



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики**

Кузнецов М. В., Ротенштейн И. В.

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ
МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ**

Методические указания к лабораторным работам

Самара - 2016

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

КАФЕДРА СИСТЕМ СВЯЗИ

М.В.Кузнецов, И.В.Ротенштейн

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине
«Сети и системы передачи информации»

Самара 2016

УДК 621.395.4

М.В. Кузнецов, И.В. Ротенштейн

Основы построения многоканальных систем передачи: Методические указания по лабораторным работам / Кузнецов М.В., Ротенштейн И.В. – Самара: ФГБОУ ВО ПГУТИ, ИУНЛ, 2016. 20 с.

Методические указания по лабораторным работам по специальностям:
090302 – Информационная безопасность телекоммуникационных систем

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

2016

Лабораторная работа №1

«Основы построения аналоговых систем передачи»

Амплитудная модуляция.

Частотное разделение каналов.

Цель работы:

- Изучение принципов формирования амплитудной модуляции (АМ), исследование влияния глубины модуляции M на форму восстановленного сигнала, перенос спектра сигнала, инверсия спектра.
- Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК).

Лабораторная работа включает: знакомство с функциональной схемой, анализ процессов формирования амплитудно-частотного сигнала, изучение принципов формирования спектра группового сигнала при использовании ЧРК, изучение принципов разделения каналов в системах передачи, анализ процессов восстановления сигнала в системах с ЧРК.

Теоретические основы.

Для построения многоканальных телекоммуникационных систем исторически первым был использован принцип частотного разделения каналов, основанный на амплитудной модуляции несущего колебания информационным сигналом, с последующим переносом спектра в заданную частотную область.

Амплитудная модуляция (amplitude modulation, АМ) исторически была первым видом модуляции, освоенным на практике. В настоящее время АМ применяется в основном только для радиовещания на сравнительно низких частотах (не выше коротких волн) и для передачи изображения в телевизионном вещании. Это обусловлено низким КПД использования энергии модулированных сигналов.

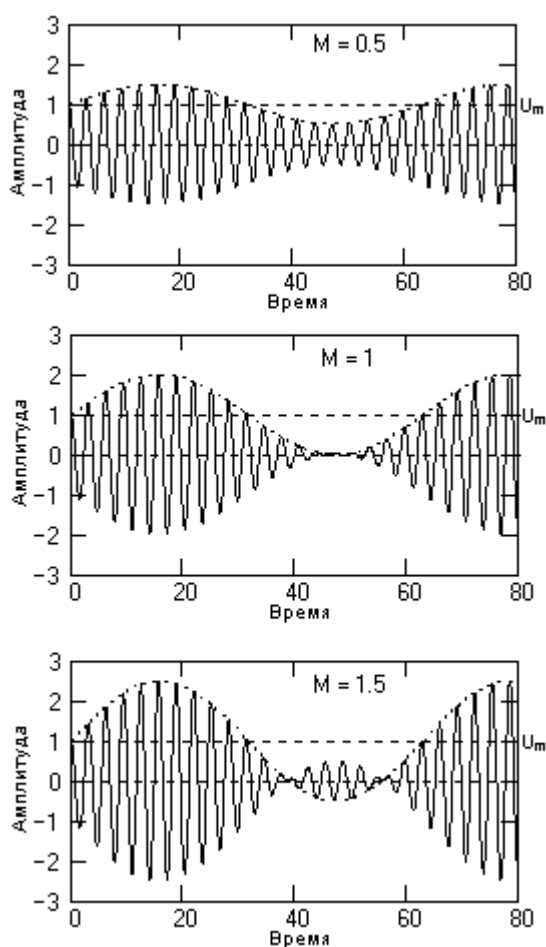
АМ соответствует переносу информации $s(t) \Rightarrow U(t)$ при постоянных значениях параметров несущей частоты ω и φ . АМ – сигнал представляет собой произведение информационной огибающей $U(t)$ и гармонического колебания ее заполнения с более высокими частотами. Форма записи амплитудно-модулированного сигнала:

$$u(t) = U(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

$$U(t) = U_m \cdot [1 + M \cdot s(t)],$$

где U_m – постоянная амплитуда несущего колебания при отсутствии входного (модулирующего) сигнала $s(t)$, M – коэффициент амплитудной модуляции

Значение M характеризует *глубину* амплитудной модуляции. В простейшем случае, если модулирующий сигнал представлен одночастотным гармоническим колебанием с амплитудой S_o , то коэффициент модуляции равен отношению амплитуд модулирующего и несущего колебания $M = S_o / U_m$. Значение M должно находиться в пределах от 0 до 1 для всех гармоник модулирующего сигнала. При значении $M < 1$ форма огибающей несущего колебания полностью повторяет форму модулирующего сигнала $s(t)$, (сигнал $s(t) = \sin(\omega_s t)$). Малую глубину модуляции для основных гармоник модулирующего сигнала ($M \ll 1$) применять нецелесообразно, т.к. при этом мощность передаваемого информационного сигнала будет много меньше мощности несущего колебания, и мощность передатчика используется неэкономично.



При глубокой модуляции, (когда в экстремальных точках функции $s(t)$ значение M стремится к 1) используются понятия относительного коэффициента модуляции вверх: $M_g = (U_{max} - U_m) / U_m$, и модуляции вниз: $M_n = (U_m - U_{min}) / U_m$, которые обычно выражаются в %.

Стопроцентная модуляция ($M=1$) может приводить к искажениям сигналов при перегрузках передатчика, если последний имеет ограниченный динамический диапазон по амплитуде несущих частот или ограниченную мощность передатчика (увеличение амплитуды несущих колебаний в пиковых интервалах сигнала $U(t)$ в два раза требует увеличения мощности передатчика в четыре раза).

При $M > 1$ возникает так называемая

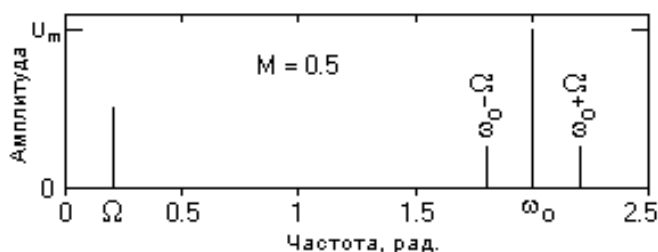
перемодуляция. Форма огибающей при перемодуляции искажается относительно формы модулирующего сигнала и после демодуляции, если применяются ее простейшие методы, информация может исказиться.

Однотональная модуляция. Простейшая форма модулированного сигнала создается при *однотональной* амплитудной модуляции – модуляции несущего сигнала ω гармоническим колебанием с одной частотой Ω :

$$u(t) = U_m[1+M \cdot \cos(\Omega t)] \cdot \cos(\omega_0 t).$$

Значения начальных фазовых углов несущего и модулирующего колебания здесь и в дальнейшем, если это не имеет принципиального значения, для упрощения получаемых выражений будем принимать равными нулю. С учетом формулы $\cos(x) \times \cos(y) = (1/2)[\cos(x+y) + \cos(x-y)]$ получаем:

$$u(t) = U_m \cos(\omega_0 t) + (U_m M/2) \cos[(\omega_0 + \Omega)t] + (U_m M/2) \cos[(\omega_0 - \Omega)t].$$



Отсюда следует, что модулирующее колебание с частотой Ω перемещается в область частоты ω_0 и расщепляется на два колебания, симметричные относительно частоты ω_0 , с частотами соответственно

$(\omega_0 + \Omega)$ – верхняя боковая частота, и $(\omega_0 - \Omega)$ – нижняя боковая частота. Амплитуды колебаний на боковых частотах равны друг другу, и при 100%-ной модуляции равны половине амплитуды колебаний несущей частоты. Физическая ширина спектра модулированного сигнала в два раза больше ширины спектра сигнала модуляции.

Частотное разделение каналов

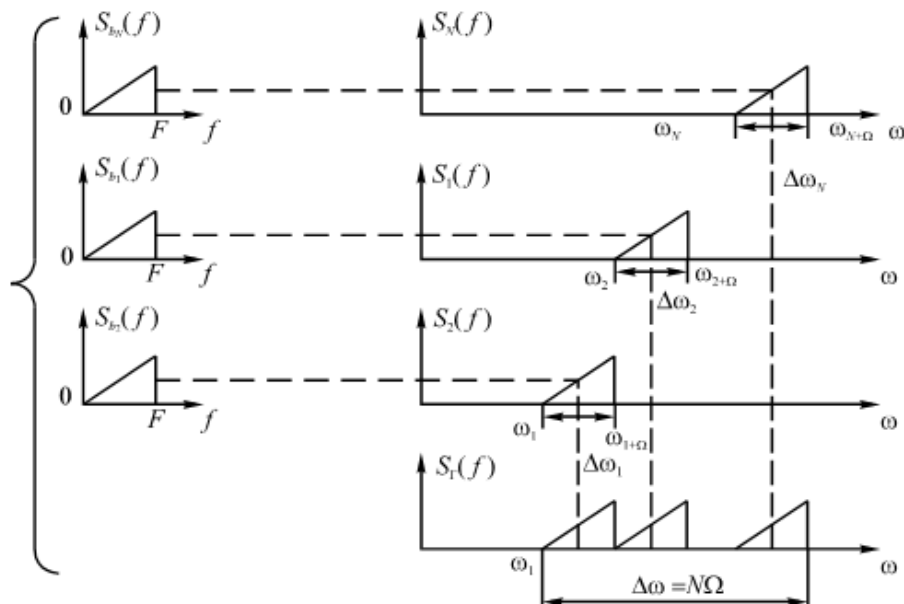
Поскольку любая реальная линия связи обладает ограниченной полосой пропускания, то при многоканальной передаче каждому отдельному каналу отводится определенная часть общей полосы частот. Для формирования индивидуальных канальных сигналов в многоканальных системах передачи можно использовать 5 способов:

1. *Передача двух боковых и несущей.* Наличие полного сигнала на приёме облегчает демодуляцию исходного сообщения, однако наличие несущего колебания забирающего основную часть энергии передаваемого сигнала

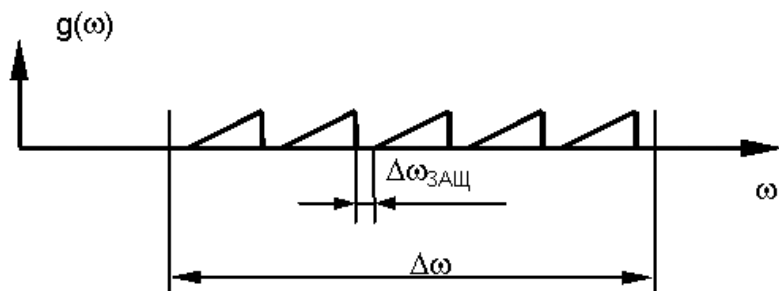
снижает помехозащищённость информативной части полезного сигнала, а наличие двух боковых полос увеличивает ширину спектра занимаемым каналным сигналом вдвое.

2. *Передача одной боковой и несущей.* Так как обе боковые симметричны и переносят одинаковую информацию, то нет необходимости передавать их обе. Это позволяет сузить спектр передаваемого сигнала практически до ширины исходного. А наличие несущего колебания забирающего основную часть энергии передаваемого сигнала снижает помехоустойчивость информативной части полезного сигнала.
3. *Передача двух боковых без несущей.* При использовании балансной модуляции несущая частота подавляется, что позволяет практически всю энергию передачи использовать для полезного сигнала, но наличие двух боковых полос увеличивает ширину спектра занимаемым каналным сигналом вдвое.
4. *Передача одной боковой без несущей* является наиболее оптимальным способом формирования каналных сигналов, так как ширина спектра одной боковой полосы не превышает спектра исходного сигнала, а отсутствие несущей – уменьшает энергозатраты передачи и увеличивает помехоустойчивость сигнала.
5. *Передача одной боковой, несущей и части второй боковой.* Если спектр полезного сигнала начинается с нулевой частоты, то при переносе спектра несущая входит в состав самого сигнала и не может быть отфильтрована, поэтому для сужения спектра до приемлемого значения приходится в составе сигнала оставлять не только несущую, но и самый край второй боковой полосы.

В многоканальных системах передачи с частотным разделением каналов (МСП-ЧРК) по каналу передаётся сигнал только одной боковой полосы, а несущая частота берётся от местного генератора. Таким образом, на выходе каждого канального модулятора включается полосовой фильтр с полосой пропускания $\Delta\omega = \Omega_{\text{в}} - \Omega_{\text{н}} = 3.1$ кГц. Спектры $G_1(\omega)$, $G_2(\omega)$... $G_N(\omega)$ после транспонирования (переноса) на различные частотные интервалы и инвертирования (эта операция в принципе необязательна, но обычно выполняется для упрощения оборудования) складываются и образуют групповой спектр $G_{\text{гр}}(\omega)$.



С целью уменьшения влияния соседних каналов (уменьшения переходных помех) обусловленного неидеальностью АЧХ фильтров, между спектрами сигнальных сообщений вводятся защитные интервалы $\Delta\omega_{\text{з.а.щ.}}$. Для каналов ТЧ они равны 0.9 кГц. Таким образом, ширина полосы канала ТЧ с учётом защитного интервала равна 4 кГц (рисунок)



Спектр группового сигнала с защитными интервалами

Содержание отчета.

Итогом работы является серия осциллограмм, снятых в контрольных точках системы передачи. Их следует расположить друг под другом, сохранив порядок, в котором они снимались, и временной масштаб.

В отчете необходимо привести:

- цель работы;
- блок-схему измерений, отметив на ней точки, в которых снимались осциллограммы;

- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые спектральные соотношения между исследуемыми сигналами;
- значения измеренных величин;
- выводы по выполненным исследованиям.

Описание лабораторной работы.

В многоканальных системах передачи с частотным разделением каналов (ЧРК) используется амплитудная модуляция (АМ) несущих частот. В лабораторной работе смоделировано формирование предпервичной группы, состоящей из трёх каналов, на входы которых подаются непрерывные (аналоговые) сигналы $S_1(t)$, $S_2(t)$, и $S_3(t)$ и двухлучевой осциллограф, на котором можно посмотреть параметры сигналов в контрольных точках.

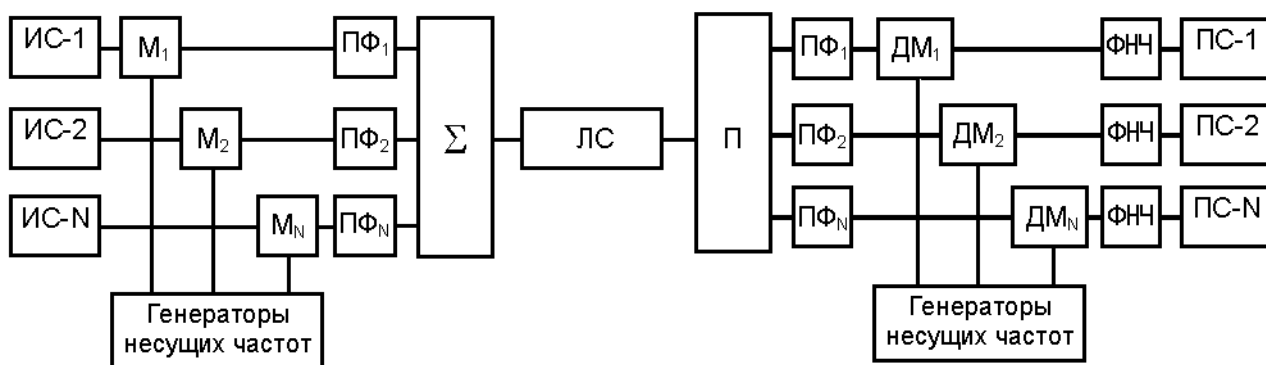


Рис.1.1. Многоканальная система передачи с ЧРК

На входы модуляторов M поступают аналоговые сигналы $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$ и несущие частоты от опорных генераторов, а на выходах формируются амплитудно-модулированные индивидуальные сигналы. Затем полосовые фильтры выделяют каналные сигналы (одну боковую полосу – ОБП) в заданных неперекрывающихся полосах частот, после чего в блоке объединения (совмещённом с передатчиком) формируется групповой сигнал для передачи в линию связи.

На приёме групповой сигнал поступает в приёмный блок, где регенерируется после прохождения линейного тракта и подаётся на индивидуальные каналные полосовые фильтры. Выделенные каналные сигналы поступают на демодуляторы одновременно с соответствующими каждому каналу несущими частотами, где и происходит перенос спектра каждого канала в первоначальную полосу частот. Для преобразования исходного сигнала на модуляторы и демодуляторы каждого канала подаются несущие частоты, кратные 4 кГц.

На последнем этапе передачи происходит восстановление аналогового сигнала – формирование исходной функции времени $S'(t)$ по пришедшим по линии связи высокочастотным колебаниям. Для выполнения этих операций используется фильтр нижних частот (ФНЧ).

Анализ осциллограмм на выходах отдельных блоков системы связи, смоделированной в данной лабораторной работе, производится с помощью двухлучевого осциллографа. Контрольные точки выведены на схеме модели лабораторной работы с помощью цветных маркёров соответствующих цвету луча. Для проведения необходимых измерений его входы подключаются к соответствующим точкам схемы.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить формирование сигнала с амплитудной модуляцией. Для этого выполнить следующие операции:

1.1. Задать параметры первого контрольного сигнала $S_1(t)$. Для этого на схеме лабораторной работы справа от экрана осциллографа нажать левой клавишей мыши символ «Сигнал 1». В появившемся меню задать частоту сигнала $F_{c1}=1000$ Гц, частоту несущего колебания $\omega_1=12000$ Гц, и глубину модуляции $M=0,7$. Слева от экрана развёртка лучей по времени должна соответствовать $0,1$ мс (масштаб 1 деления на экране), а развёртка по напряжению $U=0,2$ В. Таким образом, можно визуально оценить форму сигналов за 1 мс с амплитудой ± 1 В. Проконтролировать появление осциллограммы контрольного сигнала. Для этого необходимо «кликнуть» левой кнопкой мыши (Луч А) в контрольной точке «1» – сигнал « $S_1(t)$ », а затем «кликнуть» правой кнопкой мыши (Луч В) на выходе генератора несущих частот (ГНЧ) в контрольной точке «4» – несущая ω_1 . Проверить соответствие наблюдаемых периодов сигналов с заданными параметрами. Зарисовать в отчёт осциллограммы входных сигналов модулятора.

1.2. Аналогично задать параметры второго и третьего контрольных сигналов $S_2(t)$ и $S_3(t)$. Для этого на схеме лабораторной работы справа от экрана осциллографа нажать левой клавишей мыши символ «Сигнал 2». В появившемся меню задать частоту сигнала $F_{c2}=2000$ Гц, частоту несущего колебания $\omega_2=16000$ Гц, и глубину модуляции $M=0,8$. А для третьего – соответственно частоту $F_{c3}=3000$ Гц, несущую $\omega_3=20000$ Гц, и $M=0,9$. Проверить соответствие наблюдаемых периодов сигналов с заданными параметрами 2 и 3 каналов (контрольные точки «2» и «5», «3» и «6»). Зарисовать в отчёт осциллограммы входных сигналов модуляторов 2 и 3 каналов.

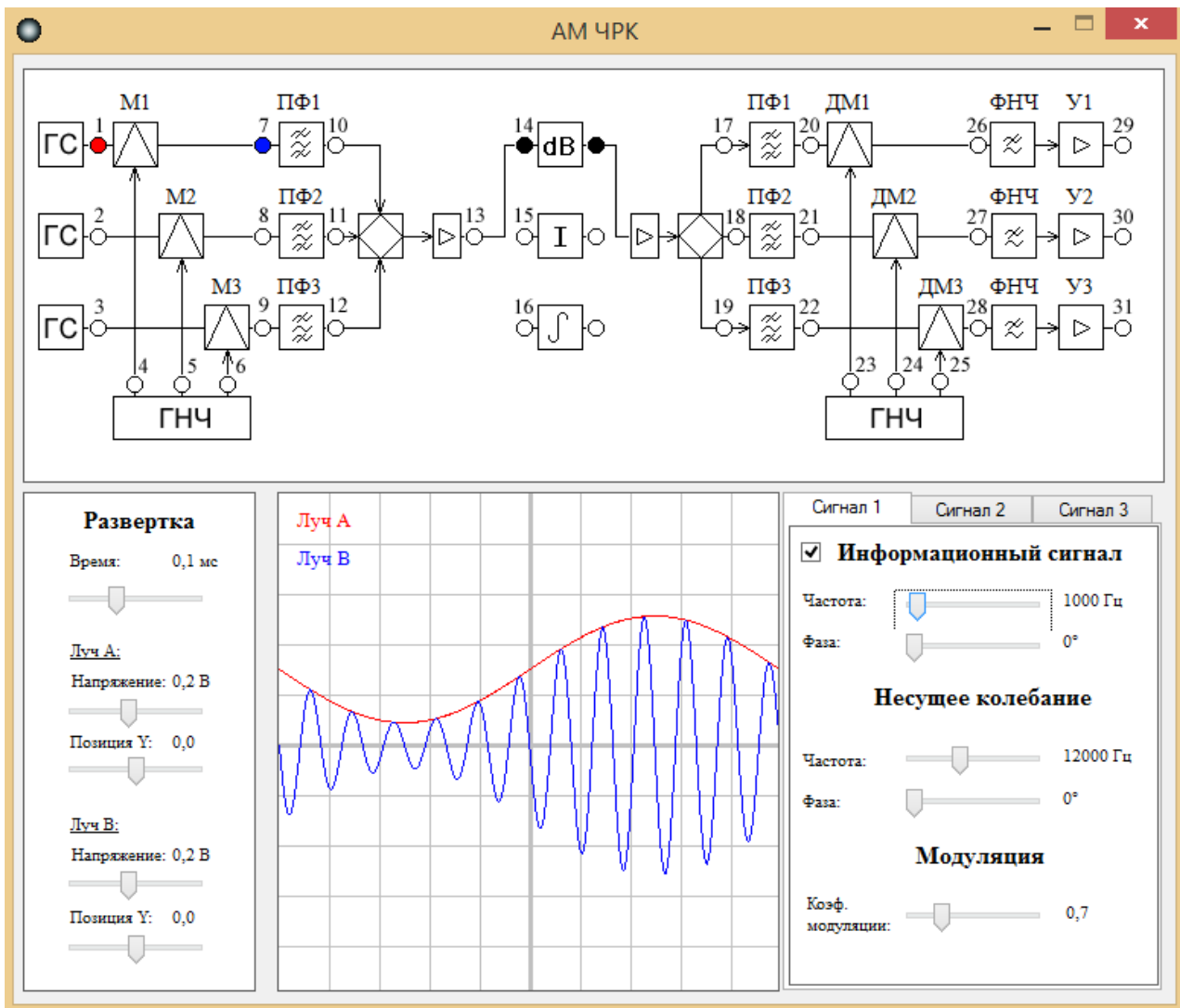


Рис.1.2 Модель двухлучевого осциллографа.

1.3. Для контроля работы модуляторов поочерёдно «кликнуть» правой кнопкой мыши (Луч В) в контрольных точках «7», «8» и «9». На экране отобразятся несущие колебания промодулированные по амплитуде исходными сигналами. Зарисовать в отчёт осциллограммы всех контрольных сигналов на выходе модуляторов.

1.4. Полосовые фильтры ПФ1, ПФ2 и ПФ3 пропускают только одну боковую полосу модулированного колебания. Для определения частот пропускания полосовых фильтров поочерёдно «кликнуть» правой кнопкой мыши (Луч В) в контрольных точках на выходах фильтров «10», «11» и «12». По осциллограмме определить частоту пропускания каждого полосового фильтра. Зарисовать в отчёт осциллограммы контрольных сигналов на выходах всех полосовых фильтров и подписать частоты. Сделать соответствующие выводы.

2. Для изучения группового сигнала всех трёх каналов «кликнуть» обеими кнопками мышки на контрольной точке «13» после оборудования объединения. Зарисовать в отчёт осциллограмму группового сигнала. Затем для Сигналов 1 и 2 поочередно «убрать» галочки в поле «Информационный сигнал». Проанализировать изменение осциллограмм и сделать соответствующие выводы.

2.1. Включить все сигналы и выставить глубину модуляции $M=1$. Выбрать параметры линейного тракта. Для этого левой кнопкой мышки «кликнуть» контрольную точку «14» у блоков соответствующих идеальному тракту «dВ», тракту с линейными искажениями – «I», точка «15» или тракту с нелинейными искажениями – «J», точка «16». Для идеального линейного тракта осциллограммы на приёмной стороне в «симметричных» контрольных точках полностью идентичны передающей. Поэтому зарисовывать их не обязательно.

2.2. Для исследования влияния параметров линейного тракта на восстановленный сигнал поочередно попарно подключить «Луч А» к контрольным точкам «1», «2» и «3» полезного сигнала на передаче, а «Луч В» после ФНЧ соответствующего канала на приёме (контрольные точки «29», «30» и «31»). Изменяя фазу информационного сигнала на передаче оценить влияние линейных трактов на форму восстановленных сигналов во всех каналах для различных трактов (меняя параметры линейных трактов подключением в точках «14», «15» и «16»). Проконтролировать процесс восстановления сигналов на выходе ФНЧ каждого канала. Чтобы визуально наблюдать процесс восстановления можно повторить эксперимент, подключив попарно лучи осциллографа к точкам «26» и «29», затем «27» и «30», и наконец, «28» и «31». Сделать соответствующие выводы.

3. Исследовать влияние частоты глубины модуляции M на форму восстановленного сигнала.

3.1. Параметры третьего контрольного сигнала должны соответствовать $F_{c3}=1500$ Гц, $\omega_3=20000$ Гц, и $M=1$. Линейный тракт выбрать без искажений. Подключить «Луч А» осциллографа сначала на выход генератора сигнала «3» (а следующий раз на вход ФНЧ приёма 3 канала «28»), а «Луч В» после ФНЧ и нормирующего усилителя этого же канала – контрольная точка «31». Постепенно изменяя коэффициент глубины модуляции в обе стороны (можно использовать на клавиатуре стрелки «влево» и «вправо»), исследовать точность восстановления формы сигнала. Зарисовать в отчёт осциллограммы наиболее показательных случаев, отметив параметры сигналов, и сделать соответствующие выводы.

Контрольные вопросы.

1. Для чего применяется ФНЧ на приёмной стороне?
2. На основе какого вида аналоговой модуляции строится каналообразующее оборудование систем передачи с ЧРК?
3. При каком значении M происходит перемодуляция?
4. Что произойдёт, если на приёме несущую восстановить не с той стороны от принимаемой боковой полосы?
5. Зачем нужен защитный интервал?
6. Какую ширину спектра занимает защитный интервал?
7. Какую ширину спектра занимает речевой сигнал?
8. Какую ширину спектра занимает первичная группа в МСП на основе ЧРК?
9. Через какой интервал располагаются несущие частоты при формировании первичной группы?
10. По какой причине в СП с ЧРК не применяется способ передачи двух боковых и несущей?
11. По какой причине в СП с ЧРК не применяется способ передачи двух боковых без несущей?
12. По какой причине в СП с ЧРК не применяется способ передачи одной боковой и несущей?
13. По какой причине в СП с ЧРК применяется способ передачи одной боковой без несущей?
14. По какой причине применяется способ передачи одной боковой, несущей и части второй боковой?
15. Как влияют на форму восстановленного сигнала линейные искажения?
16. Как влияют на форму восстановленного сигнала нелинейные искажения?

Список литературы.

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 232с.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н. и др. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. 510 с.
3. Многоканальные системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. Н.Н.Баевой и В.Н. Гордиенко. – М.: Радио и связь, 1997. 560с.
4. Телекоммуникационные системы и сети - современные технологии. Том 1: Учебное пособие для вузов / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 647с.

Лабораторная работа №2

«Основы построения цифровых систем передачи»

Системы передачи с амплитудно-импульсной модуляцией

Временное разделение каналов

Цель работы:

- Изучение принципов формирования амплитудно-импульсной модуляции (АИМ), исследование влияния частоты дискретизации F_d на форму восстановленного сигнала,
- Изучение принципов построения систем передачи с временным разделением каналов (ВРК).

Лабораторная работа включает: знакомство с функциональной схемой, анализ процессов формирования сигнала с АИМ, изучение принципов формирования группового сигнала при использовании АИМ, изучение принципов разделения каналов в системах передачи, анализ процессов восстановления сигнала в системах с АИМ.

Теоретические основы.

В процессе формирования АИМ сигнала осуществляется дискретизация непрерывного (аналогового) сигнала во времени в соответствии с известной теоремой дискретизации (теоремой В.А. Котельникова): любой непрерывный сигнал, ограниченный по спектру верхней частотой F_B полностью определяется последовательностью своих дискретных отсчётов, взятых через промежуток времени $T_d \leq 1/2F_B$, называемый периодом дискретизации. В соответствии с ним частота дискретизации, т.е. следования дискретных отсчётов, выбирается из условия $F_d \geq 2 F_B$. Как правило $F_d \approx 2,2F_{max}$, (где F_{max} - максимальная частота спектра первичного сигнала, на которой энергия сигнала спадает до нуля).

Поскольку все реально существующие непрерывные сигналы связи представляют собой случайные процессы с бесконечно широким спектром, причем основная энергия сосредоточена в относительно узкой полосе частот, перед дискретизацией необходимо с помощью фильтра нижних частот ограничить спектр сигнала некоторой частотой F_B .

Так как основная доля энергии телефонных сигналов сосредоточена в спектральном диапазоне (0,3 ÷ 3,4) кГц, то для ограничения ширины спектра необходимо использовать ФНЧ с частотой среза $F_B=3,4$ кГц, следовательно,

частота дискретизации телефонных сигналов должна быть выше $2F_B = 6,8\text{кГц}$. В соответствие с требованиями МСЭ-Т частота дискретизации телефонных сигналов выбрана равной $F_d = 8\text{кГц}$ ($T_d = 125\text{мксек}$).

Для многоканальной передачи сигналов по одной физической линии связи необходимо между соседними импульсами одного канала разместить по одному импульсу остальных каналов. Следовательно, при объединении N каналов длительность одного канального импульса τ_k не должна превышать T_d/N . Отношение периода следования импульсов T_d к длительности самого импульса τ_k называется скважностью q .

Содержание отчета.

Итогом работы является серия осциллограмм, снятых в контрольных точках системы передачи. Их следует расположить друг под другом, сохранив порядок, в котором они снимались, и временной масштаб.

В отчете необходимо привести:

- цель работы;
- блок-схему измерений, отметив на ней точки, в которых снимались осциллограммы;
- все снятые осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все необходимые временные соотношения между исследуемыми сигналами;
- значения измеренных величин;
- выводы по выполненным исследованиям.

Описание лабораторной работы.

В многоканальных системах передачи с временным разделением каналов (ВРК) используется амплитудно-импульсная модуляция (АИМ). В модели лабораторной работы (рис. 1.1) могут быть образованы четыре канала связи, на входы которых подаются непрерывные (аналоговые) сигналы $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$ и $S_4(t)$, один из которых оставляем свободным.

Дискретизация контрольного сигнала, например $S_1(t)$, соответствующего первому каналу, производится с помощью электронного ключа Q1, который выполняет функции амплитудно-импульсного модулятора. Управляемые ключи Q1, Q2, Q3, Q4 периодически замыкаются на время τ_k в моменты t_i ($i = 1, 2 \dots N$, где в данном случае $N = 4$). При этом на выходе сумматора появляются

импульсы группового сигнала $S_{гр}(t)$, амплитуда которых соответствует мгновенному значению $S_N(t_i)$.

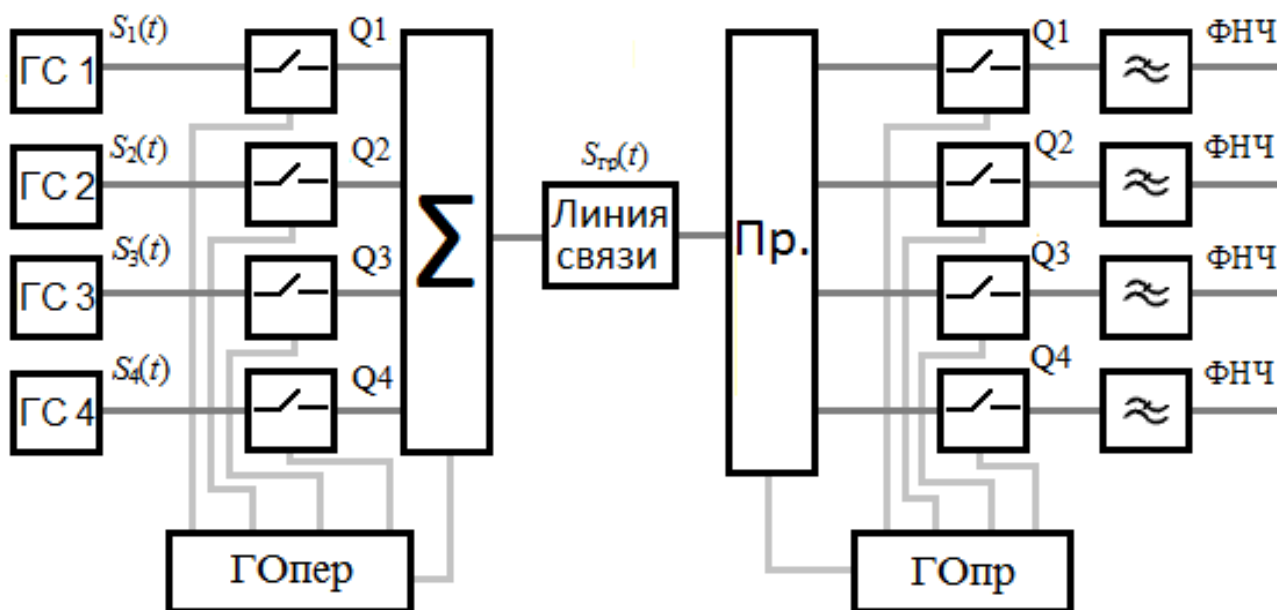


Рис.1.1. Многоканальная система передачи с ВРК

На входы ключей поступают аналоговые сигналы $S_1(t)$, $S_2(t)$, $S_3(t)$ и $S_4(t)$, а на выходах формируются последовательности отсчетов S_{1i} , S_{2i} , S_{3i} и S_{4i} . Управляющие импульсы, поступающие на ключи соседних каналов, сдвинуты на временной интервал, соответствующий τ_k . В результате мультиплексирования отсчеты отдельных каналов выстраиваются друг за другом и таким образом на выходе мультиплексора формируется групповой сигнал $S_{гр}(t)$. Электронный ключ модулятора Q_i управляется импульсами ГОпер. с частотой следования F_d (частота дискретизации) и длительностью τ_k . Их период составляет $T_d=1/F_d$ и определяет моменты времени t_i , в которые на выходе модулятора формируются отсчеты входного сигнала.

Объединение дискретных сигналов с АИМ, соответствующих этим каналам, осуществляется мультиплексором (Σ).

Промодулированный по амплитуде импульс поступает в линию связи и, пройдя по ней, попадает на вход приёмника-регенератора (Пр.), компенсирующего искажения, внесённые линией связи. Управление модуляторами и ключами производится Генераторным оборудованием передатчика ГОпер и приемника ГОпр стробирующими импульсами. Оба ключа каждого индивидуального канала управляются синхронно.

Для визуального контроля изменения формы сигнала, осуществляемого в лабораторной работе, частота дискретизации может изменяться от 1000 до

20000 Гц. Выбор ее значения осуществляется регулятором рядом с «экраном осциллографа» (рис.1.2).

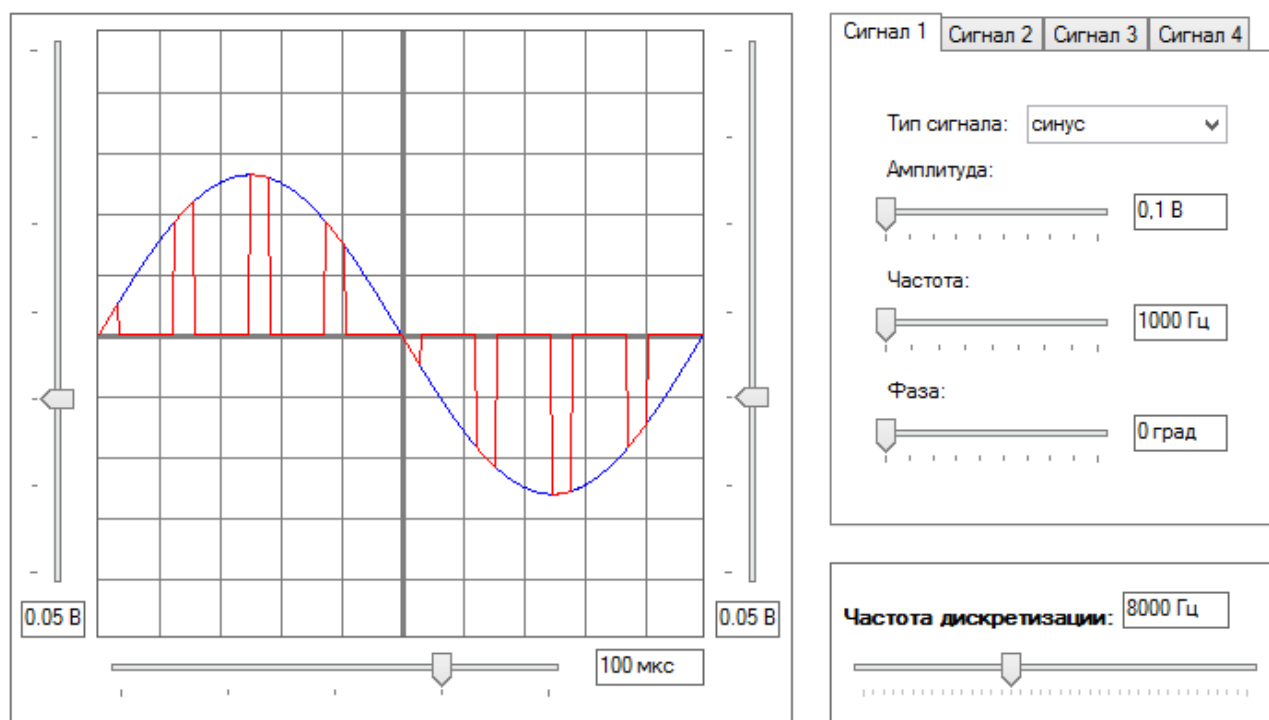


Рис.1.2 Модель двухлучевого осциллографа.

На последнем этапе передачи происходит восстановление аналогового сигнала – формирование исходной функции времени $F(t)$ по пришедшим по линии связи канальным импульсам. Для выполнения этих операций используется фильтр нижних частот (ФНЧ). Процесс восстановления сигналов основан на теореме Котельникова.

Анализ осциллограмм на выходах отдельных блоков системы связи, смоделированной в данной лабораторной работе, производится с помощью двухлучевого осциллографа. Контрольные точки выведены на схеме модели лабораторной работы с помощью цветных маркёров соответствующих цвету луча. Для проведения измерений его входы подключаются к соответствующим точкам схемы.

Порядок выполнения работы.

1. Проанализировать формирование дискретного сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого выполнить следующие операции:

1.1. Задать параметры первого контрольного сигнала. Для этого на схеме лабораторной работы нажать левой клавишей мыши символ «Сигнал 1» и в появившемся меню выбрать форму сигнала «синус» со значениями -

амплитуда 0,1В и частота 1000 Гц. Проконтролировать появление осциллограммы контрольного сигнала. Для этого необходимо «кликнуть» левой кнопкой мыши в контрольной точке « $S_1(t)$ ». Изменяя масштаб времени установить время деления развертки так, чтобы на модели экрана осциллографа поместился один период контрольного сигнала (масштаб: 1 клетка на экране соответствует 0,1мс). *Во всех последующих измерениях, выполняемых в данной лабораторной работе, положение переключателя, определяющего период развертки, не меняется!*

1.2. Зарисовать осциллограмму контрольного аналогового сигнала. Пользуясь шкалой на экране осциллографа и учитывая цену деления, определить и записать значение временного интервала периода контрольного сигнала. Определить частоту контрольного сигнала.

1.3. Правой кнопкой мыши нажать точку на выходе электронного ключа Q1. Проконтролировать появление на экране сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией.

1.4. Зарисовать осциллограмму сигнала с амплитудно-импульсной модуляцией. Расположить ее под осциллограммой контрольного сигнала, сохранив масштаб по временной оси. Определить период дискретизации, измерив временной интервал, между соседними отсчетами. Определить длительность канального импульса. Определить скважность дискретных отсчетов. Занести измеренные значения в отчет.

2. Исследовать процесс формирования группового сигнала при построении системы передачи с временным разделением каналов (ВРК).

2.1 Установить частоту дискретизации 8 кГц. Развёртку обеих лучей осциллографа выставить по 0,1В (шкалы развёртки располагаются по обе стороны экрана). Развёртка лучей по времени – 100мкс.

2.2. Задать в каналах следующие параметры:

Сигнал 1 – «синус», амплитуда 0,3В, частота 1000 Гц, фаза 0 град.;

Сигнал 2 – «косинус», амплитуда 0,2В, частота 2000 Гц, фаза 0 град.;

Сигнал 3 – «синус», амплитуда 0,1В, частота 3000 Гц, фаза 0 град.;

Сигнал 4 – «ноль» (для наглядности определения цикла передачи).

2.3. Проконтролировать по осциллограмме появление на выходе мультиплексора отсчетных импульсов АИМ группового сигнала (последний временной интервал, соответствующий 4 каналу, при этом остается свободным).

2.4. Анализ осциллограмм на выходе мультиплексора при выполнении последовательных подключений контрольных сигналов к его входам иллюстрирует процесс формирования группового сигнала, который передается


по линии связи. Зарисовать осциллограмму группового сигнала, наблюдаемую на выходе мультиплексора. Её следует разместить под канальными АИМ сигналами, сохранив выбранный временной масштаб. Сделать соответствующие выводы.

2.5. Проконтролировать процесс разделения каналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Для этого подключить синий луч осциллографа (левая кнопка мышки) к входу линии связи, а второй (правая кнопка мышки) – последовательно к выходам электронных ключей Q1,Q2,Q3,Q4 на стороне приёма. При этом осциллограмма, наблюдаемая по синему каналу осциллографа – соответствует групповому сигналу, а по красному – АИМ сигналу соответствующего канала.

2.6. Проконтролировать процесс восстановления сигналов на выходе ФНЧ каждого канала. Сделать соответствующие выводы.

3. Исследовать влияние частоты дискретизации на форму восстановленного сигнала.

3.1. Задать параметры второго контрольного сигнала. Для этого на схеме лабораторной работы нажать левой клавишей мыши символ «Сигнал 2» и в появившемся меню выбрать форму сигнала «синус» с частотой 3000 Гц. Зарисовать осциллограммы контрольного аналогового сигнала, амплитудно-модулированных импульсов при частоте дискретизации 8000Гц и восстановленный сигнал после ФНЧ.

3.2. Подключить оба луча осциллографа на вход  и выход фильтра нижних частот второго канала. Постепенно изменяя частоту дискретизации в обе стороны (можно использовать на клавиатуре стрелки «влево» и «вправо»), исследовать точность восстановления аналогового сигнала по его дискретным отсчётам.

3.3. Под осциллограммой контрольного аналогового сигнала зарисовать осциллограммы амплитудно-модулированных импульсов и восстановленные сигналы для частоты дискретизации $F_d=5$ кГц и 18 кГц. Определить частоты восстановленного сигнала и сделать соответствующие выводы.

3.4. Установить для сигнала 3 кГц частоту дискретизации 6 кГц и, изменяя фазу АИМ отсчётов, исследовать зависимость амплитуды восстановленного сигнала от фазы амплитудно-модулированных импульсов при двукратном отношении F_d и F_s .

3.5. Установить развёртку лучей по времени – 200 мкс (цена деления 1 клетки), частота дискретизации 8000 Гц, сигнал «импульс» частота 1000 Гц. Исследовать точность восстановления импульсного сигнала по его дискретным отсчётам. Для этого красный луч осциллографа (правая кнопка) установить в

контрольную точку на выходе ФНЧ приёма, а синий луч – на выход формирователя сигнала на передаче. Зарисовать полученную осциллограмму и объяснить.

3.6. Изменяя частоту импульсов входного сигнала от 1 до 5 кГц исследовать точность восстановления на приёме импульсного сигнала по его дискретным отсчётам. Сделать соответствующие выводы.

Контрольные вопросы.

1. Какой сигнал можно передать посредством АИМ?
2. Как выбирается частота дискретизации?
3. В чём различие АИМ-1 и АИМ-2?
4. В чём достоинства и недостатки АИМ?
5. В чём достоинства и недостатки ШИМ?
6. В чём достоинства и недостатки ЧИМ?
7. В чём достоинства и недостатки ФИМ?
8. Сколько сигналов передаётся в конкретный момент времени в многоканальной системе передачи на основе ВРК?
9. Что такое скважность?
10. В чём преимущества ШИМ перед АИМ?
11. Какой самый помехоустойчивый вид импульсной модуляции?
12. Как разделяются каналы на приёмной стороне?
13. Для чего нужен ФНЧ на приёмной стороне?
14. Для чего нужна синхронизация?

Список литературы.

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 232с.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей / Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н. и др. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. 510 с.
3. Многоканальные системы передачи: Учебник для вузов / Под ред. Н.Н.Баевой и В.Н. Гордиенко. – М.: Радио и связь, 1997. 560с.
4. Телекоммуникационные системы и сети - современные технологии. Том 1: Учебное пособие для вузов / Б.И. Крук, В.Н. Попантопуло, В.П. Шувалов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. 647с.