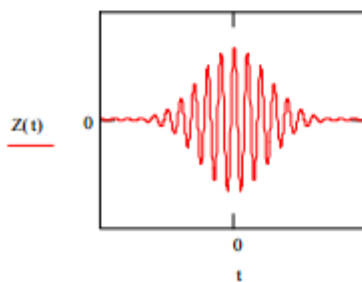


Рис. 2.17. Спектральная характеристика радиоимпульса, модулированного видеоимпульсом сложной формы

условия $f_0 \tau \gg 1$, каждая из половин спектра радиоимпульса становится асимметричной, в чем также предлагается убедиться самостоятельно.

9. Содержание отчета о лабораторной работе

По результатам выполнения лабораторной работы студенты оформляют и сдают на проверку отчет. Отчет по выполнению лабораторной работы должен быть сдан на проверку в письменной форме, либо в форме электронного

документа. Отчет оформляется в соответствии с общими правилами оформления квалификационных работ и должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- основную часть;
- заключение.

Титульный лист содержит наименование вуза, наименование специальности, наименование дисциплины, наименование работы, ФИО студента, дату выполнения работы, дату защиты работы, оценку.

Во введении указывается цель работы и основные пункты задания.

В основной части приводится ход выполнения работы, расчеты, графики. При необходимости могут быть приведены основные теоретические сведения.

В заключении указываются выводы по работе, производится теоретическое обоснование полученных результатов и приводятся ответы на контрольные вопросы

Результаты выполненной лабораторной работы защищаются каждым студентом в индивидуальном порядке в форме беседы.

10. Контрольные вопросы

1. Дайте определение радиосигнала.
2. Чем отличается непрерывный сигнал от дискретного? С помощью каких функций определяются эти сигналы?
3. В чем состоит сущность спектрального представления сигналов?
4. Составьте математическую модель импульса напряжения треугольной формы, используя комбинацию функций включения.
5. Напишите разложение периодической функции в тригонометрический ряд, содержащий синусоидальные и косинусоидальные составляющие; в комплексную форму ряда Фурье. Как вычисляются коэффициенты ряда в обоих случаях?
6. Что представляют собой амплитудный и фазовый спектры периодической последовательности импульсов?
7. Постройте спектр периодической последовательности прямоугольных, треугольных и пилообразных импульсов.
8. Постройте спектр периодической последовательности трапециидальных импульсов и импульсов, оставленных из участков синусоид.
9. Как влияет изменение длительности прямоугольного импульса и периода повторения на спектр этого сигнала?
10. Напишите выражения для прямого и обратного преобразования Фурье.
11. Как связаны спектры периодического сигнала и одиночного импульса?
12. Что понимают под технической шириной спектра?
13. Определите связь между полосой сигнала, его длительностью и базой (степенью свободы).

14. Перечислите и приведите графики основных типов тестовых сигналов.

15. Как меняется амплитуда, фаза и мгновенная частота у двухчастотного синусоидального сигнала?

11. Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

Основная: 1-3

Дополнительная: 1-5

Методическая: 1-4

Интернет-ресурсы: 1

Программное обеспечение: 1,2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Защита информации в системах беспроводной связи»

для студентов направления подготовки
10.03.01 «Информационная безопасность»

Направленность (профиль):

«Организация и технологии защиты информации (по отрасли или в сфере профессиональной
деятельности)»

Ставрополь,
2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента
2. Технологическая карта самостоятельной работы студента
3. Порядок выполнения самостоятельной работы
4. Список рекомендуемой литературы

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Защита информации в системах беспроводной связи» является изучение основных понятий, методологии и практических приемов защиты беспроводных сетей связи, а также приобретение набора общекультурных и общепрофессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 10.03.01 Информационная безопасность.

Задачами дисциплины являются:

– приобретение студентами теоретических знаний в области обеспечения безопасности беспроводных сетей связи, архитектуры беспроводных сетей, стандартов и механизмов защиты, используемых для защиты информации в беспроводных сетях связи;

– приобретение студентами необходимого объема знаний и практических навыков в сфере интеграции беспроводных сетей в сетевую инфраструктуру предприятия, учитывающей все аспекты обеспечения их безопасности; формирование у студентов целостного представления о принципах и подходах к защите информации в разнотипных беспроводных сетях связи.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа включает те разделы курса, которые не получили достаточного освещения на лекциях по причине ограниченности лекционного времени и большого объема изучаемого материала.

Методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине состоит из:

1) Определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;

2) Подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;

3) Поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;

4) Определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;

5) Организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у обучающихся затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

Самостоятельная работа студента – это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение собственной информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля

К основным видам самостоятельной работы студентов относится:

- работа с понятийным аппаратом;
- конспектирование первоисточников;
- проектирование фрагментов исследовательской деятельности;
- анализ научных исследований по психологической проблематике;
- подготовка доклада по теме.

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля. Текущий контроль осуществляется в процессе изучения курса и включает в себя оценку работы студентов на практических занятиях (круглый стол, собеседование, групповые научные проекты, тестирование), а также подготовку домашнего задания.

2. Технологическая карта самостоятельной работы студента

Коды реализуемых компетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр						
ПК-1 ИД-1	Подготовка к лабораторной работе	Отчет	Собеседование	16.00	2.00	18.00
ПК-1 ИД-1	Подготовка к лекции	Конспект	Собеседование	16.00	2.00	18.00
ПК-1 ИД-1	Подготовка доклада	Доклад	Собеседование	16.00	2.00	18.00
Итого семестр				48.00	6.00	54.00
Итого				48.00	6.00	54.00

3. Порядок выполнения самостоятельной работы

3.1 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Комплексное изучение предлагаемой студентам учебной дисциплины «Защита информации в системах беспроводной связи» предполагает овладение материалами лекций, учебников, программы, творческую работу студентов в ходе проведения лабораторных работ, а также систематическое выполнение заданий для самостоятельной работы.

В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемых тем, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студентов к лабораторным работам.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти

ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам и тестам.

Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Защита информации в системах беспроводной связи»

На первом занятии получите у преподавателя задания по курсу, планы подготовки к лабораторным работам. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением.

Перед лабораторными работами изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с опытом других исследователей в этом направлении.

Целью лабораторных работ является:

- закрепление методов приложения теории к решению практических задач анализа и синтеза психологического знания;
- проверка уровня понимания студентами вопросов, рассмотренных на лекциях и по учебной литературе, степени и качества усвоения материала;
- обучение навыкам освоения методики эксперимента и работы с нормативно-справочной литературой;
- восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказание помощи в его усвоении.

3.2 Методические рекомендации по конспектированию первоисточников

Изучение и анализ литературных источников является обязательным видом самостоятельной работы студентов. Изучение литературы по избранной теме имеет своей задачей проследить характер постановки и решения определенной проблемы различными авторами, аргументацию их выводов и обобщений, провести анализ и систематизировать полученный материал на основе собственного осмысления с целью выяснения современного состояния вопроса.

Проработка отобранного материала обязательно должна идти с одновременным ведением записей прочитанного и своих замечаний. Запись может иметь как форму конспекта, так и выписок, а также картотеку положений, тезисов, идей, методик, что в дальнейшем облегчит классификацию и систематизацию полученного материала. Такого рода записи являются лучшим способом накопления и первичной обработки материала, одной из обязательных форм организации умственного труда.

Планом удобно пользоваться при подготовке к устному выступлению по выбранной теме. Каждый пункт плана должен раскрывать одну из сторон избранной темы, а весь план должен охватывать ее целиком.

Тезисы предполагают сжатое изложение основных положений текста в форме утверждения или отрицания. Они являются более совершенной формой записей и представляют основу для дискуссии. К тому же их легко запомнить.

Конспектирование – процесс мысленной переработки и письменной фиксации информации, в виде краткого изложения основного содержания, смысла какого-либо текста.

Результат конспектирования – запись, позволяющая конспектирующему немедленно или через некоторый срок с нужной полнотой восстановить полученную информацию. Конспект в переводе с латыни означает «обзор». По существу его и составлять надо как обзор, содержащий основные мысли текста без подробностей и второстепенных деталей. Конспект носит индивидуализированный характер: он рассчитан на самого автора и поэтому может оказаться малопонятным для других.

Для того чтобы осуществлять этот вид работы, в каждом конкретном случае необходимо грамотно решить следующие задачи:

1. Сориентироваться в общей композиции текста (уметь определить вступление, основную часть, заключение).
2. Увидеть логико-смысловую канву сообщения, понять систему изложения автором информации в целом, а также ход развития каждой отдельной мысли.
3. Выявить «ключевые» мысли, т. е. основные смысловые вехи, на которые «нанизано» все содержание текста.
4. Определить детализирующую информацию.
5. Лаконично сформулировать основную информацию, не перенося на письмо все целиком и дословно.

Во всяком научном тексте содержится информация 2-х видов: основная и вспомогательная. Основной является информация, имеющая наиболее существенное значение для раскрытия содержания темы или вопроса. К ней относятся: определения научных понятий, формулировки законов, теоретических принципов и т. д. Назначение вспомогательной информации – помочь читателю лучше усвоить предлагаемый материал. К этому типу информации относятся разного рода комментарии. Основную – записываем как можно полнее, вспомогательную, как правило, опускаем. Содержание конспектирования составляет переработка основной информации в целях ее обобщения и сокращения. Обобщить – значит представить ее в более общей, схематической форме, в виде тезисов, выводов, отдельных заголовков, изложения основных результатов и т. п. Читая, мы интуитивно используем некоторые слова и фразы в качестве опорных. Такие опорные слова и фразы называются ключевыми. Ключевые слова и фразы несут основную смысловую и эмоциональную нагрузку содержания текста.

Выбор ключевых слов – это первый этап смыслового свертывания, смыслового сжатия материала.

Важными требованиями к конспекту являются наглядность и обозримость записей и такое их расположение, которое давало бы возможность уяснить логические связи и иерархию понятий.

По форме конспекты подразделяются на формализованные и графические.

1. Формализованные (все записи вносятся в заранее подготовленные таблицы).

Это удобно, во-первых, при конспектировании материалов, когда перечень характеристик описываемых предметов или явлений более или менее постоянен, во-вторых, при подготовке единого конспекта по нескольким источникам. Особенно если есть необходимость сравнения отдельных данных. Разновидностью формализованного конспекта является запись, составленная в форме ответов на заранее подготовленные вопросы, обеспечивающие исчерпывающие характеристики однотипных предметов или явлений.

2. Графические (элементы конспектируемой работы располагаются в таком виде, при котором видна иерархия понятий и взаимосвязь между ними).

По каждой работе может быть не один, а несколько графических конспектов, отображающих книгу в целом и отдельные ее части. Ведение графического конспекта - наиболее совершенный способ изображения внутренней структуры книги, а сам этот процесс помогает усвоению ее содержания.

Можно выделить следующие основные **типы конспектов: плановый, текстуальный, сводный, тематический.**

Плановый – легко получить с помощью предварительно сделанного плана произведения, каждому вопросу плана отвечает определенная часть конспекта:

а) вопросно-ответный (на пункты плана, выраженные в вопросительной форме, конспект дает точные ответы);

б) схематичный плановый конспект (отражает логическую структуру и взаимосвязь отдельных положений).

Текстуальный – это конспект, созданный в основном из цитат.

Сводный конспект – сочетает выписки, цитаты, иногда тезисы; часть его текста может быть снабжена планом.

Тематический – дает более или менее исчерпывающий ответ (в зависимости из числа привлеченных источников и другого материала, например, своих же записей) на поставленный вопрос – тему: обзорный; хронологический.

Роль конспекта – чисто учебная: он помогает зафиксировать основные понятия и положения первичного текста и в нужный момент их воспроизвести, например, при написании реферата или подготовке к экзамену.

Способы конспектирования.

- **Тезисы** – это кратко сформулированные основные мысли, положения изучаемого материала. Тезисы лаконично выражают суть читаемого, дают возможность раскрыть содержание. Приступая к освоению записи в виде тезисов, полезно в самом тексте отмечать места, наиболее четко формулирующие основную мысль, которую автор доказывает (если, конечно, это не библиотечная книга). Часто такой отбор облегчается шрифтовым выделением, сделанным в самом тексте.

- **Линейно-последовательная запись текста.** При конспектировании линейно – последовательным способом целесообразно использование плакатно-оформительских средств, которые включают в себя следующие:

· сдвиг текста конспекта по горизонтали, по вертикали;

- выделение жирным (или другим) шрифтом особо значимых слов;
- использование различных цветов;
- подчеркивание;
- заключение в рамку главной информации.

- **Способ «вопросов – ответов».** Он заключается в том, что, поделив страницу тетради пополам вертикальной чертой, конспектирующий в левой части страницы самостоятельно формулирует вопросы или проблемы, затронутые в данном тексте, а в правой части дает ответы на них.

Одна из модификаций способа «вопросов – ответов» - таблица, где место вопроса занимает формулировка проблемы, поднятой автором (лектором), а место ответа – решение данной проблемы. Иногда в таблице могут появиться и дополнительные графы: например, «мое мнение» и т. п.

- **Схема с фрагментами** – способ конспектирования, позволяющий ярче выявить структуру текста, - при этом фрагменты текста (опорные слова, словосочетания, пояснения всякого рода) в сочетании с графикой помогают созданию рационально - лаконичного конспекта.

- **Простая схема** – способ конспектирования, близкий к схеме с фрагментами, объяснений к которой конспектирующий не пишет, но должен уметь давать их устно. Этот способ требует высокой квалификации конспектирующего. В противном случае такой конспект нельзя будет использовать.

- **Параллельный способ** конспектирования. Конспект оформляется на двух листах параллельно или один лист делится вертикальной чертой пополам и записи делаются в правой и в левой части листа.

Однако лучше использовать разные способы конспектирования для записи одного и того же материала.

Комбинированный конспект – вершина овладения рациональным конспектированием. При этом умело используются все перечисленные способы, сочетая их в одном конспекте (один из видов конспекта свободно перетекает в другой в зависимости от конспектируемого текста, от желания и умения конспектирующего). Именно при комбинированном конспекте более всего проявляется уровень подготовки и индивидуальность студента.

Принципы составления конспекта прочитанного.

1. Записать все выходные данные источника: автор, название, год и место издания. Если текст взят из периодического издания (газеты или журнала), то записать его название, год, месяц, номер, число, место издания.

2. Выделить поля слева или справа, можно с обеих сторон. Слева на полях отмечаются страницы оригинала, структурные разделы статьи или книги (названия параграфов, подзаголовки и т. п.), формулируются основные проблемы. Справа – способы фиксации прочитанной информации.

Один из видов чтения – углубленное – предполагает глубокое усвоение прочитанного и часто сохранение информации в целях последующего обращения к ней. Эффективность такого чтения повышается, если прочитанное зафиксировано не только в памяти, но и на бумаге. Психологи утверждают, что записанное лучше и полнее усваивается, прочнее откладывается в памяти.

Установлено, что если прочитать 1000 слов и затем записать 50,

подытоживающих прочитанное, то коэффициент усвоения будет выше, чем, если прочитать 10000 слов, не записав ни одного. Кроме того, при записи прочитанного формируется навык свертывания информации. И, наконец, чередование чтения и записывания уменьшает усталость, повышает работоспособность и производительность умственного труда.

1. Резюмирование.

Резюме – краткий итог прочитанного, содержащий его оценку. Резюме характеризует основные выводы книги, главные итоги.

Выбор языковых средств для построения резюме-выводов подчинен основной задаче свертывания информации: минимум языковых средств – максимум информации. Это обычно одно – три четких, кратких, выразительных предложения, раскрывающих, по мнению автора, самую суть описываемого объекта.

2. Аннотация.

Аннотация – краткая обобщенная характеристика печатной работы (книги, статьи), включающая иногда и его оценку. Это наикратчайшее изложение содержания первичного документа, дающее общее представление о теме. Основное ее назначение – дать некоторое представление о книге (статье, научной работе) с тем, чтобы рекомендовать ее определенному кругу читателей или воспользоваться своими записями при выполнении работы исследовательского, реферативного характера. Поэтому аннотации не требуется изложения содержания произведения, в ней лишь перечисляются вопросы, которые освещены в первоисточнике (содержание этих вопросов не раскрывается). Аннотация отвечает на вопрос: «О чем говорится в первичном тексте?», дает представление только о главной теме и перечне вопросов, затрагиваемых в тексте первоисточника.

Текст аннотации не стандартизирован. В научной литературе можно встретить различные требования к составлению аннотаций. Например, текст справочной аннотации может включать следующие сведения:

- тип и название аннотируемого документа (монография, диссертация, сборник, статья и т. п.)
- задачи, поставленные автором аннотируемого документа
- метод, которым пользовался автор (эксперимент, сравнительный анализ, компиляция других источников)
- принадлежность автора к определенной научной школе или направлению
- структуру аннотируемого документа
- предмет и тему произведения, основные положения и выводы автора
- характеристику вспомогательных иллюстративных материалов, дополнений, приложений, справочного аппарата, включая указатели и библиографию.

3.3 Методические рекомендации по написанию и оформлению доклада

1. Общие положения

1.1. Доклад, как вид самостоятельной работы в учебном процессе, способствует формированию навыков исследовательской работы, расширяет познавательные интересы, учит критически мыслить.

1.2. При написании доклада по заданной теме студент составляет план, подбирает основные источники.

1.3. В процессе работы с источниками систематизирует полученные сведения, делает выводы и обобщения.

1.4. К докладу по крупной теме могут привлекать несколько студентов, между которыми распределяются вопросы выступления.

2. Выбор темы доклада

2.1. Тематика доклада обычно определяется преподавателем, но в определении темы инициативу может проявить и студент.

2.2. Прежде чем выбрать тему доклада, автору необходимо выявить свой интерес, определить, над какой проблемой он хотел бы поработать, более глубоко ее изучить.

3. Этапы работы над докладом

3.1. Формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию.

3.2. Подбор и изучение основных источников по теме (как правильно, при разработке доклада используется не менее 8-10 различных источников).

3.3. Составление списка использованных источников.

3.4. Обработка и систематизация информации

3.5. Разработка плана доклада.

3.6. Написание доклада.

3.7. Публичное выступление с результатами исследования.

4. Структура доклада:

- титульный лист

- оглавление (в нем последовательно излагаются названия пунктов доклада, указываются страницы, с которых начинается каждый пункт);
- введение (формулирует суть исследуемой проблемы, обосновывается выбор темы, определяются ее значимость и актуальность, указываются цель и задачи доклада, дается характеристика используемой литературы);
- основная часть (каждый раздел ее, доказательно раскрывая отдельную проблему или одну из ее сторон, логически является продолжением предыдущего; в основной части могут быть представлены таблицы, графики, схемы);
- заключение (подводятся итоги или дается обобщенный вывод по теме доклада, предлагаются рекомендации);
- список использованных источников

5. Структура и содержание доклада

5.1. Введение - это вступительная часть научно-исследовательской работы. Автор должен приложить все усилия, чтобы в этом небольшом по объему разделе показать актуальность темы, раскрыть практическую значимость ее, определить цели и задачи эксперимента или его фрагмента.

5.2. Основная часть. В ней раскрывается содержание доклада. Как правило, основная часть состоит из теоретического и практического разделов. В теоретическом разделе раскрываются история и теория исследуемой проблемы, дается критический анализ литературы и показываются позиции автора. В практическом разделе излагаются методы, ход, и результаты самостоятельно проведенного эксперимента или фрагмента.

В основной части могут быть также представлены схемы, диаграммы, таблицы, рисунки и т.д.

5.3. В заключении содержатся итоги работы, выводы, к которым пришел автор, и рекомендации. Заключение должно быть кратким, обязательным и соответствовать поставленным задачам.

5.4. Список использованных источников представляет собой перечень использованных книг, статей, фамилии авторов приводятся в алфавитном порядке, при этом все источники даются под общей нумерацией литературы. В исходных данных источника указываются фамилия и инициалы автора, название работы, место и год издания.

5.5. Приложение к докладу оформляются на отдельных листах, причем каждое должно иметь свой тематический заголовок и номер, который пишется в правом верхнем углу, например: «Приложение 1»

6. Требования к оформлению доклада

6.1. Объем доклада может колебаться в пределах 5-15 печатных страниц; все приложения к работе не входят в ее объем.

6.2. Доклад должен быть выполнен грамотно, с соблюдением культуры изложения.

6.3. Обязательно должны иметься ссылки на используемую литературу.

6.4. Должна быть соблюдена последовательность написания библиографического аппарата.

7. Критерии оценки доклада

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала; правильность и полнота использования источников;
- соответствие оформления доклада стандартам.

По усмотрению преподавателя доклады могут быть представлены на семинарах, научно-практических конференциях, а также использоваться как зачетные работы по пройденным темам.

Вопросы для собеседования по лабораторным работам

Тема 4. Аспекты планирования сотовой подвижной связи.

1. Классификация беспроводных видов связи (технологии).
2. Преимущества сетей подвижной связи (СПС).
3. Перечислите классы сетей подвижной связи.
4. Что понимается под термином «транкинг»?
5. Какие существуют системы транкинговой связи?
6. Ключевая особенность сотовой связи.
7. Оптическая беспроводная связь, ее особенности.
8. На какие группы делятся инфракрасные каналы связи?
9. Наиболее распространенные способы построения беспроводных локальных сетей?

10. Перечислить основные типы сетей беспроводного абонентского доступа.

11. Многоканальный доступ: преимущества и недостатки.

Тема 11. Изучение алгоритмов расчета баланса мощности беспроводной связи на примере сотовой связи.

1. Объяснить принцип МДЧР и МДВР.
2. Пояснить кодовое разделение каналов.
3. Основные характеристики широкополосного сигнала.
4. Каким образом передается сигнал в системе беспроводной оптической связи?

5. Перечислите преимущества беспроводной оптической связи.

6. Назовите недостатки беспроводной оптической связи.

7. Типы беспроводной оптической связи.

8. Возможные области применения беспроводных оптических систем.

Тема 20. Проектирование беспроводной сети 802.11.

1. Какие пути предлагают для развития сотовой связи?

Повышенный уровень:

Тема 4. Аспекты планирования сотовой подвижной связи.

1. Какие проблемы существуют в сотовой связи?
2. Предлагаемые пути решения проблем в сотовой связи.
3. Способы организации связи между станцией и подвижным абонентом.
4. Какие факторы влияют на определение радиуса зоны уверенного приема?

Тема 11. Изучение алгоритмов расчета баланса мощности беспроводной связи на примере сотовой связи.

1. Какие модели потерь радиосигналов существуют?
2. Какие показатели и характеристики информации Вы знаете?

Тема 20. Проектирование беспроводной сети 802.11.

1. Как вы понимаете свойство важности информации?
2. Как вы понимаете свойство полноты информации?
3. Как вы понимаете свойство адекватности информации?
4. Как вы понимаете свойство релевантности информации?

Вопросы для собеседования по самостоятельному изучению лекций

Базовый уровень:

1. В чем особенность разнесенного приема?
2. Какие методы разнесения Вы знаете?
3. Какова суть частотного разнесения?
4. Какие методы существуют для улучшения характеристик помехоустойчивости?

5. При каком замирании отдельные составляющие принимаемого сигнала имеют разные амплитуды и сдвиги начальной фазы?

6. Назовите типы систем с расширенным спектром.

7. За счет чего в системе DS-SS расширяется спектр цифрового информационного сигнала?

8. Какое свойство лежит в основе метода CDMA?

9. В чем заключается принцип системы со скачкообразным изменением частоты (FH-SS)?

10. Поясните принцип работы системы расширения спектра с (псевдослучайной) перестройкой во времени.

Повышенный уровень:

1. По каким признакам можно классифицировать сети WLAN?

2. В каком диапазоне работает сеть HIPERLAN/1?

3. Стандарты IEEE 802.11 для сетей WLAN.

4. Беспроводная локальная сеть на оптическом диапазоне.

5. В каком диапазоне работает Bluetooth?

Комплект разноуровневых задач и заданий

Тема 8. Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта GSM.

1. Рассмотреть общие характеристики стандарта GSM.

2. Рассмотреть структурную схему и состав оборудования сетей связи.

3. Рассмотреть сетевые и радио интерфейсы.

4. Рассмотреть структуру служб и передачу данных в стандарте GSM.

5. Изучить принципы построения системы сетевого управления.

6. Распределить функции сетевого управления в GSM

7. Разработать корректирующие меры.

Тема 9. Изучение антенн и диаграммы направленности антенн.

1. Зачем нужны антенны?

2. Характеристики антенн.

3. Изотропный излучатель.

4. Диаграмма направленности антенны.

5. Коэффициент усиления антенны.

Тема 13. Изучение алгоритмов расчета покрытия беспроводной связи и методов, моделей расчета зон обслуживания на примере стандарта GSM.

1. Узнать цели создания и эксплуатации АС ОРГАНИЗАЦИИ как объекта информатизации.

2. Рассмотреть структуру, состав и размещение основных элементов АС ОРГАНИЗАЦИИ, информационные связи с другими объектами.

3. Определить категории информационных ресурсов, подлежащих защите.

4. Выявить уязвимость основных компонентов АС ОРГАНИЗАЦИИ.

5. Интересы затрагиваемых при эксплуатации АС ОРГАНИЗАЦИИ субъектов информационных отношений.

6. Основные задачи системы обеспечения безопасности информации АС ОРГАНИЗАЦИИ.

7. Построить неформальную модель возможных нарушителей.

8. Пути реализации непреднамеренных искусственных (субъективных) угроз безопасности информации в АС ОРГАНИЗАЦИИ.

Повышенный уровень:

Тема 8. Изучение особенностей и механизмов распространения радиоволн, а также алгоритмов решения задач на примере стандарта GSM.

1. Выполнить задачи системы сетевого управления.
2. Изучить принципы построения системы сетевого управления.

Тема 9. Изучение антенн и диаграммы направленности антенн.

1. Типы антенн для Wi-Fi-устройств.
2. Примеры антенн.

Тема 11. Изучение алгоритмов расчета баланса мощности беспроводной связи на примере сотовой связи.

1. Какие показатели и характеристики информации Вы знаете?
2. Как вы понимаете свойство важности информации?
3. Как вы понимаете свойство полноты информации?
4. Как вы понимаете свойство адекватности информации?
5. Как вы понимаете свойство релевантности информации?
6. Угрозы нарушения конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Список рекомендуемой литературы

1. Основная литература:

Защита информации в системах беспроводной передачи: лабораторный практикум : [16+] / Р. А. Филиппов, Л. Б. Филиппова, А. П. Горлов [и др.]. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. – 86 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=602188>

Голиков, А. М. Защита информации в цифровых системах связи : учебник / А. М. Голиков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 284 с. — ISBN 978-5-4497-1742-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122465.html>

2. Дополнительная литература:

Баланис, К. А. Введение в смарт-антенны / Константин А. Баланис, Панайотис И. Иоанидес ; пер. с англ. К. В. Юдинцева ; под ред. В. В. Попова, М. Д. Парнеса. - М. : Техносфера, 2012. - 200 с. : ил. - (Мир радиоэлектроники, 17 ; 10). - Библиогр.: с. 182-195. - ISBN 978-5-94836-312-7. - ISBN 978-15982176-6

Беспроводные сети Wi-Fi Электронный ресурс : учебное пособие / Д.Н. Чирков / В.А. Платонов / А.В. Бобков / А.В. Пролетарский / И.В. Баскаков / Р.А. Федотов. - Беспроводные сети Wi-Fi, 2019-12-01. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 284 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-94774-737-9

Маглицкий, Б. Н. Основы технологий множественного доступа в сетях сотовой связи Электронный ресурс : Учебное пособие / Б. Н. Маглицкий. - Основы технологий множественного доступа в сетях сотовой связи, 2021-04-20. - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. - 140 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-83973.

Методическая литература:

1. электронный курс лекций;

2.электронные методические рекомендации для выполнения практических заданий;

3. Рошан П. Лиэри Д. Основы построения локальных сетей стандарта 802.11М.: Изд. дом «Вильямс». 2014. – 304 с. (CiscoPress)

4.учебное пособие сотовой компании «Билайн» (краткий курс лекции, основные расчетные формулы и примеры решения задач).

4. *Интернет-ресурсы:*

www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»

www.eLibrary.ru - Научная электронная библиотека

www.iprbookshop.ru - Электронно-библиотечная система IPRbooks

www.intuit.ru – учебный курс «Беспроводные сети Wi-Fi».5. *Программное обеспечение*

1. Операционная система семейства Windows

2. Программа тестового контроля «Айрен».