

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Диодинович
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.09.2025 17:47:24
Уникальный программный ключ:
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

Министерство высшего образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

Кафедра радиотехники, телекоммуникаций и микроэлектроники

Учебно-методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Радиотехнические системы"

для студентов направления подготовки бакалавров

*11.03.01 Радиотехника, профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и
обработки сигналов»*

Махачкала 2023

Лабораторные работы по дисциплине «Радиотехнические системы» для студентов направления подготовки бакалавров 11.03.01 Радиотехника, профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов».
Махачкала 2023 г. - 39

Приводятся описания пяти лабораторных работ по корреляционному анализу: исследование двухканальной РТСПИ с ЧРК; исследование трехканальной РТСПИ с ВРК (компьютерный вариант); исследование системы с сигналами Уолша (компьютерный вариант); исследование системы с ИКМ (компьютерный вариант); моделирование и исследование основных узлов системы передачи информации (компьютерный вариант).

Содержатся сведения по методике выполнения работ, а также теоретический материал, необходимый для подготовки к работам и выполнению расчетных заданий.

**Составители: ст. преп. Магомедсаидова С.З.;
ассистент Муталипова Г.А.**

**Рецензенты: Акимов А.К. – РТПЦ РД;
Митаров Р. Г. д.ф.-м.н., профессор ДГТУ**

Печатается по постановлению Совета Дагестанского государственного технического университета.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОЙ РТСПИ С ЧРК

1. Цель работы

Изучение принципов построения многоканальной системы с частотным разделением каналов и частотной модуляцией канальных сигналов, ознакомление с ее работой при передаче сообщений.

2. Основные теоретические положения

Частотное разделение каналов в системах передачи информации заключается в том, что каждый канал имеет свою полосу частот (поднесущие частоты) в отведенном системе участке частотного диапазона. Ширина этой полосы частот определяется динамическим диапазоном передаваемых сообщений. Для исключения взаимного влияния каналов полосы частот соседних каналов выбираются не только неперекрывающимися, но и имеют определенные защитные промежутки.

Многоканальное сообщение при частотном уплотнении образуется линейным сложением канальных сигналов. Спектр такого сообщения определяется суммой спектров канальных сигналов (рис.1).

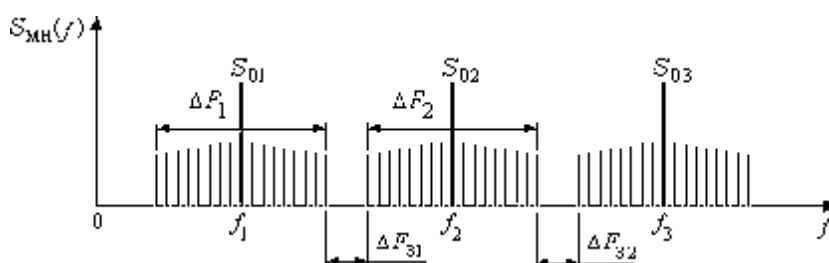


Рис.1. Спектр многоканального сообщения при ЧРК

Разделение каналов на приемной стороне в системах с ЧРК обычно производится с помощью селекторов, представляющих собою полосовые фильтры, средние частоты которых совпадают с частотой соответствующих канальных поднесущих. Частотные характеристики таких фильтров имеют близкую к прямоугольной форму и полосу пропускания, равную ширине спектра соответствующего канального сигнала.

3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой двухканальную систему с частотным уплотнением (разделением) каналов. В установку включены только низкочастотные блоки системы— шифратор и дешифратор.

Шифратор предназначен для преобразования передаваемых сообщений в электрическое напряжение, первичной частотной модуляции поднесущих колебаний каждого канала и суммирования канальных частотно-модулированных поднесущих колебаний.

Структурная схема лабораторной установки приведена на рис.2.

Шифратор содержит потенциометрические датчики, имитирующие датчики передаваемых сообщений первого и второго каналов. Частотная модуляция в каналах осуществляется преобразователями напряжения в частоту.

С выходов преобразователей модулированные сигналы поступают на активные фильтры первого и второго каналов, которые предназначены для выделения синусоидальных сигналов соответственно в первом канале с частотой 6кГц, во втором канале – с частотой 10 кГц. С выходов фильтров сигналы поступают на соответствующие усилители, а с выходов усилителей – на сумматор.

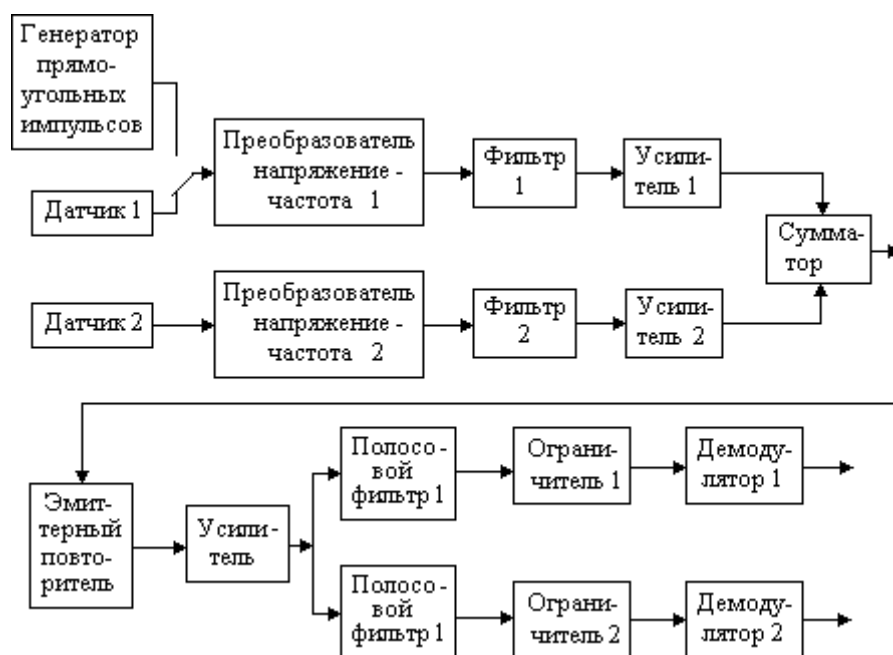


Рис.2. Структурная схема лабораторной установки

Таким образом, значения частоты сигнала с выхода каждого канала являются функцией от напряжения U_{BX} соответствующего датчика:

$$f_1 = F_1(U_{BX1}); \quad f_2 = F_2(U_{BX2}). \quad (1)$$

Для создания режима автоколебаний в первом канале вместо потенциометрического датчика можно использовать генератор прямоугольных импульсов, вырабатывающий импульсы длительностью 0,6 с. Для переключения датчика и генератора импульсов используется тумблер на два положения.

Дешифратор предназначен для выполнения обратного преобразования сигналов, модулированных по частоте, в соответствующие величины электрических напряжений, пропорциональных измеренным величинам в каждом канале. На входе дешифратора установлен эмиттерный повторитель, предназначенный для согласования его входа с выходом шифратора. Сигнал с выхода эмиттерного повторителя поступает на усилитель. В качестве разделителя каналов использованы полосовые фильтры с полосой пропускания первого канала от 5 до 7 кГц и второго канала от 9 до 11 кГц. Сигналы с выходов фильтров поступают соответственно на ограничители и далее на демодуляторы.

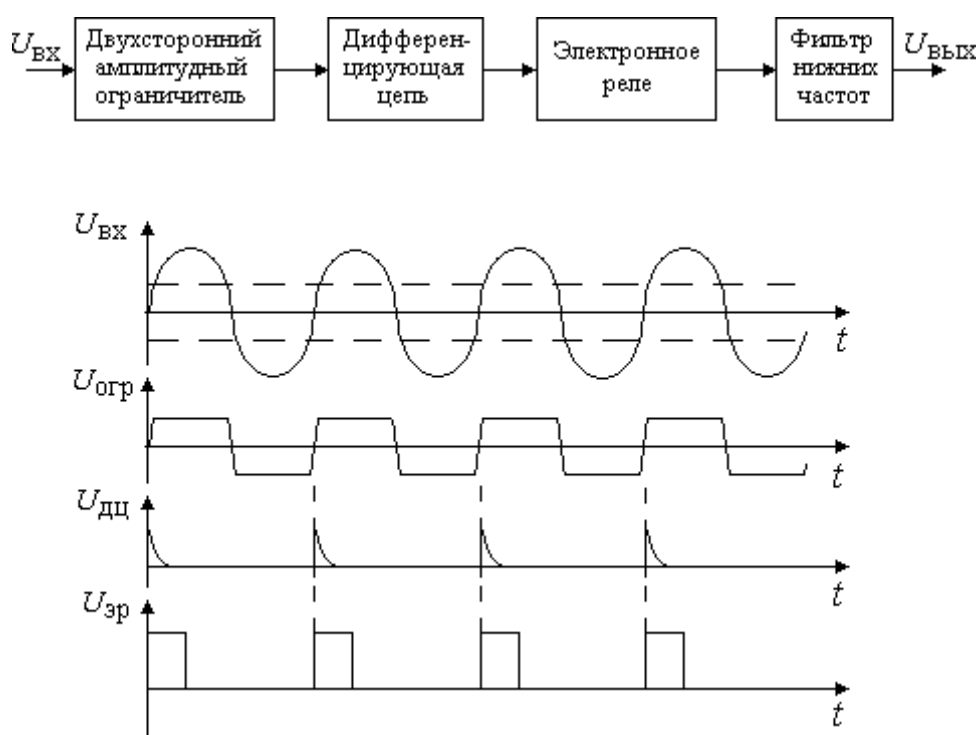


Рис.3. Функциональная схема демодулятора и осциллограммы на выходах его устройств

Демодуляторы выполнены по схеме импульсного дискриминатора интегрирующего типа. Структурная схема дискриминаторов и напряжения в них представлены на рис.3. Работают дискриминаторы следующим образом. На выходах ограничителей получаем вместо синусоидальных прямоугольные колебания с частотами f_1 и f_2 . Далее производится дифференцирование этих колебаний. Продифференцированные импульсы запускают одновибраторы. Длительность импульсов на выходах одновибраторов постоянна и выбрана несколько меньше полупериодов поднесущих колебаний f_1 и f_2 .

Импульсные последовательности с выходов одновибраторов подаются на фильтры нижних частот, которые выделяют средние составляющие этих последовательностей. Для измерения усредненного напряжения к выходам фильтров нижних частот подключается вольтметр или осциллограф.

4. Порядок выполнения работы

1. Прочитать внимательно разделы 1-3, ознакомиться со схемой лабораторной установки и отображением ее на лицевой панели стенда, ознакомиться с расположением органов управления установкой, контрольных гнезд и измерительными приборами.

2. Включить напряжение питания установки и измерительных приборов.

3. Снять статические характеристики преобразователей “Напряжение–частота” в соответствии с формулами(1).

4. Установить на выходе ПНЧ1 (изменяя напряжение на выходе датчика Д1) частоту колебаний 6 кГц, на выходе ПНЧ2 (изменяя напряжение на выходе датчика Д2) частоту колебаний 10 кГц. Просмотреть, измерить с помощью осциллографа и зарисовать в масштабе осциллограммы в контрольных точках шифратора и дешифратора.

5. Повторить п.4, установив на выходах ПНЧ частоты сигналов так, чтобы они отличались ровно в два раза. Зарисовать, по возможности, точно групповой сигнал на выходе сумматора.

6. Для исследования точности передачи данных в системе с ЧРК снять в первом и втором канале зависимости величины напряжения на выходе демодулятора от величины напряжения соответствующего датчика, т.е.

$$U_{ДМ1} = f_3(U_{Д1}), \quad U_{ДМ2} = f_4(U_{Д2}). \quad (2)$$

7. Построить на графиках зависимости, полученные в результате выполнения пп. 3 и 6. На графиках по п.6 построить кривые погрешности передачи данных, определяя величины погрешности графически как расстояние между точкой на кривой, полученной по (2), и прямой, аппроксимирующей ту же зависимость.

8.

Литература:[1],с.63...66;[2].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХКАНАЛЬНОЙ РТСПИ С ВРК (Компьютерный вариант)

1. Цель работы

2.

Изучение принципа действия трёхканальной системы передачи информации с временным разделением каналов с широтно-импульсной

модуляцией (ШИМ) в первом и втором каналах и с импульсной модуляцией (ВИМ) в третьем канале.

3. Основные теоретические положения

Для одновременной передачи нескольких независимых сообщений используются многоканальные системы связи, содержащие устройства для уплотнения на передающей стороне и разделения на приемной стороне каналов передачи информации. Рассмотрим функциональную схему типовой многоканальной системы передачи информации (рис.7). В передающей части многоканальной системы сообщения от каждого из источников информации модулируют по заданному параметру поднесущую частоту. Далее каналные сигналы объединяются по определенному правилу, в результате чего формируется суммарный (групповой) сигнал. Эта операция называется уплотнением каналов. Она производится в устройстве уплотнения каналов (УУК). Полученный в УУК суммарный сигнал модулирует несущее колебание, которое поступает на передачу в высокочастотный тракт. В приемной части многоканальной системы после демодуляции несущей осуществляется операция, обратная операции уплотнения, т. е. разделение каналных сигналов. Затем производится демодуляция каждого каналного сигнала в демодуляторах и поступление информации на восстановители сообщений и далее к потребителю.

Одной из основных задач для многоканальных систем передачи информации является задача надежного разделения каналов. Для любого канала сигналы всех других каналов являются помехой. Разделение каналов должно осуществляться так, чтобы влияние этих помех было бы минимальным. Последнее достигается соответствующим выбором сигналов и метода их обработки.

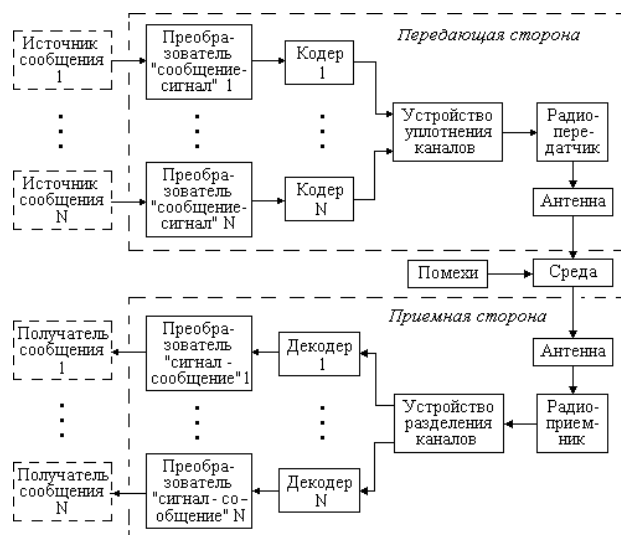


Рис.7. Функциональная схема многоканальной РТСПИ

4. Описание лабораторной установки

Функциональная схема передающей части моделирующей установки

приведена на рис.8. Рассмотрим подробнее процесс модуляции в передающей части системы. Задающим устройством, определяющим работу передающей части, является генератор тактовых импульсов. С выхода генератора сигнал поступает на синхронизатор и на коммутатор. Синхронизатор формирует импульсы, являющиеся синхронизирующими для “кадра”. Синхроимпульсы поступают на первый вход сумматора.

Коммутатор формирует импульсы, определяющие временные интервалы каналов. Эти импульсы разрешают передачу сигнала с выхода модулятора на сумматор. Синхроимпульс и следующие за ним импульсы интервалов первого, второго и третьего каналов образуют “кадр”. Таким образом, коммутатор обеспечивает расположение канальных сигналов последовательно друг за другом, а для исключения взаимного влияния импульсов соседних каналов между интервалами формируются разделительные (защитные) промежутки длительностью 10–20% от длительности интервала.

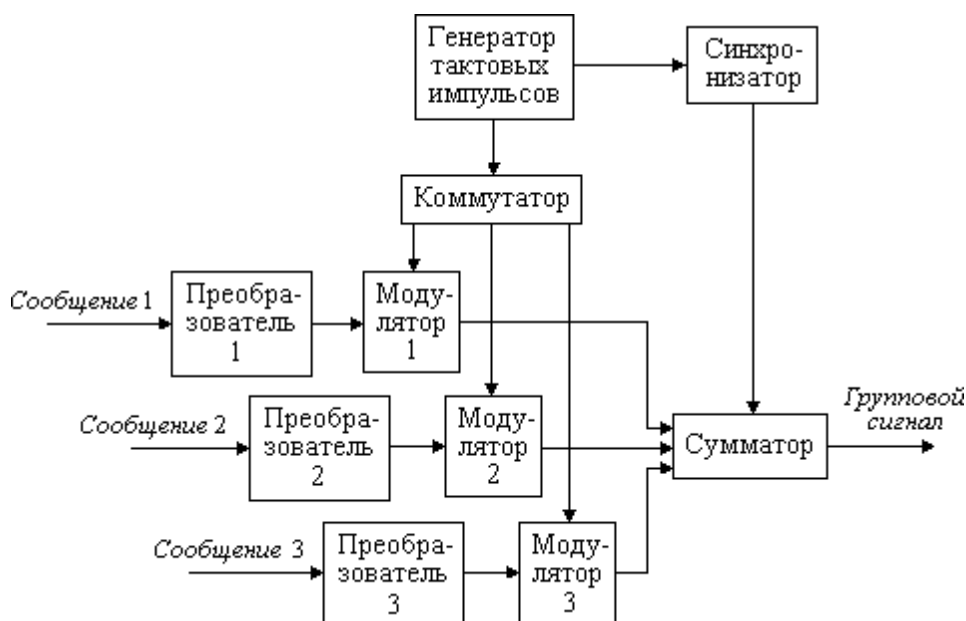


Рис.8.Схема передающей части лабораторной установки

Переданный по линии связи групповой сигнал поступает на приемную часть системы. Функциональная схема приемной части системы приведена на рис.9. Работает эта часть следующим образом. Групповой сигнал поступает на устройство сравнения амплитуд (УСА). ВУСА из этого сигнала выделяются синхроимпульсы, необходимые для синхронизации работы коммутатора. Признаком, по которому синхроимпульсы отличаются от информационных импульсов, является их амплитуда. По этому признаку и производится выделение синхроимпульсов. Синхроимпульсы в коммутаторе приемной части запускают формирователи интервалов первого, второго и третьего каналов. На втором выходе УСА выделяется сигнал, состоящий из одного импульса синхронизации, двух импульсов ШИМ и одного ВИМ. Сигналы инвертированы относительно

входных и приведены к одинаковой амплитуде, что необходимо для работы последующих блоков.

На первый вход демодулятора первого канала поступают импульсы интервала первого канала, на второй вход – импульсы с выхода УСА. На выходе демодулятора первого канала формируются модулированные по ширине импульсы первого канала. Сигнал с выхода демодулятора первого канала поступает на восстановитель сообщения, где импульс первого канала преобразуется в сообщение. Восстановители сообщений всех каналов представляют собой устройства, заполняющие выделенный сигнал счетными импульсами, которые преобразуются счетчиком в двоичное число, являющееся сообщением. Импульсы интервала второго канала с выхода коммутатора поступают на первый вход демодулятора второго канала. На второй вход демодулятора поступают импульсы с выхода УСА. На выходе демодулятора второго канала формируются модулированные по ширине импульсы второго канала.

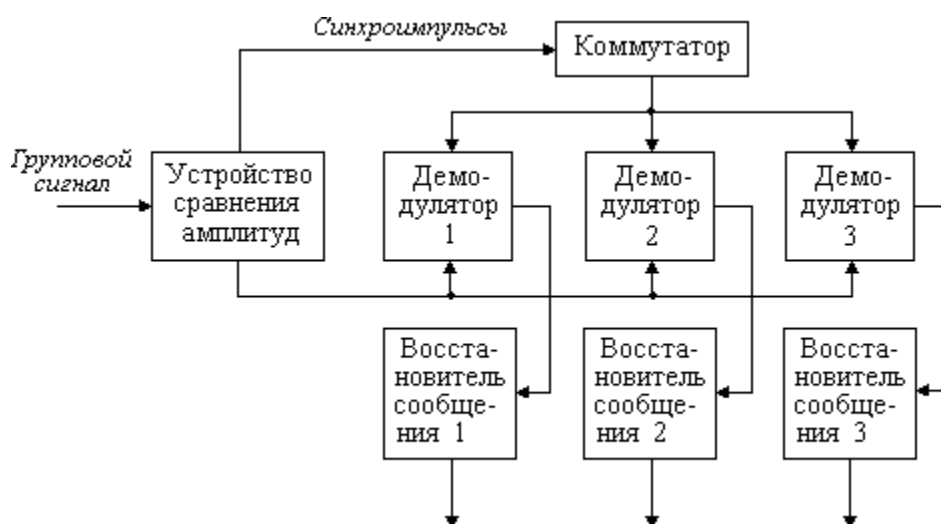


Рис.9.Схема приемной части лабораторной установки

Сигнал с выхода демодулятора второго канала поступает на восстановитель сообщения, где импульс второго канала преобразуется в сообщение.

Импульсы интервала третьего канала с выхода коммутатора поступают на первый вход демодулятора третьего канала. На второй вход демодулятора поступают импульсы с выхода УСА. На выходе демодулятора третьего канала формируется смещение по времени импульса третьего канала относительно начала интервала третьего канала. Смещение по времени импульса третьего канала относительно начала интервала третьего канала поступает на восстановитель сообщения, где преобразуется в сообщение третьего канала.

Для проведения необходимых исследований системы, выходные

сигналы всех каналов, а также тактовые импульсы можно наблюдать с помощью осциллографа.

4.1.Рекомендации к работе с компьютерной программой

Компьютерный лабораторный стенд состоит из трех частей: принципиальных схем формирующей и приемной частей системы, выполненных с помощью программы Electronics Workbench 5.12, и сопроводительного текста с рисунками, содержащего необходимые для выполнения лабораторной работы разделы.

Студенту, выполняющему данную лабораторную работу, разрешается использовать далеко не все возможности программы ElectronicsWorkbench5.12, а только те, которые необходимы и достаточны для достижения цели работы. Так, студенту запрещается:

- изменять конфигурацию принципиальных электрических схем;
- изменять виды и типы содержащихся в схеме элементов, добавлять новые и исключать имеющиеся;
- использовать измерительные приборы, не указанные в тексте лабораторной работы;
- вводить в память компьютера выполненные изменения в схемах.

При выполнении данной лабораторной работы студент должен руководствоваться указаниями, содержащимися в данном документе и выводимыми на экран монитора программой.

Для работы с программой студент должен использовать три кнопки, расположенные в самой нижней строке рабочего поля: “Схемы”, “Теория” и “Ход”. Кнопка “Схемы” позволяет открыть ElectronicsWorkbench и затем выбрать и открыть указанным далее путем одну из двух схем исследуемой системы. Кнопка “Теория” открывает раздел “Основные теоретические положения”. Кнопка “Ход” открывает раздел “Порядок выполнения работы”, изложенный более подробно, чем в данных методических указаниях.

Указанные кнопки позволяют студенту свободно переходить необходимое число раз от исследуемой схемы к текстовому документу и обратно нажатием соответствующей кнопки.

После окончания исследования системы студент должен закрыть все файлы с помощью значка “Х”, а на вопрос программы “Сохранить изменения в файле?” ответить “Нет”.

Некоторые указания к работе со схемными файлами

Чтобы подключить провод к точке схемы или прибора, нужно навести указатель мыши (далее – УМ) на эту точку и подождать до появления жирной точки; затем нажать левую кнопку мыши и тянуть провод к другой точке подключения. Когда там появится жирная точка, кнопку мыши можно

отпустить,- провод закреплен. Если же кнопку мыши отпустить до появления жирной точки, провод исчезнет.

Для включения лабораторного стенда нужно УМ навести на цифру 1выключателя,расположенного в правом верхнем углу экрана, и нажать левую кнопку мыши.

Если осциллограф открылся в виде малой панели, то ее необходимо “развернуть” до большой, нажав кнопку “Expand”.

Чтобы переключить провод, нужно навести УМ на точку, с которой его нужно отключить, подождать до появления жирной точки; затем нажать левую кнопку мыши и тянуть провод к другой точке подключения. Когда там появится жирная точка, кнопку можно отпускать ,-провод закреплен.

Чтобы измерить длительность импульса на экране осциллографа, нужно “захватить” УМ-ом красную визирную линейку (за ее верхний конец) и, удерживая кнопку мыши нажатой, переместить визир на начало импульса; затем точно так же переместить синий визир на конец импульса. Длительность импульса отобразится в верхней строчке третьего окошка (расположенного под полосой прокрутки).

При исследовании схемы приемной части системы осциллограммы будут прорисовываться очень медленно. Это объясняется тем, что в этом случае программе EWB приходится обсчитывать гораздо большее количество элементов по сравнению с передающей частью.

На вопрос “Сохранить изменения в схеме?” всегда следует отвечать “Нет!”.

4.2.Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со структурными схемами передающей и приёмной частей лабораторного стенда.
2. Ознакомиться по структурной схеме с расположением блоков в лабораторной установке и назначением всех органов управления.
3. Закрыть окно «теория».
4. В главном меню нажать кнопку«исследование формирования сигналов».
5. Подключить первый канал осциллографа к контрольному гнезду[gn1] (синхроимпульсы).Второй канал осциллографа подключить к контрольному гнезду [gn2] (интервал первого канала)
6. Включить лабораторный стенд.
7. Вызвать панель осциллографа (двойным щелчком на его пиктограмме) и подождать, пока на экране пройдут два-три кадра, затем выключить лабораторный стенд.
8. На панели осциллографа есть полоса прокрутки. С её помощью можно передвинуть сигнал так, чтобы на экране оказался целый кадр. Зарисовать осциллограммы синхроимпульсов и интервала первого канала с соблюдением масштаба.
9. Закрыть панель осциллографа (нажать крестик в правом верхнем углу панели).
10. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn3] (интервал второго канала).

11. Повторить действия по пп. 7-10, кроме зарисовки осциллограммы синхроимпульсов. На первом канале осциллографа остался подключенным сигнал синхроимпульсов. Это нужно для того, чтобы видеть расположение сигналов второго канала относительно начала кадра.
12. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn4] (интервал третьего канала).
13. Повторить действия по пп. 7-10.
14. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn5] (сигнал первого канала).
15. Включить лабораторный стенд.
16. Выставить любые сообщения в каналах (можно оставить без изменений).
17. Вызвать панель осциллографа и подождать, пока на экране пройдут два-три кадра, затем выключить лабораторный стенд.
18. С помощью полосы прокрутки передвинуть изображение так, чтобы на экране оказался целый кадр. Зарисовать осциллограмму сообщения первого канала, соблюдая масштаб времени.
19. Заккрыть панель осциллографа.
20. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn6] (сигнал второго канала).
21. Повторить действия по пп. 15-19.
22. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn7] (сигнал третьего канала).
23. Повторить действия по пп. 15-19.
24. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn8] (групповой сигнал), а первый канал на [gn4] (интервал третьего канала).
25. Включить лабораторный стенд, выставить сообщения «1» в каждом канале.
26. Вызвать панель осциллографа и подождать, пока на экране пройдут два-три кадра, затем выключить лабораторный стенд.
27. С помощью полосы прокрутки передвинуть сигнал так, чтобы на экране оказался целый кадр. Зарисовать осциллограмму группового сигнала, соблюдая масштаб времени. Измерить длительности сигналов каждого канала и занести данные в табл.1. Для первого и второго каналов измеряется длительность соответствующего импульса, а у третьего канала модулируемой величиной является смещение по времени относительно начала интервала, поэтому измерять необходимо именно его.

Таблица 1.

Вид сообщения	Канал		
	1	2	3
1			

28. Заккрыть панель осциллографа.

29. Включить лабораторный стенд, выставить сообщения «2» в каждом канале.
30. Повторить действия по пп.26-28.
31. Включить лабораторный стенд, выставить сообщения «3» в каждом канале.
32. Повторить действия по пп.26-28.
33. Заккрыть лабораторный стенд.
34. В главном меню нажать кнопку «исследование передачи информации».
35. Подключить второй канал осциллографа к контрольному гнезду [gn_1] (демодулированный сигнал первого канала). Первый канал осциллографа оставить подключенным к групповому сигналу для определения расположения импульсов относительно кадра на втором канале осциллографа.
36. Включить лабораторный стенд, выставить любые сообщения в каждом канале
37. Вызвать панель осциллографа и подождать, пока на экране пройдут два-три кадра, затем выключить лабораторный стенд.
38. С помощью полосы прокрутки передвинуть сигнал так, чтобы на экране оказался целый кадр. Зарисовать осциллограмму демодулированного сигнала.
39. Заккрыть панель осциллографа
40. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn_2] (демодулированный сигнал второго канала).
41. Повторить действия по п.36-39.
42. Переключить второй канал осциллографа на контрольное гнездо [gn_3] (смещение по времени третьего канала относительно начала интервала).
43. Повторить действия по пп.36-39.
44. Заккрыть лабораторный стенд.

Литература:[1],с.39...44.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

(Компьютерный вариант)

1. Цель работы

Выполнение компьютерного моделирования основных узлов системы передачи информации и измерение их параметров.

2. Описание компьютерного лабораторного стенда

Компьютерный лабораторный стенд состоит из двух частей: функциональной схемы приемо-передающей системы, выполненной с помощью программы ElectronicsWorkbench 5.12, и сопроводительного текста с рисунками, содержащего необходимые для выполнения лабораторной работы разделы. Как известно, программа Electronics Workbench 5.12 позволяет производить перестройку исследуемой схемы, изменение параметров содержащихся в ней элементов, подключение к различным точкам схемы различных измерительных приборов (из комплекта имеющихся в программе) ит.д.

Студенту, выполняющему данную лабораторную работу, разрешается использовать далеко не все возможности программы ElectronicsWorkbench 5.12, а только те, которые необходимы и достаточны для достижения цели работы. Так, студенту запрещается:

- изменять конфигурацию принципиальной электрической схемы системы;
- изменять виды и типы содержащихся в схеме элементов, добавлять новые и исключать имеющиеся;
- использовать измерительные приборы, неуказанные в тексте лабораторной работы;
- устанавливать значения величин элементов без согласования с преподавателем.
- вводить в память компьютера выполненные изменения в схемах.

3. Основные теоретические положения

Для ознакомления с основными принципами построения приемо-передающих устройств системы передачи информации рассмотрим демонстрационную модель одного из таких устройств, показанную на рис.10. В схеме использованы следующие подсхемы (субблоки): генератор несущей частоты, амплитудный модулятор, А - зажим антенны, аттенюатор, имитирующий потери в антенне и входном устройстве приемника, приемник.

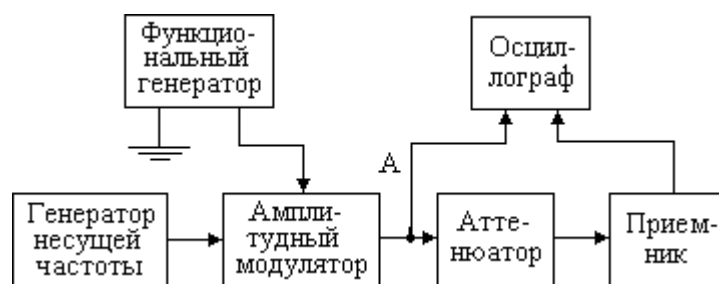


Рис.10. Модель приемо-передающего устройства системы передачи информации

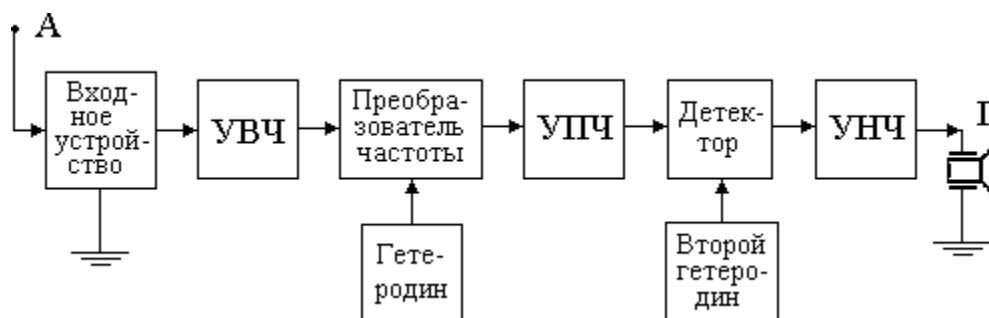


Рис.11. Блок-схема радиоприемника

Блок-схема типового супергетеродинного радиоприемника показана на рис.11, на котором обозначено:

А - антенна, входное устройство, усилитель высокой частоты, преобразователь частоты, гетеродин, усилитель промежуточной частоты, детектор, второй гетеродин, усилитель низкой частоты, Г - громкоговоритель. Отметим, что второй гетеродин используется только в профессиональных приемниках для слухового телеграфного приема, в радиовещательных приемниках он обычно не используется.

Схема генератора несущей в развернутом виде показана на рис.12. Это схема с мостом Вина, на частоту 3,3 кГц. Такая частота относится к диапазону звуковых частот и, конечно, в радиопередатчиках не используется, но здесь речь идет о принципе работы и при необходимости повышения частоты в разумных пределах особенных проблем не возникает.

Схема модулятора показана на рис.13. Он выполнен на ОУ, в цепь ООС которого включен собственно модулирующий элемент - полевой транзистор VT в режиме регулируемого сопротивления. Напряжение генератора поступает на неинвертирующий вход ОУ, а модулирующее напряжение - на затвор полевого транзистора, режим которого по постоянному току задается постоянной составляющей напряжения на выходе функционального генератора (рис.14). На выходе модулятора получаем амплитудно-модулированное колебание.

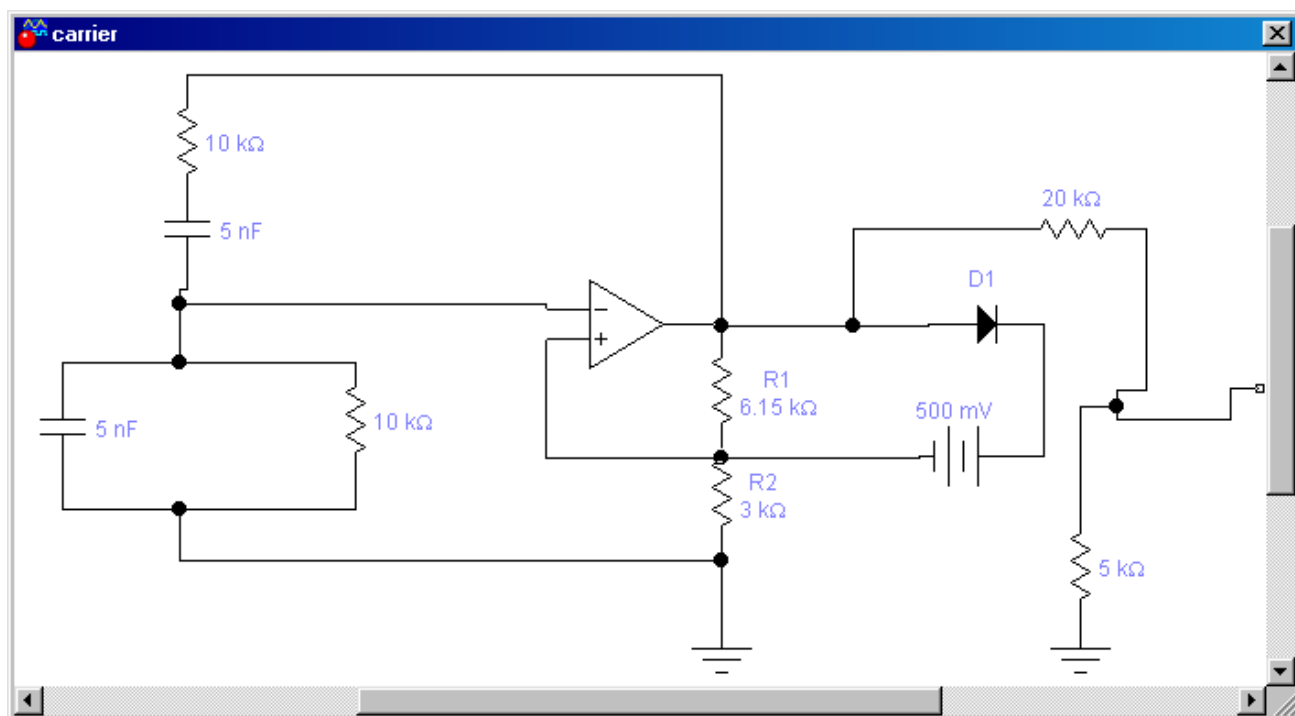


Рис.12.Схема генератора несущей

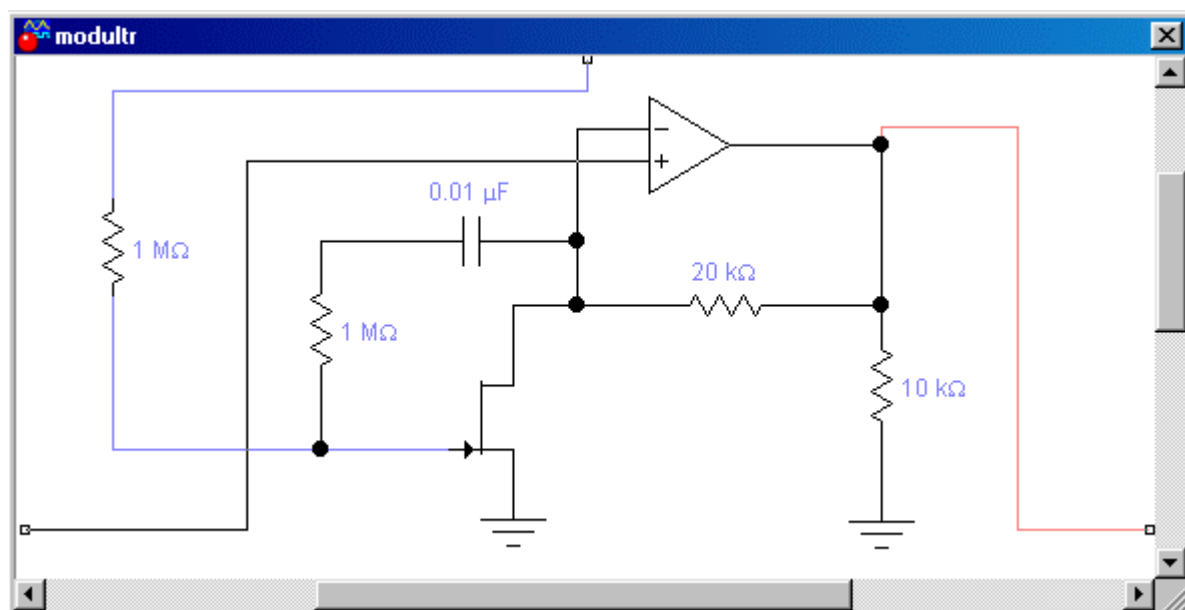


Рис.13.Схема амплитудного модулятора

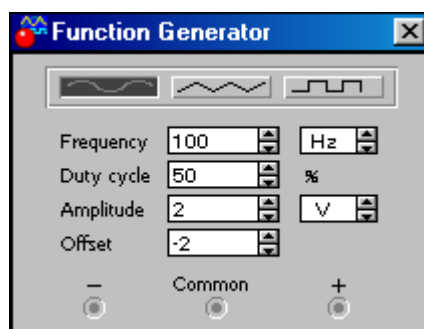


Рис.14.Лицевая панель функционального генератора

Аттенюатор представляет собой делитель на двух резисторах 10 и 1 Ом и обеспечивает ослабление в 11 раз (примерно на 21 дБ). Схема его настолько очевидна, что не имеет смысла приводить ее здесь.

Схема приемника в целом показана на рис.15. Он содержит усилитель амплитудно-модулированных колебаний (в реальных приемниках его называют усилителем радиочастоты или усилителем высокой частоты) на ОУ с коэффициентом усиления $1+R2/R1 = 11$ и две подсхемы: detector - детектор (рис.16) и lopsfltr - фильтр. Как видно из рис.16, детектор представляет собой простой однополупериодный выпрямитель.

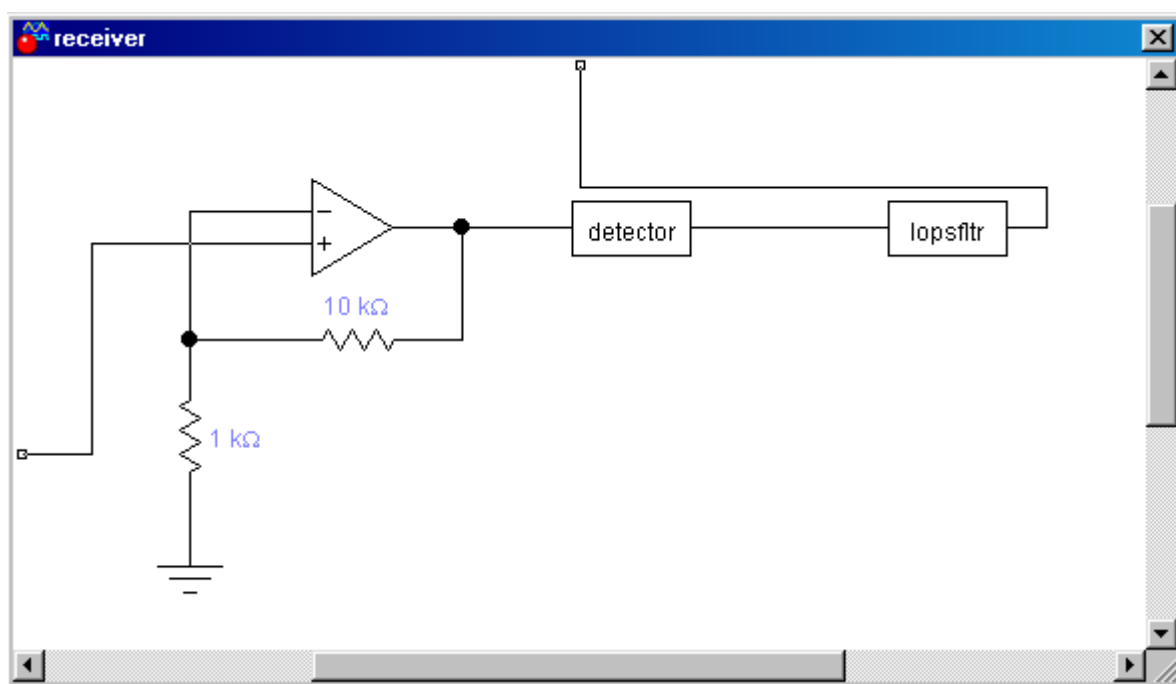


Рис.15.Принципиальная схема приемника

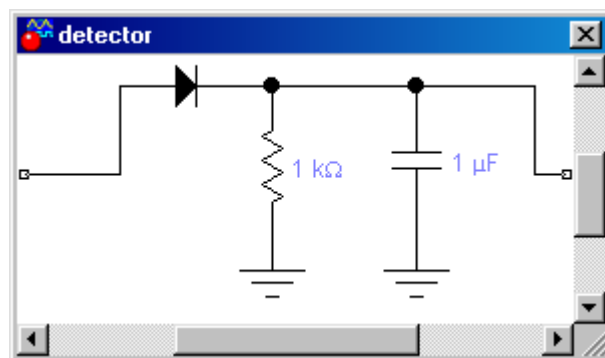


Рис.16.Схема детектора

Фильтр представляет собой активный фильтр высокой частоты на ОУ. На частоте модуляции (100 Гц) коэффициент передачи равен 1,2, в то время как для частоты несущей (3,3 кГц) он существенно меньше. На выходе фильтра получаем сигнал, переданный с помощью приемопередающей системы (рис.10). Таким образом, в результате моделирования достаточно наглядно продемонстрированы основные принципы приемно-передающего устройства системы передачи информации. Перейдем к детальному исследованию основных узлов системы передачи информации (модуляторов и демодуляторов), обеспечивающих, в основном, требуемое качество передачи информации, особенно при передаче аналоговым методом.

Модуляторы

Модуляторы—это узлы, «вводящие» информацию в излучаемый сигнал.

Начнем с наиболее простой модуляции-амплитудной. Модуляция по амплитуде сводится к перемножению модулирующего и модулируемого сигналов.

Схема амплитудного модулятора показана на рис.17. Она содержит двухвходовый суммирующий усилитель на ОУ, к одному входу которого подключен источник постоянного напряжения E_0 , к другому- источник модулирующего напряжения $Y'(t)$ (амплитудой $Y_m=1,42В$).

Поскольку коэффициент усиления по каждому входу $R_3/R_1 = 1$, на выходе усилителя формируется сигнал

$$Y(t) = E_0 + Y'(t) = E_0 + Y_m \cos \omega t,$$

который поступает на Y -вход перемножителя M с коэффициентом передачи 1. На X -вход перемножителя подается сигнал несущей $X(t)$ с амплитудой $X=5,66В$.

При указанных на рис.17 значениях параметров расчетные значения $M=1,42/4=0,35$; $E_m=4 \times 5,66=22,64$.

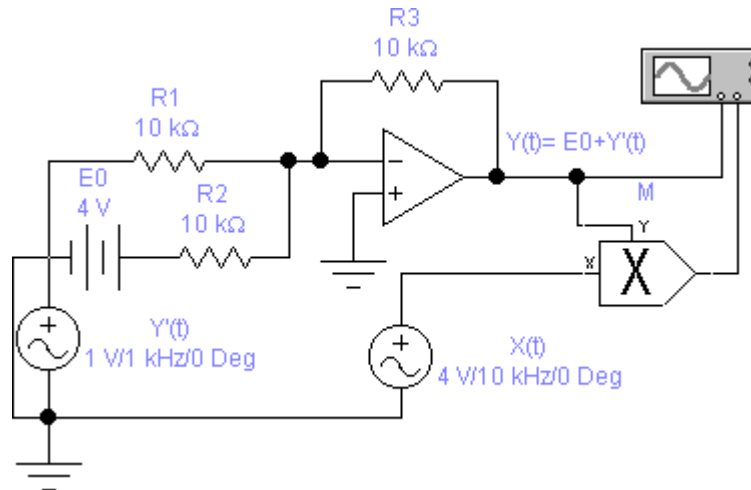


Рис.17.Схема формирователя амплитудно-модулированного сигнала

Другим распространенным типом модуляции является угловая. Такое название является общим для частотной и фазовой модуляции. Связь между ними формулируется следующим образом: изменение частоты во времени по закону эквивалентно изменению полной фазы по закону интеграла, а изменение полной фазы по закону эквивалентно изменению частоты по закону производной. Это положение, являющееся основным в теории угловой модуляции, определяет связь между изменениями частоты и фазы и указывает на общность, существующую между двумя разновидностями угловой модуляции – модуляцией частоты (ЧМ) и модуляцией фазы (ФМ).

Схема фазового модулятора показана на рис.18. Она содержит функциональный генератор в качестве источника модулирующего сигнала, источник напряжения U_i несущей и фазовращатель на ОУ1 с полевым транзистором VT в режиме управляемого сопротивления. Канал В осциллографа подключен к выходу ОУ1, а канал А — к источнику несущей для возможности наблюдения эффекта модуляции.

Анализ фазового модулятора, представляющего собой систему с переменными параметрами, является достаточно сложной математической задачей. Поэтому в лабораторной работе ограничимся рассмотрением статического режима, заменив сопротивление полевого транзистора VT сопротивлением R.

По сравнению с обычной RC-цепью, рассматриваемый фазовращатель обеспечивает возможность получения фазового сдвига в диапазоне от 0 до 180° . Поскольку сопротивление R (сопротивление полевого транзистора) изменяется под действием модулирующего сигнала, факт фазовой модуляции подтверждается осциллографическими измерениями на рис.19, откуда видно, что максимальный временной сдвиг колебаний на входе и выходе модулятора равен $T_2 - T_1 = 0,038 \text{ мс}$.

Поскольку период несущей составляет 0,1 мс, этот временной сдвиг эквивалентен фазовому сдвигу $136,8^\circ$

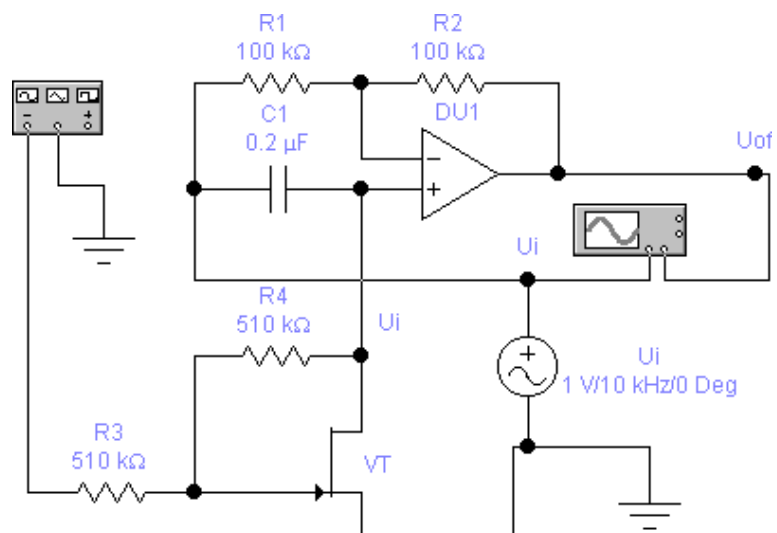


Рис.18.Схема фазового модулятора

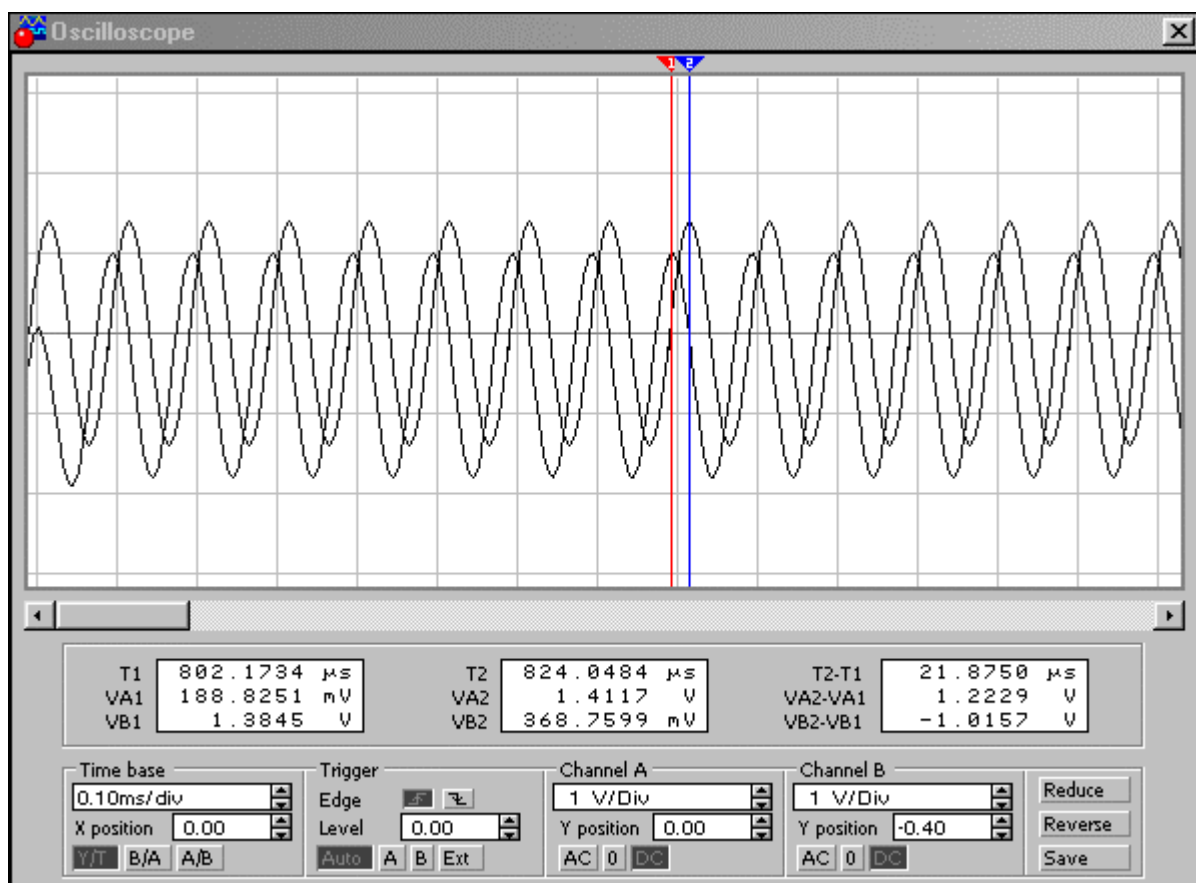


Рис.19.Осциллограммы сигналов на входе(А) и выходе (В) модулятора

Детектор частотно-модулированных сигналов

Детекторы предназначены для выделения информации из принимаемого сигнала. Частотный детектор (ЧД) - это устройство, выходное напряжение которого является функцией частоты входного сигнала. Частотные детекторы используются при радиоприеме ЧМ-сигналов и в устройствах автоматической подстройки частоты в разнообразных радиоэлектронных устройствах.

Основной характеристикой ЧД является его передаточная характеристика, которая показывает зависимость постоянного выходного напряжения U_o от частоты входного сигнала F_i . Чувствительность частотного детектора определяется крутизной его характеристики

$S = \Delta U_o / \Delta F_i$, где ΔU_o , ΔF_i - приращения выходного напряжения и частоты входного сигнала. Принцип работы большинства ЧД основан на преобразовании частотно-модулированного напряжения в амплитудно-частотно-модулированное с последующим амплитудным детектированием. В качестве преобразователя частотно-модулированного напряжения в амплитудно-частотно-модулированное используется любая линейная система, коэффициент передачи которой зависит от частоты. Поскольку выходное напряжение таких детекторов зависит не только от частоты, но и от амплитуды входного напряжения, их иногда называют также частотно-амплитудными детекторами. Если требуется устранить влияние амплитуды входного напряжения, перед такими детекторами включается амплитудный ограничитель.

Наиболее простой схемой ЧД является схема с одиночным контуром (рис.20).

Она содержит параллельный колебательный контур на элементах L , C , на вход которого через резистор 30 кОм и переключатель Z входной сигнал может подаваться или от функционального генератора (режим измерения АЧХ и ФЧХ) или от источника фазомодулированных колебаний FM (режим детектирования). Сигнал с выхода колебательного контура через усилитель на ОУ с коэффициентом усиления $1 + R_2/R_1 = 2$ подается на входы осциллографа и измерителя АЧХ-ФЧХ, а также на вход субблока receiver, на выходе которого формируется модулирующее (низкочастотное) колебание (в данном случае частотой 100 Гц), его можно наблюдать на экране осциллографа после подключения канала В к выходу субблока с помощью переключателя Х.

Основная идея схемы преобразовательной части детектора может быть пояснена с помощью АЧХ колебательного контура (рис.21). Рабочая точка ЧД может быть выбрана как на правом, так и на левом скате АЧХ контура. Как видно из рис.21, левый скат более крутой, поэтому рабочая точка (2,53 кГц), отмеченная визирной линией, выбрана на нем.

Как указывалось выше, модуляция фазы с индексом модуляции $\Phi=5$ вызывает девиацию частоты.

$$\Delta F = \Phi \Omega = 5 \cdot 100 = 500 \text{ Гц.}$$

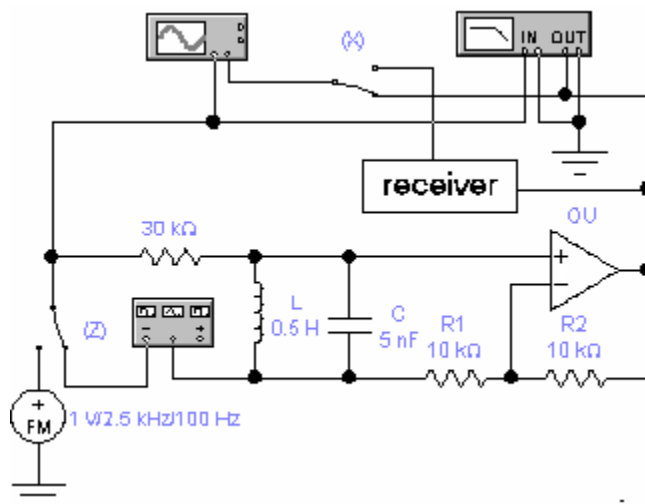


Рис.20. Схема частотного детектора с одиночным колебательным контуром

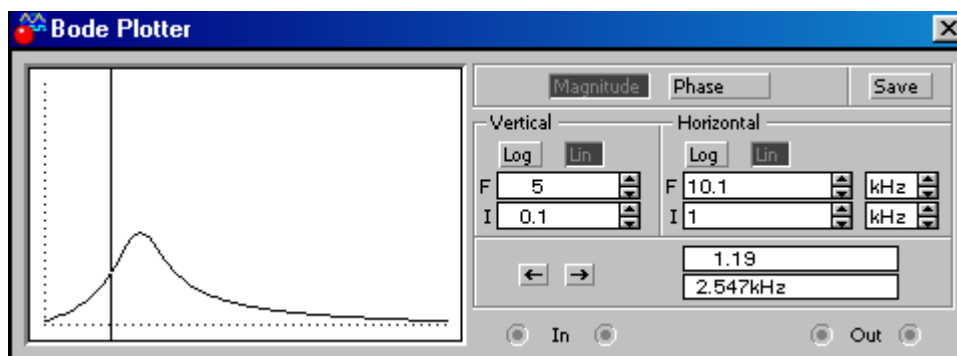


Рис.21. АЧХ частотного детектора с одиночным колебательным контуром

Для проверки этих данных обратимся к результатам осциллографических измерений, представленных на рис.13, откуда видно, что максимальное значение частоты составляет $1/[(T_2 - T_1)/2] = 2/6,73 - 10^{-4} = 2985$ Гц, т.е. отклонение от средней частоты составляет 485 Гц, что приблизительно равно расчетному значению DF. Переставив визирные линии на осциллограмме в область минимальной частоты, можно убедиться, что она равна около 2000 Гц, т.е. и в этом случае отклонение близко к расчетному значению DF.

Перейдем к анализу коэффициента передачи детектора. Для этого найдем крутизну левого ската резонансной кривой на рис.22 в диапазоне частот 2000 - 2985 Гц. Пользуясь визирной линейкой, находим, что коэффициент передачи на частоте 2000 Гц составляет 0,65, а на частоте 2985 Гц - 1,7, т. е. средняя крутизна резонансной кривой в указанном диапазоне частот составляет $1,05 \cdot 10^{-3} - 1/\text{Гц}$. Учитывая, что амплитуда ФМ - сигнала составляет 1 В, эта крутизна в единицах напряжения составит $S = 1,05 \cdot 10^{-3}$ В/Гц, т.е. размах (двойная амплитуда) огибающей амплитудно-частотно-модулированного сигнала составит $S \cdot 2 \Delta F = 1,05 \cdot 10^{-3} \cdot 985 = 1,034$ В. Рассмотрим

результаты моделирования, представленные на рис. 23, откуда видно что удвоенная амплитуда огибающей амплитудно-частотно-модулированного сигнала равна $V_{B2}-V_{B1}=1,09163V$, что достаточно близко к расчетному значению.

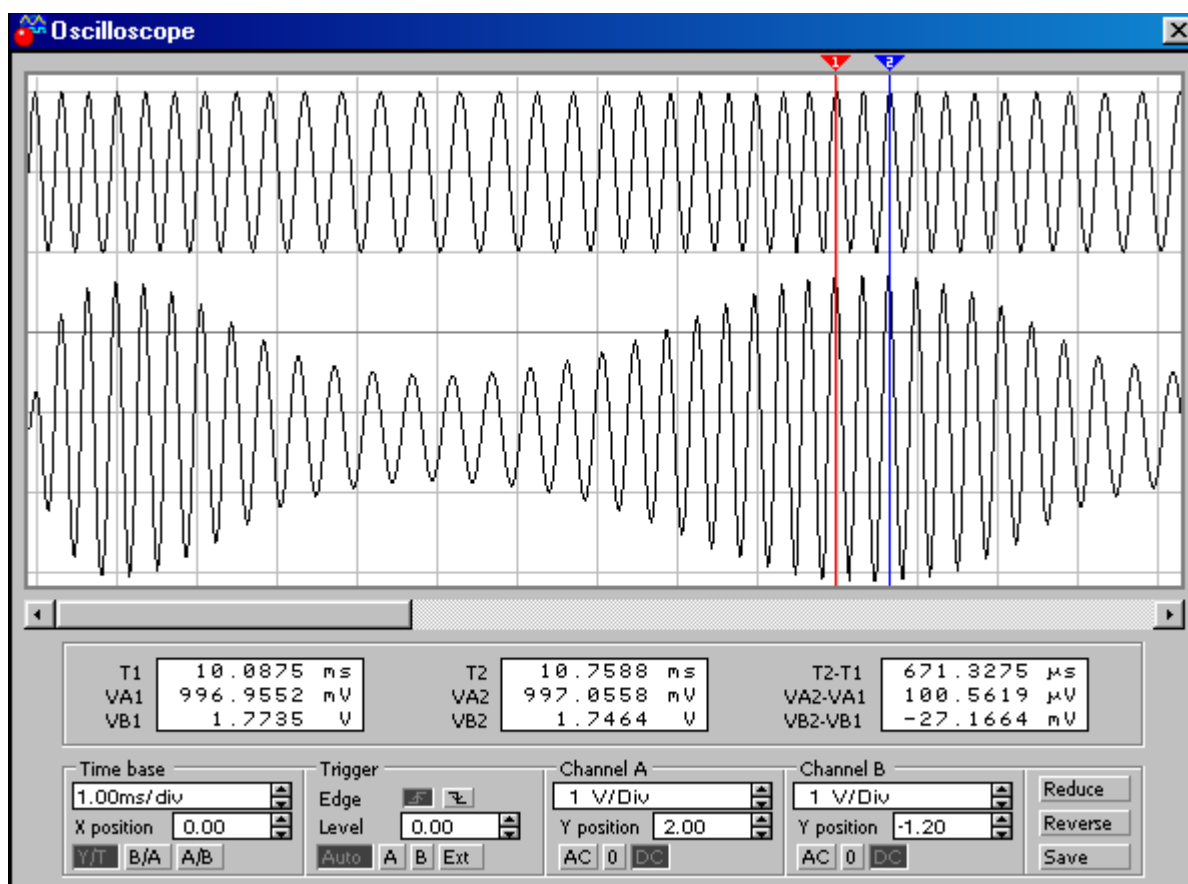


Рис.22.Осциллограммы фазомодулированного (А) И амплитудно-частотно-модулированного (В) сигналов

Недостатком рассмотренного детектора является сравнительно большие нелинейные искажения. Расчеты показывают, что коэффициент второй гармоники для этого детектора равен около 19%, а третьей — 3,6%. Для уменьшения нелинейных искажений можно увеличивать затухание контура, однако это приводит к существенному уменьшению крутизны характеристики детектора, т.е.к уменьшению напряжения на его выходе.

Более высокими показателями по нелинейным искажениям обладают балансный детектор с двумя взаимно расстроенными контурами и детектор со связанными контурами, а также так называемый дробный детектор, который отличается от первых двух схемой построения выпрямительной части, обеспечивающей минимальную зависимость выходного сигнала от изменений амплитуды входного.

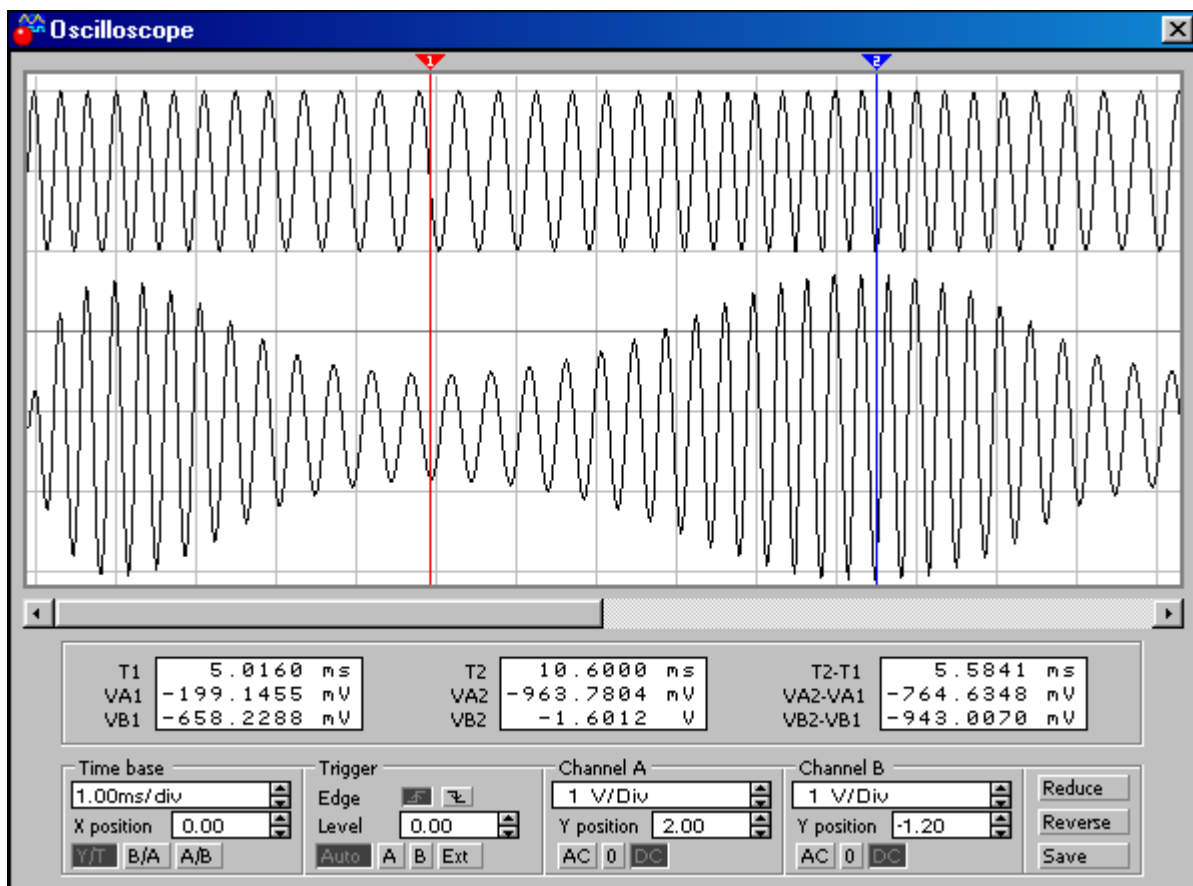


Рис.23. Осциллограммы сигналов ЧД для режима измерения размаха огибающей амплитудно-частотно-модулированного колебания

3. Порядок выполнения работы

1. Открыть папку СПИ.
2. В открывшейся папке СПИ, открыть папку СПИ 1. Прочитать внимательно текст, ознакомиться со схемами. Записать в отчет (с пояснениями) все формулы, зарисовать рис.311. Закрыть папку СПИ1.
3. Нажать кнопку "Пуск" в нижнем левом углу экрана. В открывшемся меню Windows пройти указателем мыши последовательно путь "Программы → ElectronicsWorkbench → "ElectronicsWorkbench" и открыть программу "Electronics Workbench".
4. Откроется рабочий стол "ElectronicsWorkbench"; в папке "Circuit" открыть файл "am-mod.ewb". Установить размер схемы "80%". Ознакомиться с этой схемой, зарисовать ее. Записать величины элементов схемы и параметры модулирующего и модулируемого сигналов.

5. Навести указатель мыши (далее –УМ) на изображение осциллографа и дважды щелкнуть левой кнопкой, - изображение осциллографа увеличится и займет неопределенное место на столе. Зацепить осциллограф мышкой в любой точке верхней строки и передвинуть на удобное место. Если щелкнуть по кнопке "Expand", изображение осциллографа займет почти весь стол.

6. Щелкнуть левой кнопкой мыши по цифре 1 на изображении переключателя, находящегося в правом верхнем углу рабочего стола, подав тем самым питание на собранную схему. Через несколько секунд на экране осциллографа появится изображение колебаний.

7. Для измерения параметров колебаний установить органы управления осциллографа в оптимальные положения, а именно: 1) переключатель периода развертки луча (Timebase) – в положение, при котором на экране будут наблюдаться одновременно 2-3 периода модулирующего сигнала; 2) переключатель уровня сигнала (Channel A) - в положение, при котором изображение модулирующего сигнала будет занимать 2 –3 клетки масштабной сетки в верхней части экрана; переключатель Channel B – в положение, при котором изображение модулированного сигнала будет занимать 3 –4 клетки в нижней части экрана. (Для остановки движущегося изображения сигналов щелкнуть мышью по кнопке "Pause", расположенной под выключателем питания. Эту операцию повторить несколько раз, добиваясь наилучшего расположения осциллограммы на экране. (Изменение положения осциллограммы по горизонтали и по вертикали относительно масштабной сетки осуществляется с помощью маленьких сдвоенных кнопок, расположенных под соответствующими переключателями).

8. Произвести измерения длительности одного периода модулирующего сигнала и его двойной амплитуды, используя для этого красный и синий визир, имеющиеся на экране осциллографа, показания на правом цифровом индикаторе и установленные на переключателях цены делений. Записать результаты измерений в отчет. Определить частоту колебаний как величину, обратную их периоду. Записать частоту колебаний в отчет.

9. Произвести измерения длительности одного периода модулированного сигнала (для чего существенно уменьшить положение переключателя периода развертки, т.е. растянуть один период на 6 – 8 клеток) и его двойной амплитуды в максимальной и минимальной точках. Записать результаты измерений в отчет. Определить частоту модулированного сигнала и глубину амплитудной модуляции.

10. Сопоставить результаты измерений по пп. 8 и 9 с данными, приведенными в п.2.

11. В папке Circuit (в EWB 5.12), найти в открывшемся меню файл "amdetect"; открыть файл, установить масштаб 80 %. Ознакомиться со схемой, зарисовать ее. Щелкнуть мышью дважды по изображению источника амплитудно-модулированных колебаний, - появится окно "AM Source Properties". Установить в нем параметры модулирующего и модулируемого сигналов такими же, какие они были получены при исследовании амплитудного

модулятора (пп.8и9). Установить величины элементов детектора по указанию преподавателя.

12. Включить схему амплитудного детектора. На экране осциллографа появится изображение амплитудно-модулированного (АМ) сигнала (красного цвета) и выделенного моделирующего сигнала (синего цвета), представляющего собой принятое сообщение.

13. Произвести измерения в амплитудном детекторе по методике, изложенной в пп. 7 – 9. Записать результаты измерений, зарисовать по одному – двум периодам каждого сигнала.

14. Косвенно оценить частотные искажения сообщения детектором, для чего: "наложить" сигнал сообщения на АМ сигнал, измерить максимальную величину "просвета" между сообщением (синий сигнал) и АМ сигналом (красный сигнал), зарисовать и записать.

15. В папке Circuit найти файл “fm-mod”, открыть его. По указаниям преподавателя установить величины элементов схемы модулятора и выполнить измерения. Результаты записать и зарисовать. Заккрыть файл.

16. В папке Circuit найти файл “fm-det”, открыть его. По указаниям преподавателя установить величины элементов схемы модулятора и выполнить измерения. Результаты записать и зарисовать. Заккрыть файл.

17. Составить отчет по лабораторной работе.

Литература:[1],с.5...15.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ С ИКМ (компьютерный вариант)

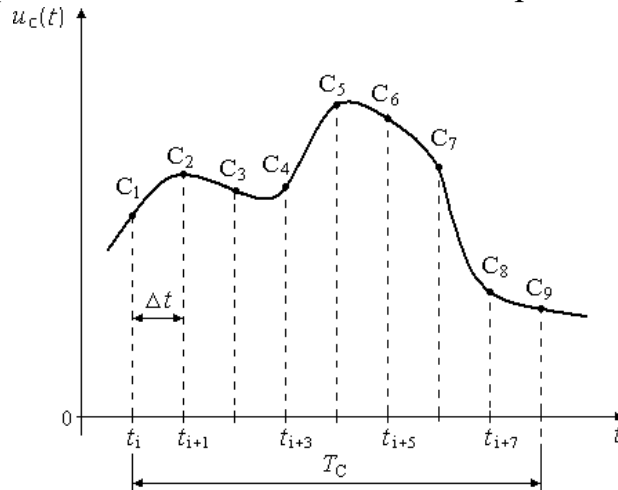
1. Цель работы

Изучение принципов преобразования непрерывных сигналов в цифровые в системах передачи информации с импульсно-кодовой модуляцией

2. Основные теоретические положения

Возможность передачи непрерывных сообщений по дискретным каналам связи базируется на теореме В.А.Котельникова, в соответствии с которой любую непрерывную функцию со спектром, ограниченным полосой частот от нуля до F_B , можно однозначно определить последовательностью ее мгновенных значений, взятых через интервал времени $\Delta t = 1/(2F_B)$.

Процесс представления непрерывного сообщения $u_c(t)$, заданного на интервале $0-T_c$ совокупностью координат $C_1, C_2, \dots, C_n$, называется дискретизацией по времени. Промежуток времени Δt между отдельными отсчетами называется интервалом дискретизации. Если интервал дискретизации постоянный, то представление называется регулярным



(рис.24).

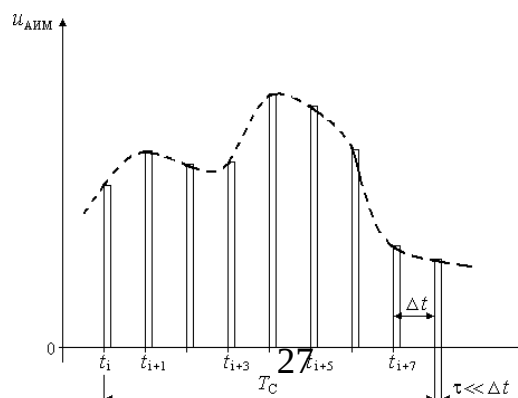
Рис.24. Дискретизация непрерывного сообщения по времени

При представлении сообщений регулярными отсчетами основным является выбор той минимальной частоты дискретизации $F_d = 1 / \Delta t$, при которой еще имеется принципиальная возможность восстановления непрерывного сообщения с заданной погрешностью. Именно эту минимальную частоту дискретизации и указывает теорема Котельникова.

При практическом решении задачи частоту дискретизации определяют, учитывая свойства исходных сообщений, способы восстановления их на приемной стороне и требуемую точность восстановления.

Дискретизация сообщений по времени осуществляется с помощью ключевого устройства, управляемого очень узкими импульсами, длительность которых много меньше интервала дискретизации Δt . На выходе ключевого устройства получаем импульсный сигнал, модулированный по амплитуде (рис.25), который, в принципе, уже можно передавать по каналу связи, что и делается в системах передачи информации с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ).

Рис.25. Преобразование непрерывного сообщения в сигнал АИМ



Как видно из рис. 25, в результате дискретизации непрерывного сообщения по времени из рассмотрения исключается множество его мгновенных значений, находящихся в промежутках между моментами отсчета. Несмотря на это, при правильно выбранном интервале дискретизации Δt (т.е. в соответствии с теоремой Котельникова) передаваемое с помощью системы АИМ непрерывное сообщение может быть достаточно точно восстановлено на приемной стороне.

Для передачи непрерывного сообщения по цифровому каналу связи его подвергают второму преобразованию – квантованию по уровню. При квантовании сообщения по уровню все возможные значения в отсчетные моменты времени представляются некоторым конечным числом уровней n . При этом передаваемый по каналу связи цифровой сигнал представляет собой последовательность номеров, полученных в процессе квантования уровней сигнала в двоичном коде (рис.26).

В настоящее время операции дискретизации сообщений по времени и квантования по уровню производятся, как правило, одновременно, с помощью специальных БИС.

Нужно уточнить, что при квантовании сообщений по уровню их значения в моменты временных отсчетов отображаются уровнями квантования, ближайшими к истинным значениям сообщений. Т.е. при квантовании происходит округление мгновенной амплитуды каждого импульса в момент отсчета до значения ближайшего из двух соседних уровней квантования.

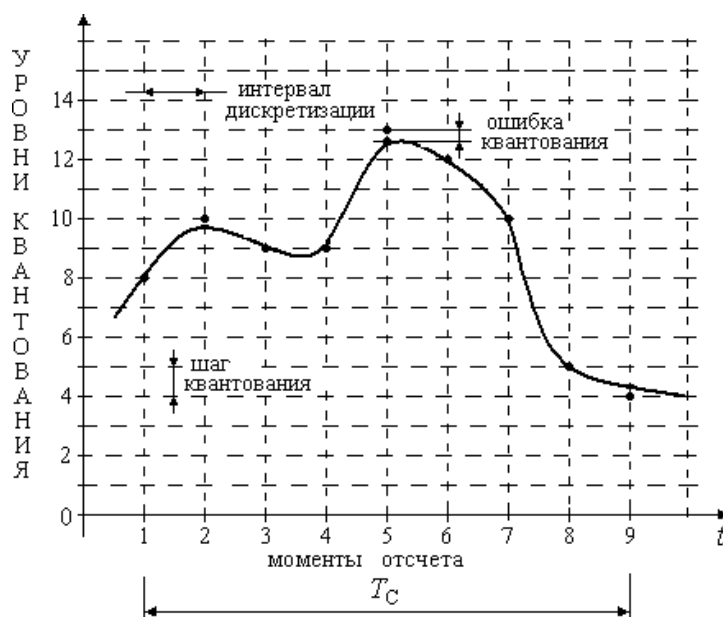


Рис.26. Дискретизация и квантование непрерывного сообщения

Разность между исходным (аналоговым) и квантованным (цифровым) сигналами представляет собой ошибку квантования $\Delta_{\text{кв}}$ (рис.26). Следовательно, ошибка квантования появляется в результате замены истинного значения сообщения его разрешенным уровнем.

Максимальная величина ошибки квантования равна половине величины шага квантования.

Примером цифровых систем передачи непрерывных сообщений являются системы с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Система с ИКМ образуется в результате преобразования импульсного сигнала на выходе квантователя уровня в цифровую (кодовую) комбинацию, содержащую последовательность получаемых при каждом отсчете непрерывного сообщения номеров уровней квантования, выраженных в двоичном коде.

Структурная схема одноканальной системы передачи сообщений с ИКМ показана на рис.27. В отличие от непрерывного канала передачи, в такой системе на передающей стороне содержатся устройства, необходимые для преобразования непрерывного сообщения в цифровую форму, в совокупности, называемые аналого-цифровым преобразователем. А на приемной стороне содержатся устройства, осуществляющие преобразование кодовых комбинаций в амплитудно-модулированную импульсную последовательность и затем – с помощью фильтра – в восстановленное (с некоторой погрешностью) непрерывное сообщение.

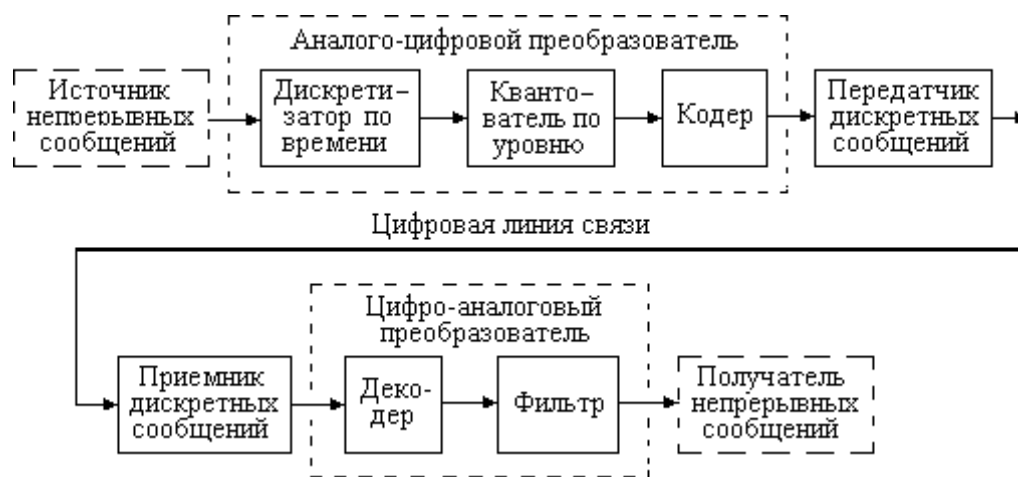


Рис.27. Структурная схема одноканальной системы с ИКМ

3. Описание компьютерного лабораторного стенда

Компьютерный лабораторный стенд создан с помощью системы программирования Delphi 5.

Выполняя лабораторную работу, студент должен последовательно

пройти на стенде четыре раздела. Сначала подробно ознакомиться с теоретическими положениями, относящимися к построению систем передачи с импульсно-кодовой модуляцией. Затем пройти тестирование по теоретическим положениям, ответив на 10 вопросов с альтернативными ответами. При получении оценки не ниже 3, программа позволит студенту перейти к третьему разделу - исследованию принципов преобразования непрерывного сообщения в сигнал ИКМ и восстановления переданного сообщения. Это исследование выполняется на электронной модели блока преобразований. Завершив исследование, студент переходит к ответу на 10 контрольных вопросов, относящихся к процессам преобразования сообщений в сигналы и обратно.

Лабораторный стенд представляет собой экран монитора компьютера, на котором отображается лицевая панель блока преобразований. На этой панели имеются: а) два больших экрана осциллографа, отображающих входной и выходной сигналы блока; б) пять индикаторов измерительных приборов, отображающих в точках сигнала, указываемых курсором, мгновенные значения амплитуды входного сигнала, десятичные номера уровня квантования, соответствующего отсчету входного сигнала, осциллограммы кодовой комбинации, соответствующей этому номеру уровня квантования; величины ошибки квантования, амплитуду выходного сигнала; в) пять ползунковых регуляторов с соответствующими цифровыми индикаторами, позволяющих выставлять необходимые значения амплитуды и частоты входного сигнала, величину постоянной составляющей входного сигнала, интервал дискретизации входного сигнала по времени и количество уровней квантования входного сигнала; г) четырехкнопочный переключатель для выбора формы входного сигнала; д) включатель питания электронной модели; е) кнопки для переключения режимов “движение сигнала – остановка”, перемещения по экранам курсоров и наложения преобразованного сигнала на входной сигнал.

4. Порядок выполнения работы

Исследование сигнала заданного вида

1. Выбрать из нижеприведенной таблицы по последней цифре вашего шифра вид исследуемого сигнала, его параметры. Записать эти данные в отчет.

Цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вид сигнала	Треугольный	Пилообразный	Трапеция	Полусинусоида	Полусинусоида	Пилообразный	Треугольный	Трапеция	Полусинусоида	Треугольный

Частота следования $F_0, \text{Гц}$	50	70	54	76	58	82	62	90	66	100
Амплитуда сигнала $U, \text{мВ}$	800	700	750	850	950	900	800	950	850	900
Ошибка квантования $\Delta_{\text{кв}}, \%$	3,0	3,3	2,5	2,7	3,6	3,0	2,1	2,5	2,3	3,0

2. Щелкнув мышью на выключателе, включить питание лабораторного

стенда, изображенного на дисплее.

3. Нажав на кнопку с изображением выбранного сигнала, переключить генератор входного сигнала на формирование сигнала выбранной формы.

4. Установить с помощью ползункового регулятора (зацепив ползунок указателем мыши) заданную частоту следования сигнала, ориентируясь на показатели частотомера в блоке генератора. Записать в отчет соответствующую частоте величину периода сигнала T_0 .

5. Установить с помощью ползункового регулятора заданную амплитуду сигнала, ориентируясь на показания соответствующего милливольтметра.

6. Можно, по желанию, добавить к периодическому сигналу постоянную составляющую такой величины, чтобы периодический сигнал располагался по высоте в середине экрана. Но в этом случае квантование сигнала будет производиться с учетом и постоянной составляющей. Записать в отчет ее величину $U = \dots$

7. Используя формулу $n = 100 / (2 * \Delta_{\text{кв}})$, определить по заданной ошибке квантования необходимое количество уровней квантования n , и записать это число в отчет: $n = \dots$

8. Используя формулу $m = (\lg n / \lg 2) + 1$, определить количество бит m (разрядность АЦП), необходимое для оцифровки рассчитанного количества уровней квантования. В случае получения дробного значения для величины m необходимо взять только целую часть числа. Записать в отчет требуемую разрядность АЦП: $m = \dots$

9. Не определяя, с целью упрощения задачи, реальную ширину спектра исследуемого сигнала, принять за его верхнюю частоту F_B десятую гармонику, т.е. $F_B = 10 * F_0$. Рассчитать (вручную), используя формулу $\Delta t = 1 / (2 F_B)$, величину (необходимую и достаточную) интервала дискретизации исследуемого сигнала. Записать в отчет величину $\Delta t = \dots$

10. Установить с помощью соответствующих ползунковых регуляторов в блоках дискретизации и квантования величины Δt и n , контролируя их

значения по цифровым индикаторам, имеющимся в блоках.

Примечание: Если рассчитанная в пункте 7 величина n не является числом ряда 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, то устанавливать регулятором нужно величину, равную ближайшему числу этого ряда.

Записать в отчет установленные значения Δt и n , а также значения частоты дискретизации по времени и битности (разрядности) кодовой комбинации на выходе АЦП, отображаемые соответствующими индикаторами.

11. Теперь, когда исследуемый сигнал полностью сформирован, преобразовывается в дискретную форму, а на экранах осциллографов отображаются исходный сигнал и восстановленный на приемной стороне сигнал, приступать к его исследованию. Для этого нужно понаблюдать несколько минут за осциллограммами, и оценить качество преобразования и восстановления непрерывного сигнала.

12. Нажать указателем мыши на кнопку “Стоп”, чтобы остановить движение сигнала. Зарисовать точно один период восстановленного сигнала. Используя реперные линии (курсоры), которые при движении сигнала обычно находятся на правых краях экранов осциллографов, зафиксировать и записать в отчете результаты измерения пятью приборами стенда в середине склона сигнала, около начала и около конца склона. Смена момента дискретизации управляется с помощью треугольных кнопок, расположенных между экранами осциллографов. Сформировать свои выводы по результатам первого исследования.

13. Уменьшить примерно в 2 раза интервал дискретизации по времени. Понаблюдать за осциллограммами в динамике. Зарисовать и объяснить в отчете произошедшие изменения формы осциллограмм. Вернуться к исходному значению интервала дискретизации.

14. Увеличить в два раза установленное количество уровней квантования. Понаблюдать за осциллограммами в динамике. Объяснить в отчете, почему изменилась (или не изменилась) форма сигнала на правом экране.

15. Повторить п. 14, увеличив количество уровней квантования еще в 2 раза. Вернуться к исходному значению n .

16. Включить отображение восстановленного сигнала на левом экране осциллографа (т.е. на фоне исходного непрерывного сигнала), нажав соответствующую кнопку между экранами. Понаблюдать за осциллограммами в динамике, затем в статике. Обратить особое внимание на взаимные положения в отдельные моменты времени исходного сигнала и начала ступенек от квантования. Зарисовать наиболее интересные фрагменты взаимного расположения сигналов. Объяснить в отчете, почему так происходит.

17. Повторить п. 16 при увеличении и уменьшении в 2 раза сначала только интервала дискретизации Δt , затем - только количества уровней

квантования n . Вернуться к исходным значениям Δt и n .

Исследование сигнала произвольной формы

Внимание! В этом режиме работы генератор стенда позволяет сформировать только один период (отрезок) сигнала произвольной формы, после чего нужно “остановить” формирование, нажав кнопку “Стоп”. Поэтому интервал дискретизации и количество уровней квантования необходимо установить до начала формирования сигнала (так как в режиме “Стоп” все регуляторы параметров не работают!).

1. В начале рекомендуется оставить те же самые значения $\Delta t_{\text{ип}}$, которые исходно использовались в п.1 предыдущего подраздела.

2. Установить в левое крайнее положение ползунок регулятора “амплитуда сигнала” и запустить генерацию, нажав кнопку “Стоп”.

3. Передвигая медленно-быстро на различные расстояния ползунок регулятора “постоянная составляющая” и контролируя изображение на левом

экране осциллографа, сформировать (“нарисовать”) один период сигнала произвольной формы. В момент логического окончания формирования остановить генерацию (нажать кнопку “Стоп”).

4. Оценить качество нарисованного вами сигнала, и качество его дискретизации и квантования (по правому экрану). Включить отображение восстановленного сигнала на левом экране. Зарисовать в отчет сигнал произвольной формы и его восстановленный вид, наложенный на исходный сигнал. Записать в отчет параметры сигнала произвольной формы (U , Δt , n). Определить индикатором десятичного кода уровней квантования номера уровней квантования, которые отобразились на осциллограмме и проставить эти значения на рисунке.

5. Если осталось время, повторить пп.2, 3, 4 с другим нарисованным сигналом, но при измененном в 2 раза значении Δt . Объяснить наблюдаемые осциллограммы.

6. По окончании работы со стендом выключить макет тумблером “Сеть” и закрыть окно стенда, нажав на стрелку сверху тумблера. Затем выполнить контрольный тест, нажав кнопку “Контрольные вопросы” в главном меню лабораторной работы.

Литература:[6].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ С СИГНАЛАМИ УОЛША

(Компьютерный вариант)

1. Цель работы

Ознакомление с принципами формирования сигналов Уолша; методами аппроксимации сигналами Уолша непрерывных периодических сигналов различной формы; применением сигналов Уолша в многоканальных системах передачи информации с разделением каналов по форме.

2. Основные теоретические положения

Как известно, два сигнала, например U и V , называются ортогональными, если их скалярное произведение и взаимная энергия равны нулю:

$$(U, V) = \int U(t) \times V(t) dt = 0.$$

Если в бесконечной системе сигналов, определённых на конечном или бесконечном отрезке времени, любые два сигнала являются ортогональными, то её называют системой взаимно ортогональных функций.

Система сигналов (функций) Уолша представляет собой одну из возможных систем ортонормированных функций.

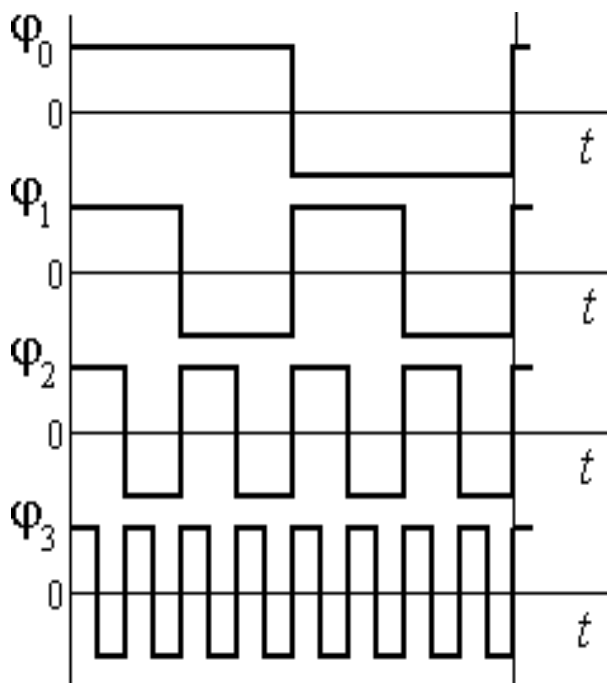
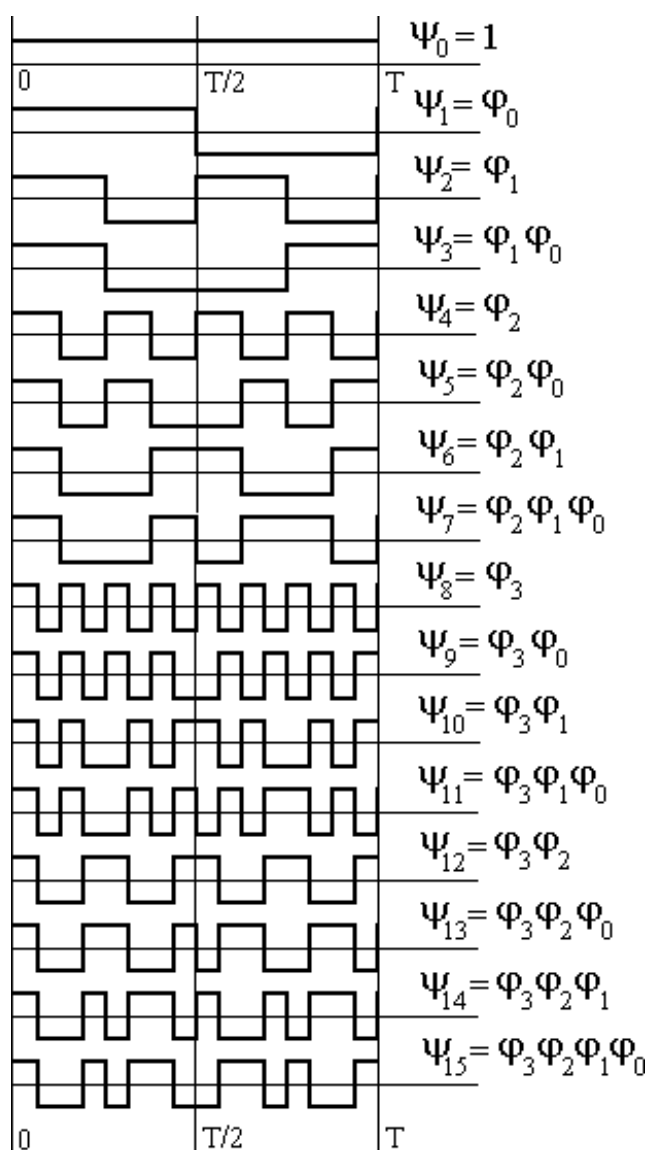


Рис.28. Первые четыре функции Радемахера

Для образования сигналов Уолша обычно используется система периодических сигналов Радемахера, имеющих форму двуполярных прямоугольных импульсов со скважностью, равной 2 (т.е. имеющих вид меандра), период следования которых в каждой последующей функции уменьшается в два раза (рис.28).

При представлении сигналов системой из $N = 2^n$ функций Уолша исходные n функций Радемахера перемножаются по определенному правилу. Правило образования системы функций (сигналов) Уолша путем перемножения степеней функций Радемахера иллюстрируется рис.29.



29. Образование функций Уолша (Ψ) из функций Радемахера (φ)

3. Описание лабораторного стенда

Данная лабораторная работа имеет теоретико-математический характер. Поэтому лабораторный стенд как таковой в ней отсутствует, а все необходимые для выполнения работы объекты отображаются на экране монитора в виде формул и осциллограмм. На экране также отображается последовательно (по этапам и пунктам) порядок выполнения работы, причем более подробно, чем приведенный ниже.

4. Порядок выполнения работы

1. Прочитать раздел 1.

2. Нажатием кнопки “Главная страница” вызвать меню “Этапы выполнения лабораторной работы”, в перечне этапов нажать кнопку “Основные теоретические положения”.

3. Прочитать внимательно 8 страниц более подробного раздела “Основные теоретические положения”, делая необходимые записи и рисунки в конспекте.

4. В перечне этапов нажать кнопку “Эмуляция сигналов Уолша и Радемахера”.

5. Прочитать текст “Программа эмуляции ...”, просмотреть и зарисовать 16 сигналов Уолша, записать, из каких сигналов Радемахера образуются сигналы Уолша.

6. В перечне этапов нажать кнопку “Проверка ортогональности сигналов Уолша”.

7. В перечне этапов нажать кнопку “Расчет частной суммы обобщенного ряда Фурье”.

8. Прочитать внимательно, до конца текст “3.2. Расчет частной суммы ...”; вернуться к началу п.3.2 и выполнить последовательно пп.1,...,6.

Расчет коэффициентов C_n по п.2 производить с точностью до трех знаков после

запятой; при определении суммы ряда на каждом подинтервале члены ряда с номером более восьми учитывать.

9. В перечне этапов нажать кнопку “Исследование влияния случайной помехи...”.

10. Прочитать внимательно, до конца текст “3.3. Исследование влияния случайной помехи на рельеф матрицы . . .”; вернуться к началу п. 3.3 и выполнить последовательно пп.1,...,20.

11. В перечне этапов нажать кнопку “Контрольные вопросы”.

12. Ответить на 9 контрольных вопросов путем выбора (с помощью указателя “мыши”) одного из трех альтернативных ответов.

13. Оформить отчет по лабораторной работе в соответствии с указанным ниже его содержанием.

Литература:[5].

Библиографический список

1. Соколов О.Л., Войцеховский А.Б. РТСПИ: Письменные лекции.-СПб.: Изд-во СЗТУ, 2015.- 65с.
2. Пат. РФ N 2063649 “Устройство для моделирования многоканальной системы передачи информации с частотным разделением каналов”. Авт. изобр.О.Л.Соколов.Опубл.10.07.16. Бюл. N19.
3. Пат. РФ N 2010322 “Устройство для моделирования перекрестных искажений в системах передачи информации с временным разделением каналов”.Авт.изобр.О.Л.Соколов.Опубл.30.03.20. Бюл. N 6.
4. Пат. РФ N 2042194 “Устройство для моделирования радиотехнической системы передачи информации с АИМ”. Авт. изобр. О.Л.Соколов, А.Ф.Бабкин.Опубл.20.08.15. Бюл.N23.
5. А.с. N 1741121 (СССР). Устройство для моделирования функций спомощью частных сумм сигналов Уолша / СЗПИ. Авт. изобр. О.Л.Соколов.N4817773/24.Заявл.09.02.20. Опубл.15.06.20.Бюл.N22.
6. А.с. N 1578719 (СССР). Устройство для моделирования одноканальной системы передачи информации с ИКМ/СЗПИ. Авт.изобр.О.Л.Соколов. N4377959/24. Заявл.10.02.18.Опубл. 15.07.19.Бюл.N26.

Содержание

1.Лабораторная работа1. Исследование двухканальной РТСПИ с ЧРК..	3
2.Лабораторная работа2. Исследование трехканальной РТСПИ с ВРК (компьютерный вариант)	6
3.Лабораторная работа3.Моделирование и исследование основных узлов системы передачи информации(компьютерный вариант).....	14
4.Лабораторная работа4.Исследованиесистемы с ИКМ (компьютерный вариант).	26
5. Лабораторная работа5.Исследование системы с сигналами Уолша (компьютерный вариант)	33

**Магомедсаидова Сарат Загидовна
Муталипова Гюльжаган Абдулгамидовна**

Учебно-методические указания

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Радиотехнические системы»
для студентов направления подготовки бакалавров
*11.03.01 Радиотехника, профиль «Радиотехнические средства передачи,
приема и обработки сигналов»*

Формат 60x84. Бумага газетная. Печать ротапринт. Усл. п.л. 2,0. Тираж 50 экз. Заказ ...

Отпечатано в ИПЦ ДГТУ
367015. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70