

5032

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РИАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ИКМ-ОФМ

Методические указания
к лабораторным работам № 8,9

Рязань, 2016

УДК 621.196.43

Изучение систем связи с ИКМ-ОФМ: методические указания к лабораторным работам №8, 9 / Резан. гос. радиотехн. ун-т;

сост.: В.А. Корнеев, А.В. Егоров. Рязань, 2016. 24 с.

Изложены принципы функционирования, особенности построения, основные характеристики систем связи с ИКМ-ОФМ (структурные схемы, принципы работы макета, структура сигнала, методика измерений основных характеристик и параметров).

Предназначены для студентов 4-го курса дневной формы обучения направления 11.03.02 «Информационные технологии и системы связи».

Ил. 20. Библиогр.: 2 назв.

Временное разделение каналов, групповой сигнал, широкополосная модуляция, импульсно-кодовая модуляция, активированная импульсная модуляция, оптоволоконная фазовая модуляция, аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета.

Рецензент: кафедра радиоуправления и связи Рязанского государственного радиотехнического университета (зав. кафедрой С.Н.Кириллов)

Изучение систем связи с ИКМ-ОФМ

Составители: К о р н е в Валерий Александрович
Е г о р о в Алексей Владимирович

Редактор Р.К. Миндусова

Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 20.05.16. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,5.

Тираж 100 экз. Заказ 5236.

Рязанский государственный радиотехнический университет,
390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.
Редакционно-издательский центр РГРТУ.

Цель работ

1. Изучение структурной схемы и принципа работы приемопередающего макета системы связи с ИКМ-ОФМ.
2. Изучение функциональных схем передатчика и приемного трактов систем.
3. Изучение структуры сигнала ИКМ-ОФМ и ознакомление с методами его формирования.
4. Исследования влияния помех на функционирование канала связи.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ИКМ-ОФМ

1. Домашнее задание

- 1.1. Изучить принципы построения системы связи с ИКМ-ОФМ (с. 5).
- 1.2. Изучить структуру и функциональную схему передатчика системы связи (с. 6).
- 1.3. Ознакомиться с конструктивной реализацией передатчика.
- 1.4. Ознакомиться с программой лабораторного задания и нарисовать блок-схему измерений, проводимых в передатчике.
- 1.5. Ответить на контрольные вопросы.

2. Лабораторное задание

- 2.1. Ознакомиться с конструктивными особенностями макета передатчика и расположением контрольных гнезд по блок-схеме на его передней панели.
- 2.2. Включить аппаратуру и выполнить работу по программе раздела 3.
- 2.3. Оформить отчет и объяснить полученные результаты.

3. Порядок выполнения работы

- 3.1. Включение аппаратуры.
Последовательно включить сначала тумблеры «Сеть» на панелях ПРД и ПРМ, затем блока питания, проверить свечение контрольных ламп. Включить измерительные приборы и подготовить их к работе.

3.2. Просмотр и зарисовка осциллограмм сигналов на контрольных гнездах макета (Г2, Г3, Г10, Г11, Г12, Г13, Г14).

Осциллограф синхронизировать импульсами «1» синхросигнала с гнезда «Синхр.». Измерить основные параметры сигнала (амплитуду, длительность, период повторения).

Вращая поочередно ручки потенциометров «Уровень команд» 1-III каналов, проследить за изменением длительности импульсов ШИМ на гнезде Г10, числа счетных импульсов в пакетах на гнезде Г11 и изменением кода сигнала ИКМ на гнезде Г12. Определить границы кадовых интервалов в групповом ИКМ сигнале. Отметить в нем положение импульса «0» синхросигнала, используя выключенные синхронизации тумблером «Синхронизация». Поставить переключатель «Каналы» в положение «Первый» и проследить крупным планом при изменении уровня сигнала 1 канала изменение пачки счетных импульсов (Г11), группового ИКМ сигнала (Г12) и сигнала ИКМ-ОФМ (Г13). Определить величину манипуляции фазы. Тумблер «Каналы» вернуть в исходное положение.

3.3. Исследование работы канала в режиме «-».

Тумблер «-» выбранного для исследования канала поставить в положение «-». Подключить к выходу канала выход звукового генератора при параметрах его сигнала: $f=500$ Гц, $U=2$ В. Проследить и зарисовать форму сигнала на выходе компрессора данного канала. Проследить за изменением импульсов ШИМ, пачки счетных импульсов, кода ИКМ данного канала и сигнала ИКМ-ОФМ.

3.4. Контроль амплитудной характеристики компрессора.

Наблюдать и зарисовать АХ при подаче на вход выбранного канала напряжения пилообразной формы $U_m = 3 - 6$ В с осциллографа. Восстановить исходное состояние схемы.

3.5. Измерение модуляционной характеристики преобразователя в ШИМ сигнале.

Подключить вольтметр к выходу преобразователя (Г9), а осциллограф к его выходу (Г10). Установить тумблер «-» 1-го канала в положение «-», а переключатель «Каналы» в положение «Первый». Изменить напряжение входного сигнала потенциометром «Уровень команд» 1-го канала в пределах ± 2 В, производить счет длительности импульсов ШИМ.

Лабораторная работа № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЁМНОГО ТРАКТА СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ИКМ-ОФМ

1. Домашнее задание

- 1.1. Изучить структуру и функциональную схему приемника (с. 12).
- 1.2. Ознакомиться с конструкцией макета приемника.
- 1.3. Ознакомиться с программой лабораторного задания и нарисовать блок-схему измерений, проводимых в приемнике.
- 1.4. Ответить на контрольные вопросы.

2. Лабораторное задание

- 2.1. Ознакомиться с конструктивными особенностями макета приемника и расположением контрольных гнезд по блок-схеме на его передней панели.
- 2.2. Включить аппаратуру и выполнить работу по программе разд. 2.
- 2.3. Оформить отчет и объяснить полученные результаты.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Просмотреть и зарисовать осциллограммы в характерных точках схемы: Г1, Г4, Г5, Г6, Г12, Г13, Г14, Г15, Г7, Г8, Г9, Г10, Г11, Г25, Г17, Г18 (развертка «20 мкс/дел», умнож. «х 0,2»), Г20, Г21, Г22, Г23 (развертка «100 мкс/дел», умнож. «х 0,2»). Осциллограф синхронизировать импульсами синхросигнала с гнезда «Синхр.» и передатчика.

Проследить за изменениями входного сигнала ИКМ-ОФМ (Г1), а также сигналов на выходе ФД (Г6), регенератора (Г13), схемы сравнения полярностей (Г15) и группового сигнала АИМ (Г20) при изменении уровня входного сигнала регулируемой потенциометров «Уровень команд». Убедиться в эквивалентности сигналов ИКМ в передатчике и приемной частях.

3.2. Подать на вход одного из каналов передатчика сигнал амплитудой 2 В, частотой 500 Гц со звукового генератора при включенном тумблере «-» этого канала. Установить переключатель «Каналы» в положение «Все», развертку осциллографа «2 мкс/дел» (умнож. «х 0,2»).

Просмотреть и зарисовать осциллограммы группового сигнала

ИММ (Г20), а также сигналов на входе (Г26) и выходе (Г27) эквалайзера, на выходе канала (Г24), для чего подключить исследуемый канал к приемной части макета переключателем «Выход каналов» (для получения устойчивой картины необходимо подстроить частоту генератора в небольших пределах).

3.3. Снять сквозную амплитудную характеристику тракта, измерив уровень сигнала генератора от 0 до 2 В и отсчитывая значение напряжения на выходе тракта в этом же канале по осциллографу.

3.4. Исследовать влияние помех на тракт связи, для чего на гнездо Г2 подключить подачу шумовой сигнал уровнем 1 В с генератора шума. Наблюдать изменение сигнала на выходе ФД группового ИММ сигнала (Г6 - разветвка «20 мкс/см») и сигнала на выходе макета (Г24 - разветвка «2 мкс/см»), а также появление импульсов сбой синхронизма (Г17).

3.5. Измерить время вхождения приемника в синхронизацию. Засинхронизировав, осциллограф импульсами с выхода имитатора сбой (Г16) и включить тумблер «Имитатор».

Поздать на вход осциллографа сигнал с выхода анализатора сбой (Г17). По экрану осциллографа измерить длительность пачки импульсов анализатора, проходящую во время поиска синхронизма. Повторив измерение несколько раз, определить среднее значение и границы изменения времени вхождения в синхронизацию. Повторить то же при подании на вход Г2 шумового сигнала уровня 1 В с генератора шума.

Конструкция лабораторного макета

Макет лабораторной установки представляет собой три функционально обособленных блока: передатчик, приемник и блок питания, внутри которых размещены печатные платы. Блок питания соединяется с ПРМ и ПРД шнуром, имеющим со стороны входа колодку-пробник. ВЧ тракт связи между ПРД и ПРМ выполнен в виде коаксиальной линии. На лицевых панелях всех блоков имеются тумблеры включения питания и контрольные лампы. На панелях ПРД и ПРМ нанесены их функциональные схемы с выведенными контрольными гнездами.

Исходное положение органов управления

На ПРД - тумблеры I-III каналов - положение «-»;

- потенциометры «Уровень, команда» I-III каналов - в крайнее левое положение;

- тумблер «ИММ-имитация» - в положение «ИММ»;

- тумблер «Каналы» - в положение «Все»;

- тумблер «Синхронизация» в положение «ВКЛ».

На ПРМ - тумблер «Полоса» - «Узкая»;

- тумблер «Имитатор» - в нижнее положение;

- переключатель «Выход каналов» - в положение «1».

Техническое описание макета системы связи ИММ-ОФМ

1. Введение

Макет имитирует работу многоканальной (3-канальной) системы связи ИММ-ОФМ и ВЧ и предназначен для изучения построения и принципов работы, а также характеристики таких систем. При использовании кодово-импульсной модуляции посланий сигнал $x(t)$, являющийся непрерывной функцией времени, подвергается временной дискретизации и квантованию по уровню. Вещ. динамический диапазон сигнала $x(t)$ уменьшается на $N - 1$ участков (N - число уровней квантования) с шагом $k_q = x_i(t) - x_{i-1}(t)$. Погрешность преобразования определяется величиной, равномерно распределенной на интервале $[x_i, x_i + k_q]$ и имеющей дисперсию $\Delta x^2 > k_q^2/12$.

После квантования каждому уровню сигнала соответствует определенное число, которое можно выразить в двоичной системе счисления в виде кодовой группы («1» - есть импульс в группе, «0» - нет импульса), определяющей сигнал ИММ. В этом случае основное кода есть 2, а число разрядов q определяется числом уровней квантования $N = 2^q$.

Полученные таким образом сигналы ИММ находят широкое применение в системах дискретной связи благодаря хорошей помехоустойчивости, возможности обнаружения и исправления ошибок, использованию для хранения и обработки устройств цифровой вычислительной техники, обеспечения шифрации сообщений и т.д.

Для передачи по линии связи исходный сигнал ИММ подвергается вторичному преобразованию. Наиболее часто используется фазовая манипуляция несущего колебания сигналом ИММ, являющаяся энергетически выгодным способом передачи двоичных сигналов. Использование ОФМ позволяет устранить влияние «обратной работы», присутствующей в фазовой манипуляции, без усложнения устройств модуляции-демодуляции.

В многоканальных линиях связи, где не требуется высокая скорость передачи информации, например телефонов, наибольшее распространение нашло временное разделение каналов (ВРК). Именно такой способ и принят в данном макете.

Большое значение для верного воспроизведения переданной информации имеет синхронизация. Для повышения помехоустойчивости системы синхронизации используются сигналы в виде кодовых синхрогрупп. С точки зрения снижения вероятности образования ложных синхромпульсов период их должен быть возможно большим, а для минимизации времени их вхождения в синхронизм должно быть большим число символов в группе.

В макете используется синхрогруппа с шестью символами (100000) с периодом максе больше периода цикла T_n связи, причем один символ синхрогруппы передается в конце каждого канального интервала.

Структура сигнала изображена на рис. 1.

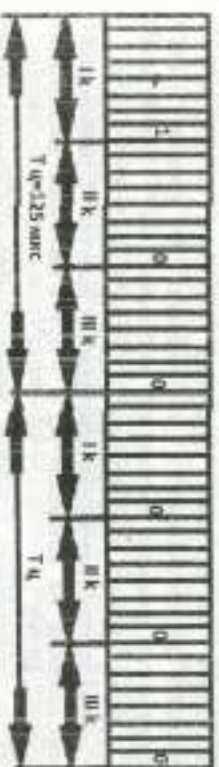


Рис. 1. Структура группового ИКМ сигнала

1.1 Передатчик ИКМ-ОФМ осуществляет преобразование аналоговых (гетероных) сигналов, принимаемых по трем каналам, в групповой ИКМ-ОФМ сигнал.

Параметры сигнала:

- модуляция ОФМ (0, π);
- несущая частота $f_0 = 1$ МГц;
- число разрядов ИКМ 7;
- выходное напряжение 3 В;
- частота дискретизации 8 кГц;
- тактовая частота 192 кГц;
- кодовая синхрогруппа «100000» (6 символов);
- период 230 мкс.

Входные сигналы во всех каналах могут подаваться от внешнего источника (НЧ генератора) либо вытравиваться в макете в виде постоянного уровня, выставляемого регулятором на передней панели. Параметры входного сигнала НЧ генератора: $U_m = 3$ В; $f = 0.3$ кГц.

В схеме предусмотрены включение режима записи минимального уровня сигналов всех каналов (т.е. последовательности всех единиц ИКМ), а также переключения по всем каналам сигнала только 1 канала.

1.2 Приемник ИКМ-ОФМ осуществляет выделение полезного сигнала на фоне шума, выделение сигнала несущей, тактовой частоты и сигнала синхронизации, фазовое детектирование сигнала и восстановление ИКМ сигнала с предопределенным «обратной работой», преобразование группового ИКМ сигнала в АИМ сигнал, выделение и усиление аналогового сигнала одного из каналов по выбору оператора. В схеме макета предусмотрено включение питания режима периодического сброса синхронизма.

2. Описание функциональной схемы передатчика

Передатчик (рис. 2) состоит из схемы объединения каналов (образование группового сигнала) и преобразования и последовательный код 1, модулятора ОФМ 2, выходного усилителя 3 и схемы синхронизации 4.

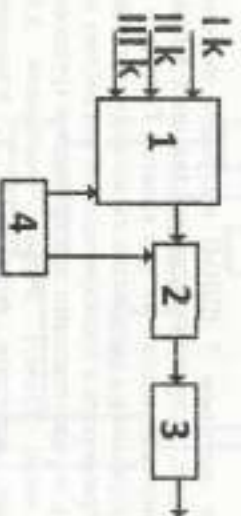


Рис. 2. Структурная схема передатчика

2.1 Групповой канал образуется из канальных аналоговых сигналов путем предварительного ограничения спектра сигнала с помощью ФНЧ, комбинирования и преобразования в ИКМ сигнал.

Функциональная схема преобразователя аналог-код приведена на рис. 3. Принимаемые канальные сообщения поступают на соответствующие канальные фильтры нижних частот 1, которые осуществляют ограничение спектров передаваемых сообщений в области верхних частот. С выходов канальных ФНЧ сообщения поступают на входы канальных аналоговых компараторов 2. Достоинством за счет комбинирования неравномерности значения отношения сигнал/шум для сильных и слабых сигналов. В макете используется подопытная конструкция, позволяющая характеризовать неравномерность, реализованная на основе

переключения элементов и цепи обратной связи УПТ в тракте, что позволяет получать трехэлементную линейно-ломаную аппроксимацию требуемой характеристики.

Операция преобразования в сигнал ШИМ в модуляторе 3 осуществляется путем сравнения каждого канального напряжения (эл. 2 рис.4) с пилообразным напряжением 24 кГц (эл. 3), вырабатываемым генератором «пилы» 4. Рис. 4 показывает процесс выработки канальных импульсов ШИМ 7. Импульсы заданного генератора 1 запускают ППН, напряжение 3 с выхода которого сравнивается с напряжением преобразуемого аналогового сигнала 2. На выходе схемы сравнения образуется последовательность импульсов ШИМ (эл. 4), которая затем формируется с помощью ключевой схемы. Для устранения паразитной модуляции переднего фронта импульса из-за конечной длительности обратного хода «пила» напряжение 5 с ограничителя сдвигается сигналом 6 интегрированных импульсов запуска ППН.

Канальные импульсы 7 (ШИМ) поступают на электронный коммутатор 5 (рис. 3), пропускающий за один цикл работы (8 кГц) поочередно импульсы каждого из трех каналов. Генератор пилы 4 и коммутатор 5 управляются импульсами схемы синхронизации 10.

2.2. Преобразователь в последовательный код состоит из вентиля 6 (схема «И»), осуществляющего преобразование группового ШИМ сигнала в число (начу) счетных импульсов 3,84 МГц, вырабатываемых заданным генератором 7, последовательного семиразрядного счетчика 8, преобразующего это число в параллельный код и формирователи кода 9. Функциональная схема формирования кода приведена на рис. 5. В последнем параллельная кодовая комбинация, образованная в счетчике к концу рабочего хода «пилы», считывается во время ее обратного хода через схему параллельного считывания 9.1 в параллельный регистр 9.2. Из регистра по время следующего рабочего хода «пилы» производится последовательное считывание кода и объединение его в сумматоре (схема «ИЛИ» 9.4), на выходе которого образуется групповой ИКМ сигнал заданной структуры. Регистр 9.2 служит для запоминания кодовой комбинации на время следующего рабочего хода «пилы», что позволяет одновременно производить подсчет счетных импульсов и считывание кода через схему последовательного считывания 9.3. Таким образом, во время совмещаются операции формирования параллельной кодовой комбинации и передачи в линию связи кода, сформированного в предыдущем цикле, благодаря чему сокращается время преобразования аналог-код. Недостатком такой схемы является задержка сигнала на период тактовой частоты ($1/f_{\text{гн}} = 5,2 \text{ мкс}$), являющаяся несущей для телефонного сигнала.

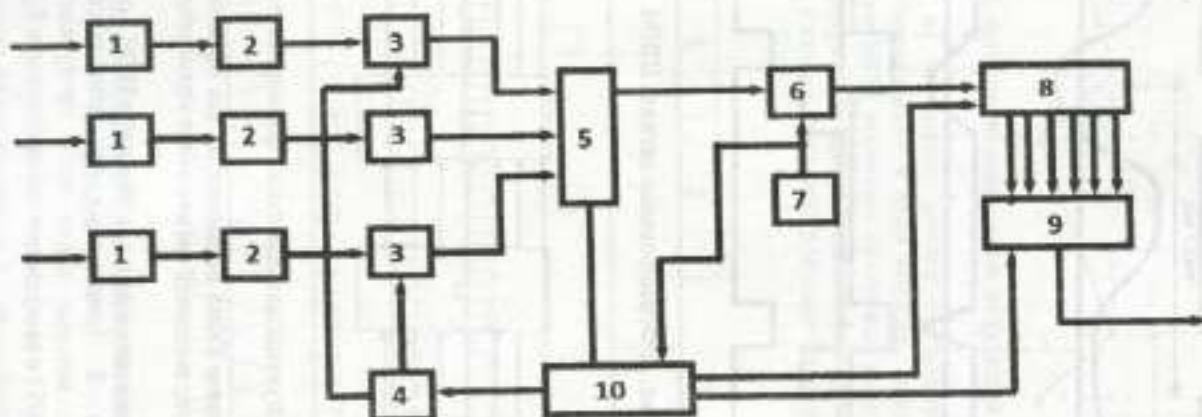


Рис. 3. Функциональная схема преобразования аналог-код

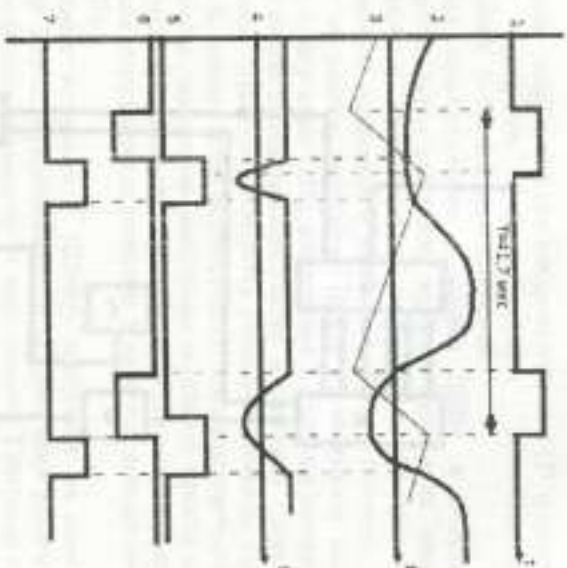


Рис. 4. Формирование сигнала ШИМ

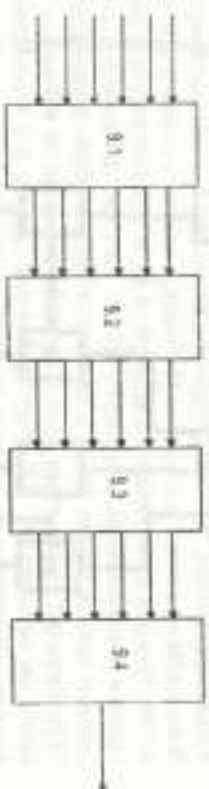


Рис. 5. Функциональная схема формирователя кода

2.3. Модулятор ОФМ выполнен по так называемой импульсной схеме (рис. 6) и его выходной сигнал имеет прямоугольную форму - меандр (рис. 7).

Для его образования в ветвях 10 сигнал ИКМ 1 селектирует короткие импульсы 2 (много короче длительности разряда) с синхронизатора, которые после этого пропускаются через схему вычисления 11 с импульсами синхронизатора 4 частотой $2f_0$.

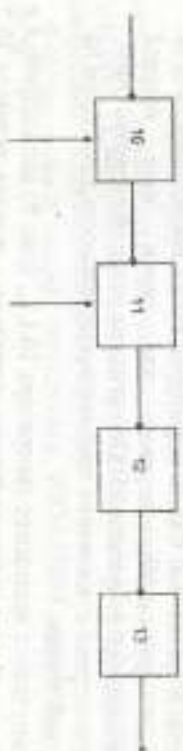


Рис. 6. Функциональная схема модулятора ОФМ

Полученная на ее выходе последовательность импульсов 5 частотой $2f_0$ с «проявлениями» в один импульс, соответствующими «единичкам» кода ИКМ, поступает на счетный вход триггера 12.

Для получения сигнала синусоидальной формы 7 прямоугольный ОФМ сигнал 6 с выхода триггера пропускается через узкополосный фильтр 13.

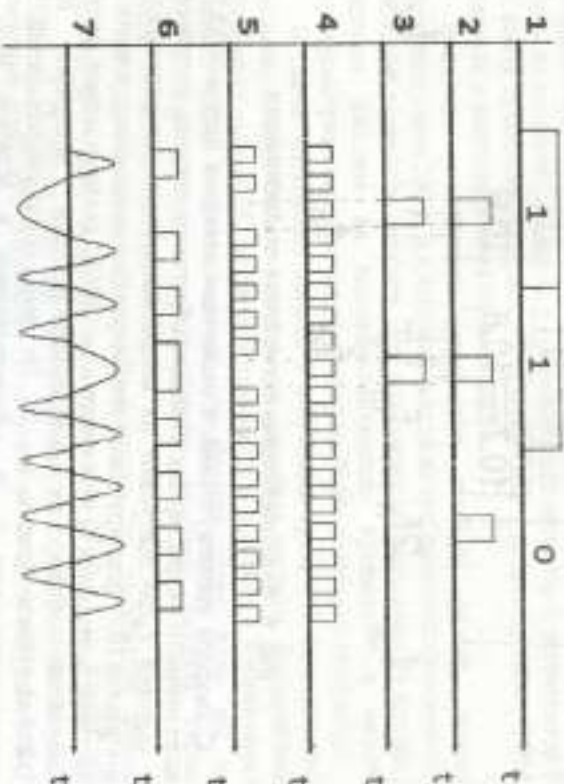


Рис. 7. Энтропы напряжений, иллюстрирующие работу модулятора ОФМ

2.4. Схема синхронизации (рис. 8) образует счетные синхронизирующие, селектирующие и коммутрующие импульсы, полученные путем деления частоты сигнала задающего

ЛС-генератора счетных импульсов, выполненного по схеме емкостной трещотки. Схема формирует также последовательность кодовых групп-синхримпульсов для линии связи, которая подается в групповой ИКМ сигнал на входе модулятора ОФМ. Предусмотрено отключение этой последовательности тумблером на передней панели.

Импульсы с заданного генератора 10.1 f_m (рис. 8) используются в схеме преобразователя аналого-код, импульсы с выхода делителя 10.2 подаются на схему ОФМ-модулятора 10.4.

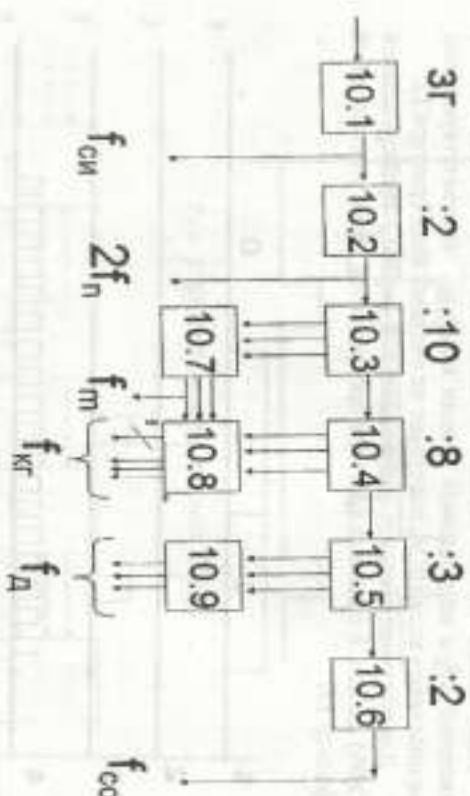


Рис. 8. Функциональная схема блока синхронизации

С выходов промежуточных и оконечных каскадов делителя 10.3, выполненного на триггерных ячейках с обратными связями, импульсы с частотой $f_m/20$ поступают на входы матричного распределителя с импульсов 10.7, формирующего три импульсные последовательности с частотой повторения f_m и длительностью $10/f_m$, различающиеся фазой импульсов. Одна из последовательностей поступает на ОФМ-модулятор (рис. 7, зп. 2). Из этих последовательностей и последовательности $f_m/8$, сформированной в делителе 10.4, в матричном распределителе 10.8 формируется 11 импульсных последовательностей с частотой повторения $f_m/8$; 8 разрядных последовательностей, каждая из которых соответствует во времени моменту передачи в линию связи одного из разрядов ИКМ. 3 - для последовательного считывания в преобразователе кода (рис. 5), в том числе: импульсы сброса счетчика, импульсы перезаписи информации из счетчика в регистр и импульсы сброса регистра.

Распределитель импульсов 10.9, управляемый импульсами $T_{n-1} - f_m/24$ с делителя 10.5, формирует три последовательности импульсов для коммутатора каналов с частотой $f_m/24$ и длительностью $T_{n-1}/48$ (рис. 1). Импульсы с частотой $f_m/48$ с делителя 10.6 используются для формирования кодовой синхротупы.

Функциональная схема передатчика ИКМ-ОФМ приведена на рис. 9.

3. Описание функциональной схемы прививки сигнала ИКМ-ОФМ

3.1. Приемник содержит устройство выделения ИКМ сигнала, преобразователь ИКМ в ЛИС (декодер), устройство выделения каналов и схему синхронизации (рис. 10).

Устройство выделения ИКМ сигнала содержит входной фильтр сигнала ИКМ 1, схему выделения опорного колебания по методу Пистолькорса 2, схему выделения тактовой частоты (мультипликатор, синхронизируемый импульсами, соответствующими моментам смены фазы во входном сигнале 3), а также фазовый детектор 4, регенератор 5 и схему сравнения полноростей 6, служащие для демодуляции ОФМ сигнала и восстановления сигнала ИКМ.

Входным устройством приемника является фильтр, полоса которого равна 200 кГц и выбрана исходя из требования согласования с полосой полезного сигнала. Для возможности последования длинная полоса фильтра на помехоустойчивость приемника в макете предусмотрено переключение полосы на более широкую (400 кГц).

В схеме выделения опорного колебания (рис. 11) использовано явление сдвига ФМН в сигнале при удвоении частоты. Выделенный фильтром сигнал 2с, после деления частоты подполем и компенсации набега фазы в фазораздате приобретает сдвиг фаз $\pi/2$, по отношению к несущему колебанию входного сигнала ОФМ, необходимая для работы ФД.

Фазовый детектор (рис. 12) построен по дискретной схеме, нечувствительной к фазовым искажениям $\Delta f < \frac{\pi}{2}$ и достаточно простой. Принцип действия его заключается в стробировании каждого периода несущего колебания 1 короткими импульсами $f_0/2$ и отсечении из привнесенных эпор (рис. 13).

Использование дискретной схемы ФД позволяет применить упрощенную схему выделителей опорной частоты и тактовой частоты. Так как схемы напряжения на выходе ФД (см. рис. 13, зп. 5) имеют достаточно быстрый характер и строго привязаны к последовательности символов ИКМ-ОФМ 1, то они используются для синхронизации мультиплекатора, генерирующего сигнал f_m .

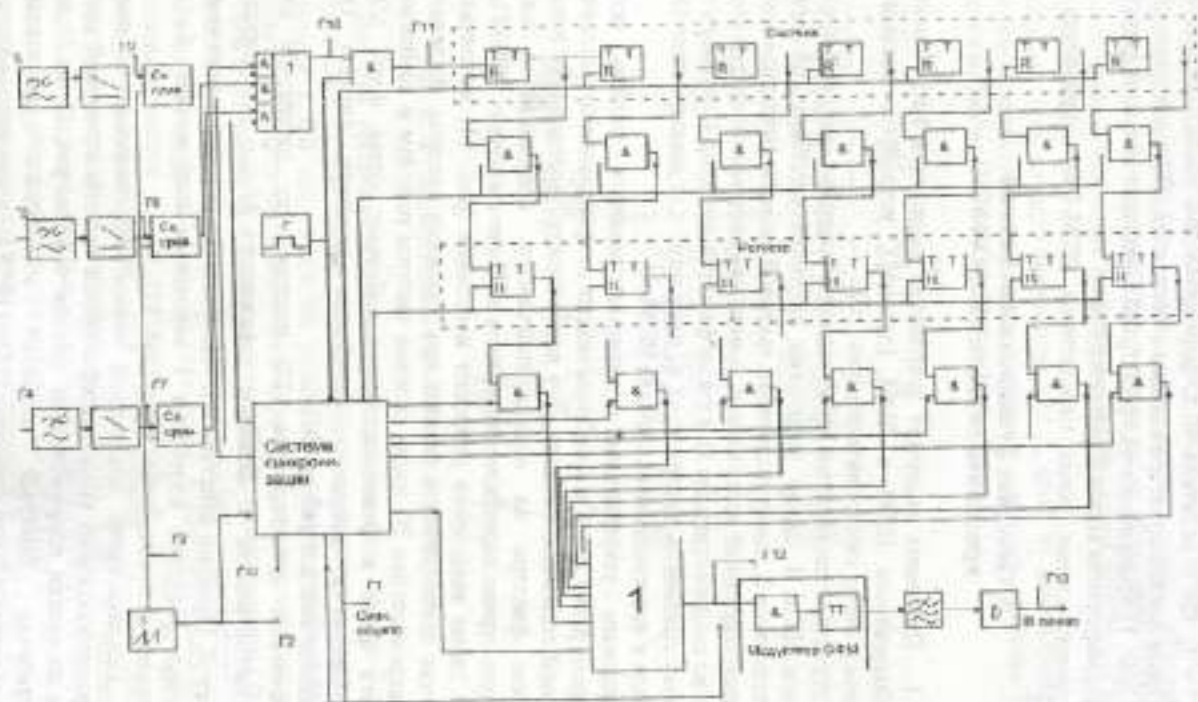


Рис. 9. Функциональная схема передатчика



Рис. 10. Структурная схема приемника

(Определенный подбор величин синхронизирующих импульсов и собственной частоты $f < f_m$ мультивибратора позволяет получить устойчивый режим синхронизации генератора, при котором случайные скачки напряжения ФД обусловленные внешним помех, не будут нарушать синхронизм. Выбранное значение $f^{-1} = 5,235$ мкс обеспечивает нестабильность $\Delta f \leq 7 \cdot 10^{-3}$.



Рис. 11. Схема выделенка опорного колебания

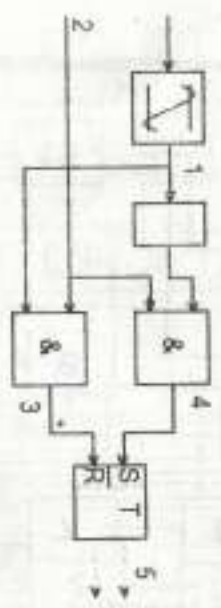


Рис. 12. Схема фазового детектора

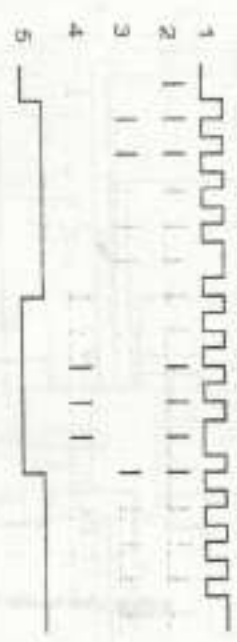


Рис. 13. Энтропия сигналов фазового детектора

Недостатком принятой схемы является возможность замедления вхождения в синхронизм из-за наличия порога срабатывания мультивибратора. Если он не срабатывает по первому приходящему синхронизирующему, то вхождение в синхронизм происходит при сближении во времени синхронизирующей и момента чувствительности мультивибратора к его появлению. Сближение это происходит за счет

разности частот f и f_m . Расчетное замедление в синхронизме $\leq 0,6$ мкс.

Принцип действия регенератора (рис. 14) основан на кратковременном отсчете напряжений 1 и 2 с выхода ФД в середине посылки путем выделения импульсов 4 и 5 из последовательности тактовых импульсов 3.

Метод обеспечивает простую реализацию при хорошей защите от межканальных искажений. На выходе регенератора получается сигнал 6, соответствующий сформированному сигналу 2 с ФД, задержанному на длительность сигнала.

Схема восстановления полярности (рис. 15) служит для управления «обратной работы» из-за неопределенности начальной фазы принятого колебания путем реализации алгоритма ОФМ модуляции, выражаемого логической формулой равнозначности:

$$A = A_i; A_i^{-1}$$

которые определяют полярность каждого бинарного символа A (0 или 1). Работа схемы (рис. 15) очевидна из рассмотрения энтроп.

3.2. Преобразователь ИКМ в АИМ (декодер) состоит из схемы преобразования последовательного кода (ИКМ) в параллельный (регистр параллельного действия на RS-триггерах 10 рис. 10) и схемы

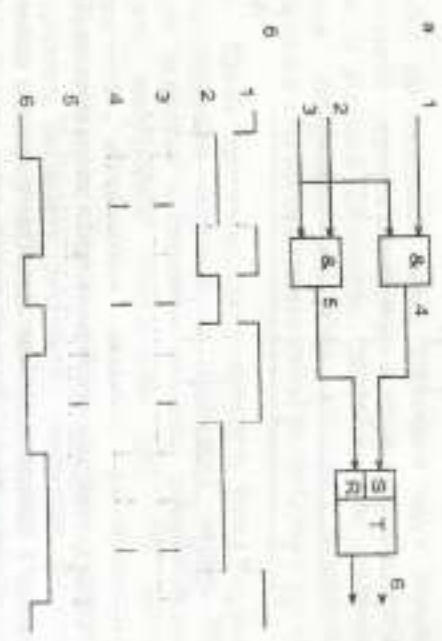


Рис. 14. Схема регенератора (а) и энтропии сигналов (б)

преобразования кода в напряжение ПЧН 11 (рис. 10). Последняя включает параллельный регистр, напряжением которого является

резисторный аттенуатор, причем напряжение на выходе этого аттенуатора соответствует значению кода регистра в данный момент времени.

Подобные преобразователи нашли широкое применение благодаря своей простоте при достаточно высокой точности преобразования, определяемой нестабильностью напряжения питания и величиной сопротивлений элементов аттенуатора. Расчетная точность не хуже 0,4 %. Такая ошибка не превышает величину относительного шага квантования (1/2) - 0,8 %.

Запись кода в регистр схемы преобразования ИКМ в параллельный код производится с помощью разрядных импульсов со схемы синхронизации. Сигнал ИКМ поступает одновременно на все ячейки регистра, но записывается поразрядно в ячейки, соответствующие разрядному импульсу, поступающему

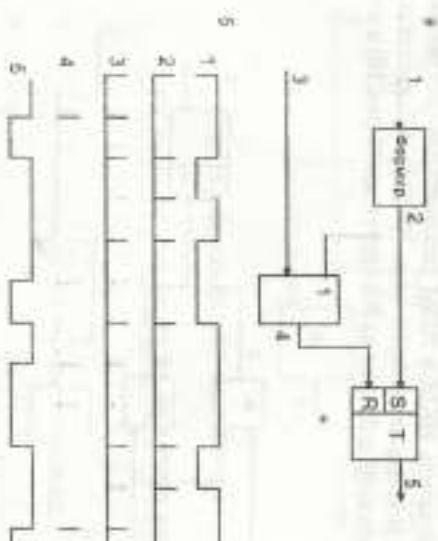


Рис. 15. Схема восстановления полноразрядности (а) и эторы сигнала (б)

одновременно с данным символом кода. После прихода седьмого разрядного импульса производится перезапись параллельного кода в регистр ПКН, в котором код сохраняется в течение всего канального интервала. Благодаря этому импульсы АИМ на выходе ПКН получают расширенными, что упрощает восстановление из них непрерывного сообщения.

3.3. Групповой АИМ сигнал с аттенуатора (рис. 10) поступает на

устройство выделения каналов, состоящее из канальных ключей 12, галетного переключателя выбора канала III и общей для всех каналов аналоговой части 13, которая через галетный переключатель подключается к выходу соответствующего канального ключа.

АИМ сигнал с выхода ПКН поступает на канальные ключи, которые управляют импульсами выделения каналов со схемы синхронизации.

Аналоговая часть (рис. 16) состоит из усилителя, эквивалента, ФНЧ и выходного усилителя. С выхода любого канального ключа, подключенного через галетный переключатель к аналоговой части, импульсы АИМ выбранного канала после усиления поступают на вход эквивалента, компенсирующего неравномерность канальной характеристики на передающем конце (рис. 2). ФНЧ служит для фильтрации лишних гармоник, возникающих при нелинейной обработке.



Рис. 16. Аналоговая часть устройства выделения сигналов

Выбор одноканальной схемы аналоговой части определяется требованиями простоты конструкции и допустим для лабораторного макета. В реальной аппаратуре, где необходима одновременная передача информации по всем каналам, индивидуальное оборудование каналов (аналоговая часть) устанавливается в каждом канале.

3.4. Схема приемника синхросигнала 8 (рис. 10) выделяет синхронизирующие импульсы из группового сигнала ИКМ и образует разрядные и канальные импульсы синхронизации. Она содержит генераторное оборудование (рис. 17), анализатор, преобразующий соответствующие входных последовательностей синхросигналов в сигналы. ИКМ сигналы генераторного оборудования, решающее устройство, выдающее импульсы для добавления к сигналу тактовой частоты, если частота следования импульсов анализатора выше пороговой (т.е. нет совпадения кодов синхронизации), и схему выделения тактовой частоты (одноименно) одного импульса последовательности импульсов с генераторного оборудования делителей на 1 разряд.

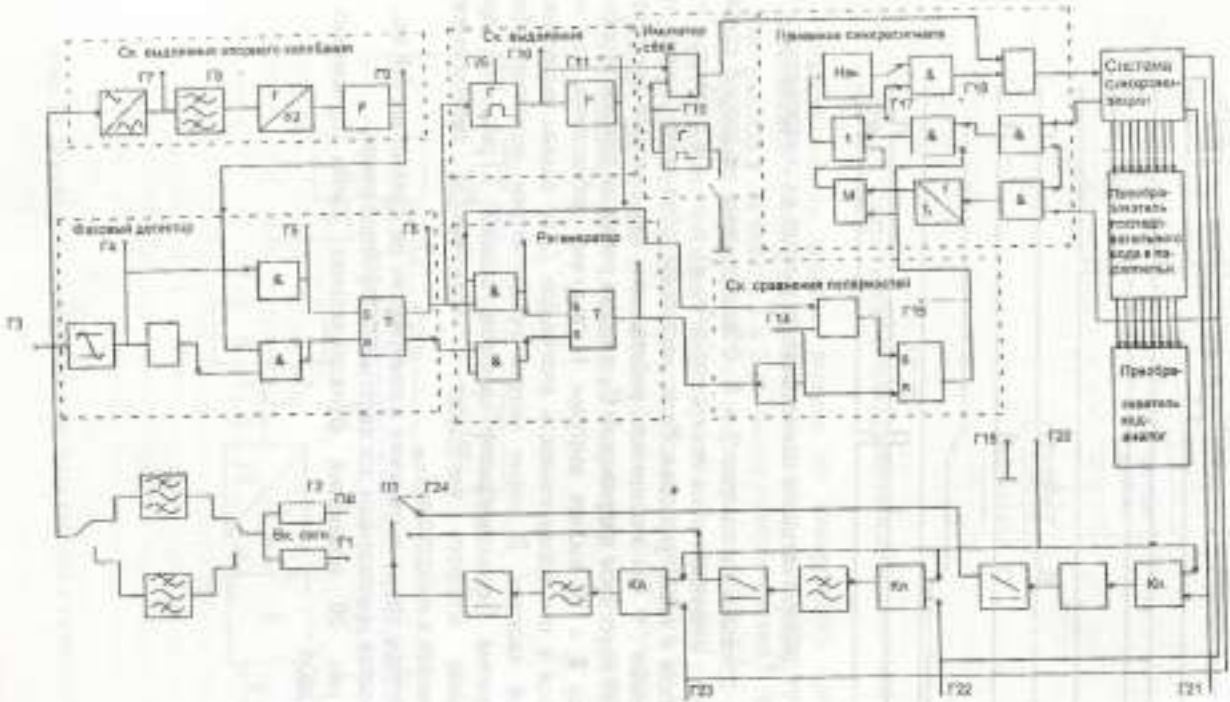


Рис. 20. Функциональная схема приемника

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8

1. Принцип аналого-цифрового преобразования.
2. Линеизм и нелинейное квантование.
3. Преобразование параллельного кода в последовательный.
4. Принцип и реализация ОФМ.
5. Временные эпюры сигналов в контрольных точках Г1, Г2, Г3, Г10, Г11, Г12, Г13.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 9

1. Принцип фазового детектирования и регенерации сигнала ИКМ-ОФМ.
2. Принципы и схема выделения опорного колебания.
3. Принципы действия приемника синхросигнала.
4. Назначение схемы сравнения полярностей.
5. Принципы и схема демодуляции ИКМ сигнала.

Библиографический список

1. Гуревич В.Э. и др. Импульсно-кодовая модуляция в многоканальной телефонной связи. М.: Связь, 1973. 336 с.
2. Мартынов Е.М. Синхронизация в системах передачи дискретных сообщений. М.: Связь, 1972. 216 с.

Список принятых сокращений

ИКМ - импульсно-кодовая модуляция
 ОФМ - относительная фазовая модуляция
 ПРМ - приемник
 ПРД - передатчик
 ВУ - временное удержание
 АИМ - амплитудная импульсная модуляция
 ШИМ - широтно-импульсная модуляция
 ГТН - генератор пилообразного напряжения
 ПКН - преобразователь кода в напряжение

Содержание

Цель работы.....	1
Лабораторная работа №8. Исследование передаточного тракта системы связи с ИКМ-ОФМ.....	1
Лабораторная работа № 9. Исследование приемного тракта системы связи с ИКМ-ОФМ.....	3
Конструкция лабораторного макета.....	4
Техническое описание макета системы связи ИКМ-ОФМ.....	5
Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8.....	23
Контрольные вопросы к лабораторной работе № 9.....	23
Библиографический список.....	23