



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ**

**Вострикова В. А.**

**Основы построения инфотелекоммуникационных  
систем и сетей связи**

**Методические указания по выполнению лабораторных работ**

**Самара - 2015**

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

**Кафедра Систем связи**

**Вострикова В.А.**

**Основы построения инфотелекоммуникационных  
систем и сетей связи.**

Методические указания по выполнению лабораторных работ.

**Самара  
2015**

Вострикова В.А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине « Основы построения инфотелекоммуникационных систем и сетей связи» .

Методические указания предназначены для студентов дневной формы обучения специальности: 11.03.02 инфокоммуникационные технологии и системы связи (для профилей оптические и проводные сети и системы связи и сети и системы радиосвязи).

Методические указания подготовлены на кафедре «Системы связи».

Методические указания рекомендованы к  
изданию методическим Советом ПГУТИ

© ФГОБУ ВПО ПГУТИ

© Вострикова В.А.

## Лабораторная работа №1

### Исследование АЧХ элементов тракта многоканальной системы передачи.

#### 1. Цель работы

Данная лабораторная работа позволяет произвести измерения амплитудно-частотную характеристику полосового фильтра, а также фильтров верхних и нижних частот.

#### 2. Содержание работы

1. Измерить АЧХ фильтра нижних частот.
2. Измерить АЧХ фильтра верхних частот.
3. Измерить АЧХ полосового фильтра.

#### 3. Домашнее задание

1. Изучить уровни сигналов, затухания, усиления, их виды, определения, взаимосвязь, методы измерения и расчета. Привести расчетные формулы.
2. Привести АЧХ фильтров: НЧ, ПЧ и ВЧ. Вспомнить, как они обозначаются в технике связи.
3. Определить абсолютный уровень мощности в точке цепи, где мощность равна  $W = 0; 2; 5; 10; 100$  мВт.

#### 4. Содержание контрольных вопросов

1. Для чего в технике связи используют фильтры?
2. Какие типы фильтров используются в технике связи?
3. Как выглядит идеальная АЧХ ПФ, ФНЧ и ФВЧ?
4. Как найти полосу пропускания и полосу задерживания для ФНЧ?
5. Дайте понятие полосы расфильтровки для ПФ.
6. Какой мощности, напряжению, току соответствует абсолютный уровень 0 дБ?
7. Какова взаимосвязь между уровнем мощности и уровнем напряжения?
8. Какова взаимосвязь между уровнем мощности и уровнем тока?
9. При каком условии абсолютные уровни мощности и напряжения будут равны?
10. Как связаны между собой относительные и абсолютные уровни?
11. По каким формулам можно перейти от абсолютных значений уровней мощности, напряжения и тока обратно к значениям мощности, напряжения и тока?

#### 5. Содержание отчета

1. Таблицы измеренных величин.
2. Нарисовать по полученным данным графики.
3. Сделать выводы полученным данным.

## 6. Порядок выполнения работы

Данная лабораторная работа выполняется на компьютере.

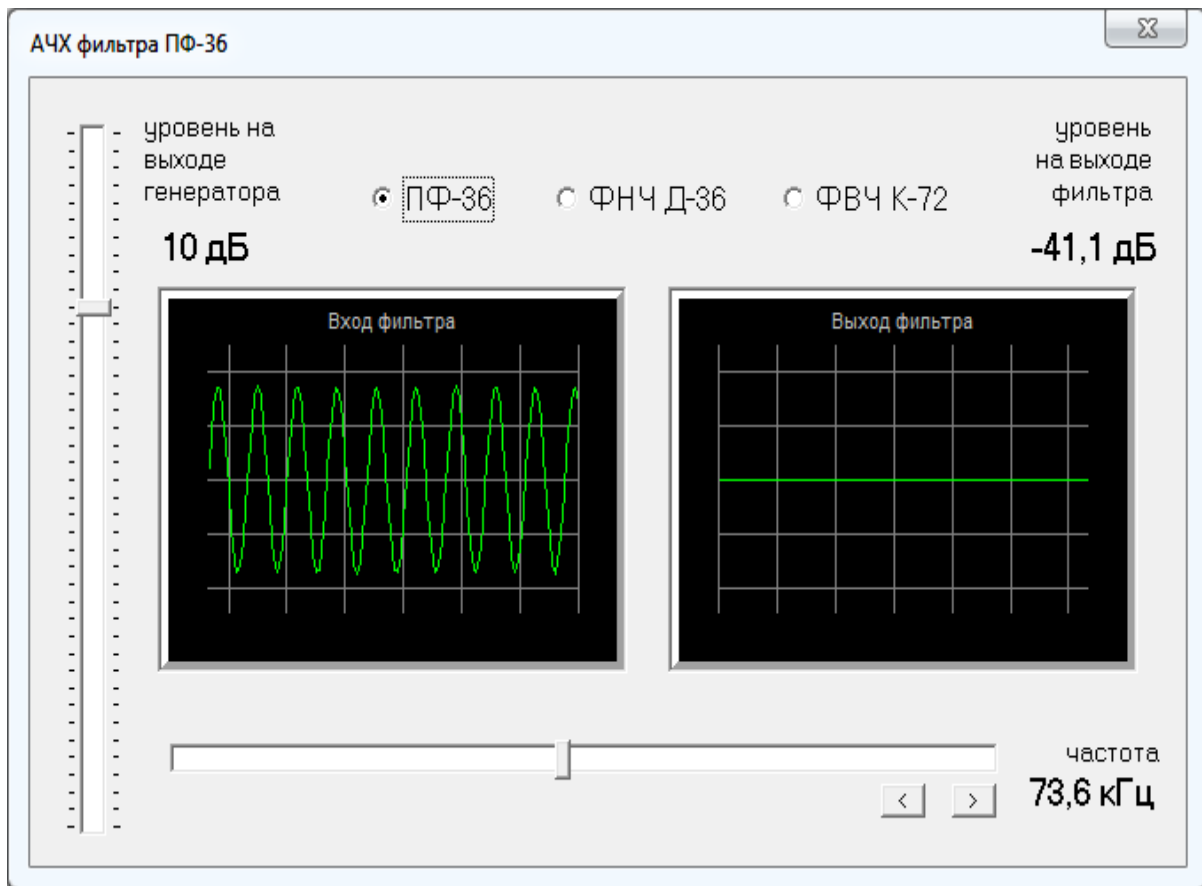


Рис 1.

С помощью программного обеспечения смоделирована схема (рис 1), позволяющая произвести измерение амплитудно-частотных характеристик различных видов фильтров применяемых в технике связи. Перед началом выполнения работы требуется определить, для какого типа фильтра (ФНЧ, ФВЧ или ПФ) будут производиться измерения. Так же требуется установить значение выходного уровня от задающего генератора, который будет одновременно входным уровнем для исследуемого фильтра.

Для того, чтобы в дальнейшем упростить расчеты рекомендуется выставить значение уровня на выходе генератора  $p_{вых\ g} = 10 \text{ дБ}$ . Этот же уровень будет являться входным уровнем для заданного фильтра  $p_{вх\ ф} = 10 \text{ дБ}$ .

Затем, задавая различные частоты, выявить тот момент, когда на входе исследуемого фильтра появится сигнал рис.2. Затем определить момент когда сигнал на выходе фильтра будет отсутствовать.

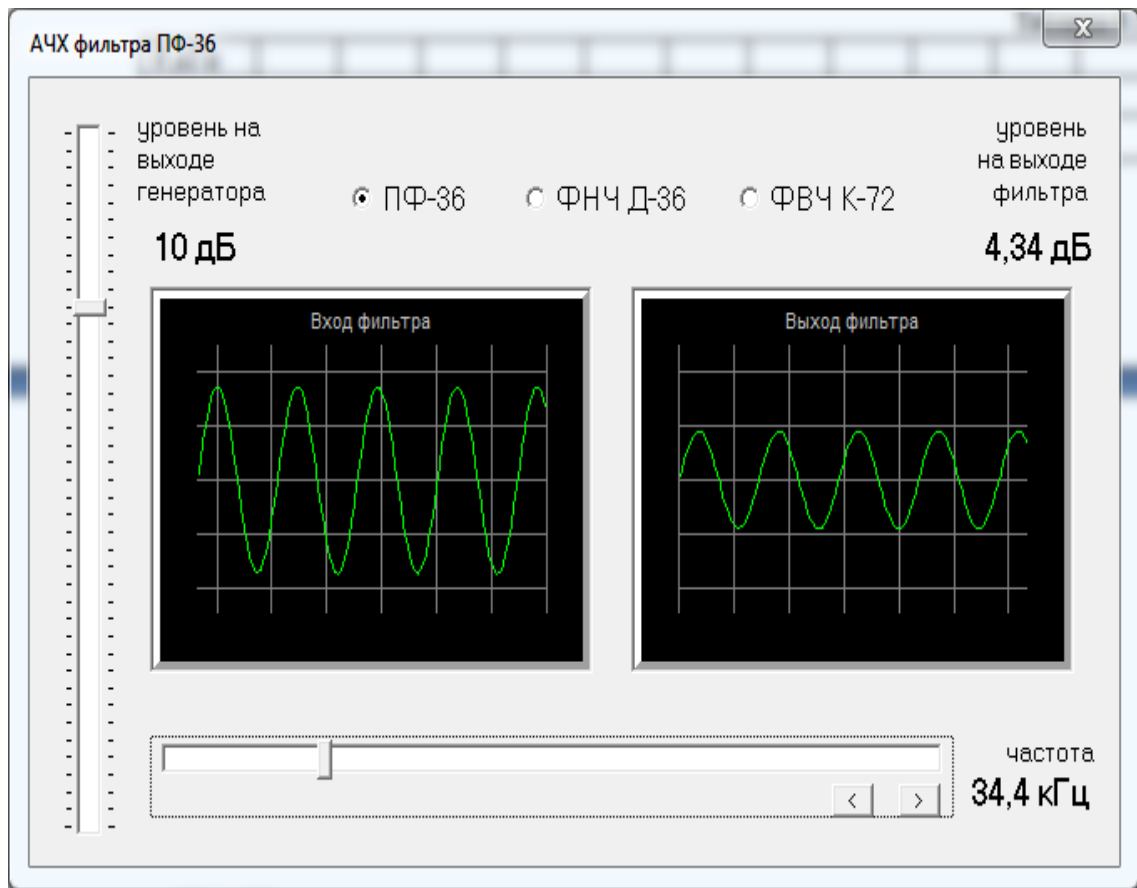


Рис 2.

В найденном диапазоне задать 15-20 значений частот и занести их в таблицу 1.1. Для данных значений в ту же таблицу записать получившиеся значения уровней сигнала на выходе фильтра. Рекомендуемый исследуемый диапазон частот для полосового фильтра 25-45 кГц. Занести в таблицу и несколько значений уровня мощности фильтра на выходе вне этого диапазона.

### АЧХ ПФ

Таблица 1.1

F,кГц											
$p_{вых}, дБ$											
$a_{нф}, дБ$											

Затем рассчитать получившиеся значения затухания ПФ по формуле:

$$a_{нф} = p_{вх} - p_{вых}, дБ \quad (1)$$

По полученным данным построить график  $a_{нф}(f)$ . Указать на графике полосу пропускания сигнала и полосы задержки сигнала. Определиться с граничными частотами данного фильтра. Сделать выводы.

Повторить все те же действия для измерения характеристики ФНЧ и заполнить таблицу 1.2. Рекомендуемый диапазон частот, для исследования фильтра низких частот 25-45 кГц. Занести в таблицу и несколько значений уровня мощности фильтра на его выходе вне этого диапазона.

## АЧХ ФНЧ

Таблица 1.2

F, кГц											
$p_{вых}, \text{дБ}$											
$a_{фнч}, \text{дБ}$											

По полученным данным построить график  $a_{фнч}(f)$ . Указать на графике полосу пропускания и полосу задерживания сигнала. Определиться с частотой среза данного фильтра. Сделать выводы.

Повторить те же действия для измерения характеристики ФВЧ и заполнить таблицу 1.3. Рекомендуемый для исследований диапазон частот 65-78 кГц. Занести в таблицу и несколько значений уровня на выходе фильтра вне этого диапазона.

## АЧХ ФВЧ

Таблица 1.3

F, кГц											
$p_{вых}, \text{дБ}$											
$a_{фвч}, \text{дБ}$											

По полученным данным построить график  $a_{фвч}(f)$ . Указать на графике полосу пропускания и полосу задерживания сигнала. Определиться с частотой среза данного фильтра. Сделать выводы.

## Литература

1. Гордиенко, В.Н. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: [Текст]: учебник для вузов / под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. - 2-е изд., доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. (Учебник для вузов) Стр. 8-13.
2. Иванов, В.И. Цифровые и аналоговые системы передачи: [Текст]: учебник для вузов / под ред. В.И. Иванова. / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др./– М.: Горячая линия – Телеком, 2005. (Учебник для вузов)

## Лабораторная №2.

### Исследование основных характеристик канала тональной частоты.

#### I. Цель работы

Изучение характеристик канала тональной частоты и освоения методики их измерения.

#### 2. Содержание работы

1. Измерить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) аналогового и цифрового канала тональной частоты.
2. Измерить амплитудную характеристику (АХ) аналогового и цифрового канала тональной частоты.
3. Измерить амплитудную характеристику (АХ) канала тональной частоты при включенном ограничителе амплитуды.

#### 3. Домашнее задание

1. Изучит основные характеристики КТЧ и способы их измерения.
2. Решить ряд задач.  
2.1 Амплитудная характеристика КТЧ описывается уравнением:  
 $U_{вых} = a_1 * U_{вх} + a_2 * U_{вх}^2 + a_3 * U_{вх}^3$ . Определить спектральный состав напряжения на выходе канала, если  $a_1 = 1$ ;  $a_2 = 0.1$  1/мВ;  $a_3 = 0.01$  1/мВ, при  $U_{вх} = 284$  мВ;  $U_{вх} = 1,472$  мВ;  $U_{вх} = 0,0775$  мВ.
- 2.2 Определить напряжение первой, второй и третьей гармоники.
- 2.3 Определить затухание нелинейности по второй и третьей гармоникам.

#### 4. Контрольные вопросы

1. Что такое остаточное затухание КТЧ? Нормы по рекомендации МСЭ-Т.
2. Как найти отклонение остаточного затухания и на какой частоте испытательного сигнала это делается?
3. Что такое эффективно – передаваемая полоса частот (ЭЭПЧ) и способы ее оценки.
4. Что такое амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) КТЧ и способы ее оценки
5. Что такое фазо-частотная характеристика (ФЧХ) КТЧ или характеристика группового времени прохождения (ГВП) и способы ее оценки? 6. Что такое амплитудная характеристика (АХ) КТЧ и способы ее оценки.
7. Что такое коэффициент гармоники и способы его оценки?
8. Как должны выглядеть идеальные АЧХ и АХ?
9. Что такое нелинейные искажения, и при каких условиях они будут отсутствовать?
10. Дайте понятия шаблона для КТЧ. Перечислите, какие виды шаблонов для КТЧ существуют?

#### 5. Содержание отчета

1. Зарисовать схему измерения.
2. Таблицы измеренных величин.
3. Анализ результатов измерений.



4. Вписать получившиеся графики АЧХ в заданный шаблон и сделать вывод о качестве заданного КТЧ.

### 6. Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на ПК. С помощью программного обеспечения смоделирована схема (рис 2.1), позволяющая произвести измерение остаточного затухания КТЧ.

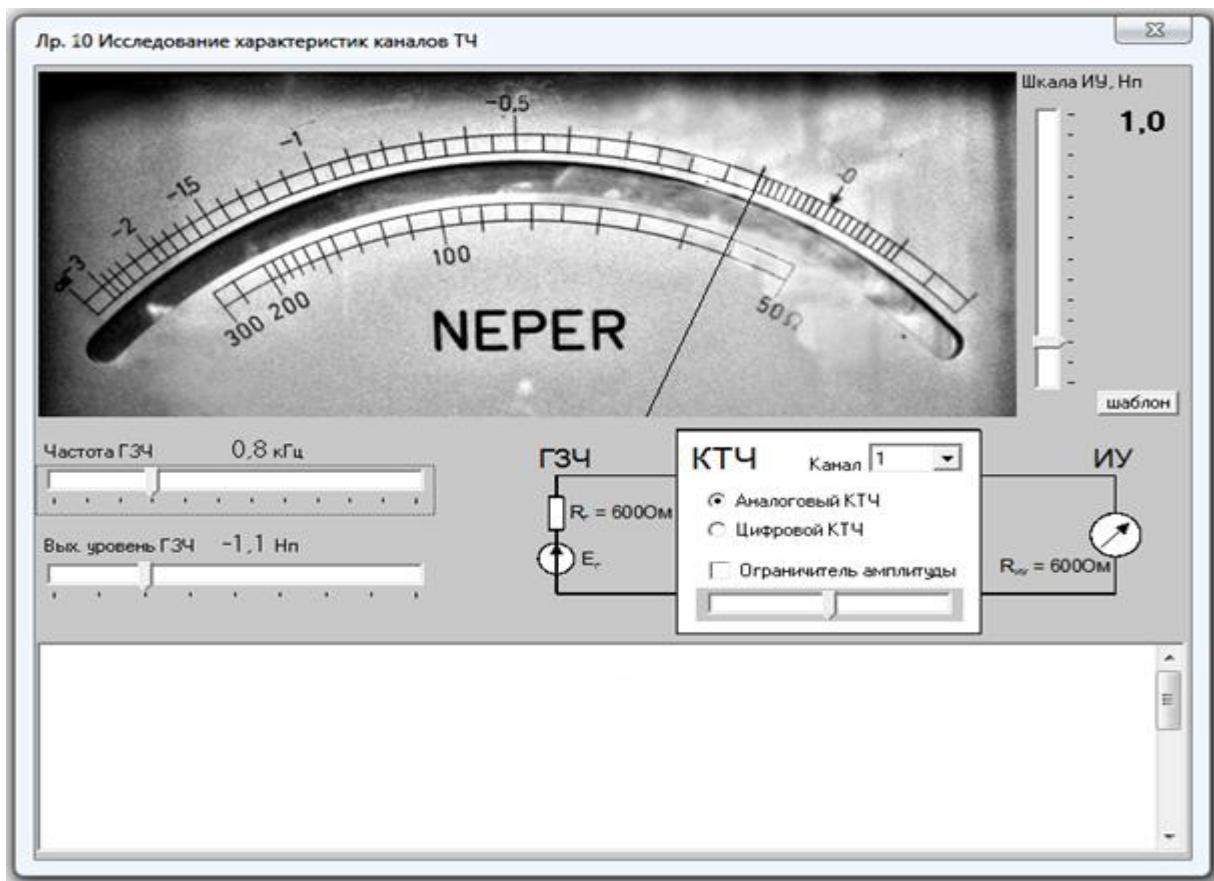


Рис 2.1.

В данную схему входят: генератор звуковых частот, односторонний канал тональной частоты, к выходным гнездам которого подключен измеритель уровня.

Перед началом выполнения работы требуется по указанию преподавателя выбрать номер канала от первого до восьмого (в окошке «канал»).

#### Для измерения остаточного затухания необходимо:

- от генератора звуковой частоты (ГЗЧ) подать на вход канала тестовый сигнал с частотой 800 Гц и выходным уровнем  $p_{вых} = -1.5$  Нп (-13 дБ). Для этого ползунковым потенциометром на шкале «частота ГЗЧ» с помощью мыши или клавиатуры «право→» «лево←» установить значение 0.8 кГц. Кликнуть мышью на потенциометр «Вых. уровень ГЗЧ» и с помощью мыши или клавиатуры «право→» «лево←» установить значение -1,5 Нп. Зафиксировать это значение в своем отчете.

Стрелочный прибор «Измеритель уровня» (ИУ) должен показать выходной уровень канала  $p_{вых} = 0,5$  Нп. Если выходной уровень не равен заданному значению, то с помощью регулятора усиления можно добиться соответствующего показания прибора. ИУ показывает значение выходного уровня в неперах. Слева от него находится переключатель чувствительности шкалы. С помощью этого переключателя можно расширить диапазон

измерений. Для этого, к значению которое показывает стрелка прибора, требуется прибавить значение поправочного коэффициента. Если значение поправочного коэффициента окрасилось в красный цвет, значит, вы в своих измерениях вышли за пределы допустимой шкалы измерений. Требуется перейти с помощью регулятора шкалы на следующий диапазон измерений.

**Под амплитудно-частотной характеристикой КТЧ - АЧХ КТЧ** (или просто частотной характеристикой канала), понимается зависимость отклонения остаточного затухания ( $a_{ост}$ ) от частоты ( $f$ ) при постоянном уровне на входе канала, т.е.  $p_{вх} = const$ .

**Для измерения АЧХ КТЧ необходимо:**

- от ГЗЧ на вход КТЧ подать ряд измерительных частот. Эти частоты указаны в таблице 2.1.

- входной уровень установить равным  $p_{вх} = -1,5$  Нп.

Измерения следует проводить сначала для аналогового, а затем цифрового КТЧ.

Заполнить таблицу 7.1, для этого следует выполнить следующие расчеты:

- остаточного затухания КТЧ  $a_{ост} = p_{вх} - p_{вых}$ ; (2.1)

- и отклонения остаточного затухания на частоте 800 Гц, для измеряемой частоты

$\Delta a_{ост} = a_{ост}(0,8 \text{ кГц}) - a_{ост}(\text{изм. } f)$  (2.2)

Таблица 2.1

F, кГц	0,3	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	3,4
$p_{вых}, \text{Нп}$				0,5						
$p_{вых}, \text{Дб}$										
$a_{ост}, \text{Дб}$										
$\Delta a_{ост}, \text{Дб}$				0						

Следует помнить, что  $1 \text{ Нп} \approx 8,7 \text{ Дб}$ .

Таблицу 2.1 следует заполнить сначала для аналогового, а затем для цифрового КТЧ.

По полученным данным построить графики  $\Delta a_{ост}(f)$  и вписать их в шаблоны принятые для цифрового и аналогового КТЧ. Данные шаблоны можно посмотреть в приложении к лабораторной работе. Сделать выводы о качестве исследуемого канала.

**Под амплитудной характеристикой канала (АХ канала)** понимается зависимость остаточного затухания канала от уровня сигнала на его входе, измеренная на некоторой обусловленной постоянной частоте ( $f=800$  Гц) измерительного сигнала на входе канала.

Для измерения амплитудной характеристики (АХ) КТЧ, необходимо:

- на входе канала установить измерительный уровень  $p_{вх} = -1,5$  Нп;

- от ГЗЧ подать на вход канала испытуемый сигнал с частотой 800 Гц;

- затем, изменяя уровень сигнала на входе канала, измерить с помощью ИУ уровни мощности на выходе для аналогового канала КТЧ (таб.2.2).

Таблица 2.2

$p_{вх}, \text{Нп}$	-2,5	-1,5	-1,1	-1,0	-0,5	0	0,5
$p_{вых}, \text{Нп (Дб)}$							
$a_{ост}, \text{Дб}$							
$\Delta a_{ост}, \text{Дб}$		0					

Построить графики  $\Delta a_{ост}(p_{вх})$  и сделать выводы по полученным результатам.

Повторить измерения уровня мощности сигнала на выходе для цифрового КТЧ, сначала при выключенном ограничителе амплитуд (ОА), а затем включив его (таб.2.3).

Заполнить таблицы 2.2 и 2.3 сначала для аналогового, а затем для цифрового КТЧ, выполнив требуемые расчеты.

Таблица 2.3

$p_{вх}, \text{Нп}$	-2,5	-1,5	-1,1	-1,0	-0,5	0	0,5
$p_{вых}, \text{Нп (Дб)}$							
$p_{вых}, \text{Нп (Дб) с вкл ОА}$							
$a_{ост}, \text{Дб}$							
$\Delta a_{ост}, \text{Дб}$		0					

Построить графики  $\Delta a_{ост}(p_{вх})$  и сделать выводы по полученным результатам.

### Приложение 1.

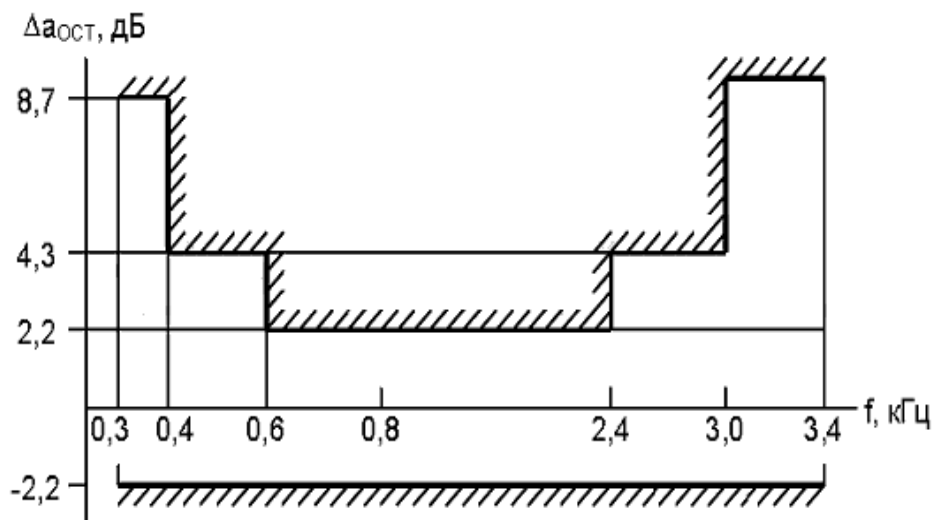


Рис.2.2-Шаблон отклонений остаточных затуханий аналогового канала ТЧ.

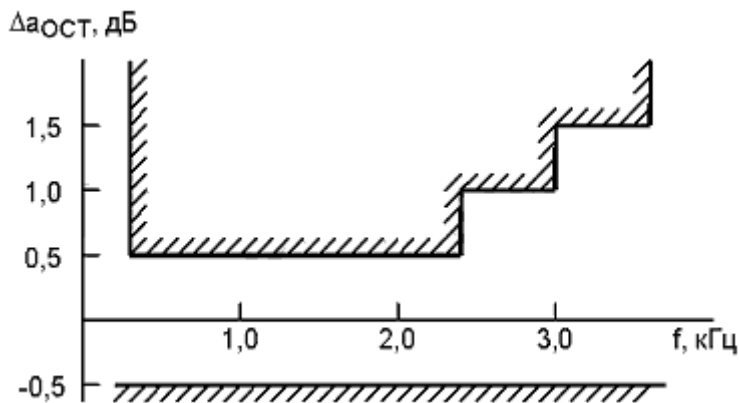


Рис.2.3 – Шаблон отклонений остаточного затухания цифрового канала ТЧ

## Лабораторная работы №3.

### Принципы построения аппаратуры связи с разделением каналов по частоте.

#### 1.Цель работы

Изучить принципы построения аппаратуры связи с разделением каналов по частоте.

#### 2.План работы

1. Выполнить предложенный в лабораторной работе тест.
- 2.Зарисовать структурную схему системы связи с разделением каналов по частоте.
- 3.Зарисовать формы токов в заданных точках схемы.
- 4.Произвести наблюдения взаимных переходов между каналами при включении групповых трактов в различных режимах.

#### 3.Содержание отчета

- 1.Структурная схема системы связи с разделение каналов по частоте.
- 2.Эарисовки формы тока в заданных точках макета.
- 3.Таблицы с измеренными величинами.
- 4.Выводы по результатам наблюдений.

#### 4.Домашнее задание

- 1.Проработать рекомендованную литературу.
- 2.Подготовить бланк отчета.
- 3.Проследить за изменением сигнала с частотой  $f_c=800$  Гц и подсчитать частоты в различных точка тракта системы с частотным разделением, если частота несущей на передатчике и приемнике  $f_n= 4000$  Гц и в передатчике выделяется верхняя боковая.
- 4.Решить задачу.

Спроектировать систему связи с ЧРК ,если заданы (табл. 3.1):

- а) число каналов в системе, N;
  - б) минимально возможная частота спектра,  $f_{min}$  ;
  - в) ширина полосы частот канала  $F_{H\div F_{\theta}}$  ;
  - г)крутизна частотной характеристики затухания канальных полосовых фильтров,S.
- В результате проектирования построить структурную схему системы и определить :
- ширину полосы линейного спектра системы ,  $\Delta f$  ;
  - нижнюю и верхнюю граничные частоты линейного спектра,  $f_n$  и  $f_{\theta}$  ;
  - величину защитного интервала между каналами ,  $f_3$  ;
  - значение несущих частот  $f_{нч}$ .

Таблица 3.1

Номер варианта	Число каналов N	$f_{min}$ .кГц	$F_{H\div F_{\theta}}$ , кГц	S , дБ/Гц
1	3	1	0,06-6,4	$48,7 \times 10^{-3}$
2	3	2	0,05-10,0	$38,2 \times 10^{-3}$
3	3	12	0,03-15,0	$53,0 \times 10^{-3}$
4	4	12	0,3-2,6	$56,5 \times 10^{-3}$
5	4	16	0,3-3,4	$68,0 \times 10^{-3}$

6	4	6	0,3-3,4	$45,2 \times 10^{-3}$
7	6	35	0,3-3,4	$58,0 \times 10^{-3}$
8	6	84	0,3-2,7	$69,5 \times 10^{-3}$
9	6	64	0,3-2,4	$62,7 \times 10^{-3}$
10	8	60	0,3-3,4	$80,0 \times 10^{-3}$

### 5.Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия « канал связи».
2. Перечислите достоинства и недостатки систем передачи с разделением каналов по частоте.
3. Укажите назначение узлов многоканальной системы с разделением многоканальной системы с разделением каналов по частоте ( по структурной схеме системы).
4. Какой вид модуляции используется в системах с частотным разделением каналов при преобразовании частот и почему?
5. Для чего в системах с ЧРК необходимо преобразование первичных сигналов?
6. Какова классификация способов передачи амплитудно-модулированных сигналов?
7. Каким образом выбираются несущие частоты в системах с частотным разделением каналов? Какие несущие частоты использовались в лабораторной работе?
8. Каковы достоинства и недостатки многоканальных систем с передачей одной боковой полосы частот без несущей (ОБП) ?
9. Укажите причины затрудняющие разделение сигналов в исследуемой системе.
10. Докажите необходимость многократного преобразования частоты в системах передачи с частотным преобразованием каналов.

### Порядок выполнения работы.

Лабораторная работа выполняется на ПК. С помощью программного обеспечения смоделирована схема (рис 3.1), имитирующая одностороннюю трехканальную систему с передачей одной боковой полосы частот без несущей. В данную схему входят: генераторы синусоидального колебания, заменяющие источники первичных сигналов, модуляторы, генераторы несущих частот приемника и передатчика, канальные полосовые фильтры приемника и передатчика, демодуляторы и фильтры нижних частот.

Слева расположена передающая часть, далее следуют три четырехполосника, имитирующие различные линии связи (линия связи без искажений, с линейным искажением и с нелинейными искажениями), затем приемная часть аппаратуры. В нижней части схемы находятся генераторы несущих частот. От генераторного оборудования на передатчики и на приемники подаются несущие частоты с интервалом в 4 кГц.

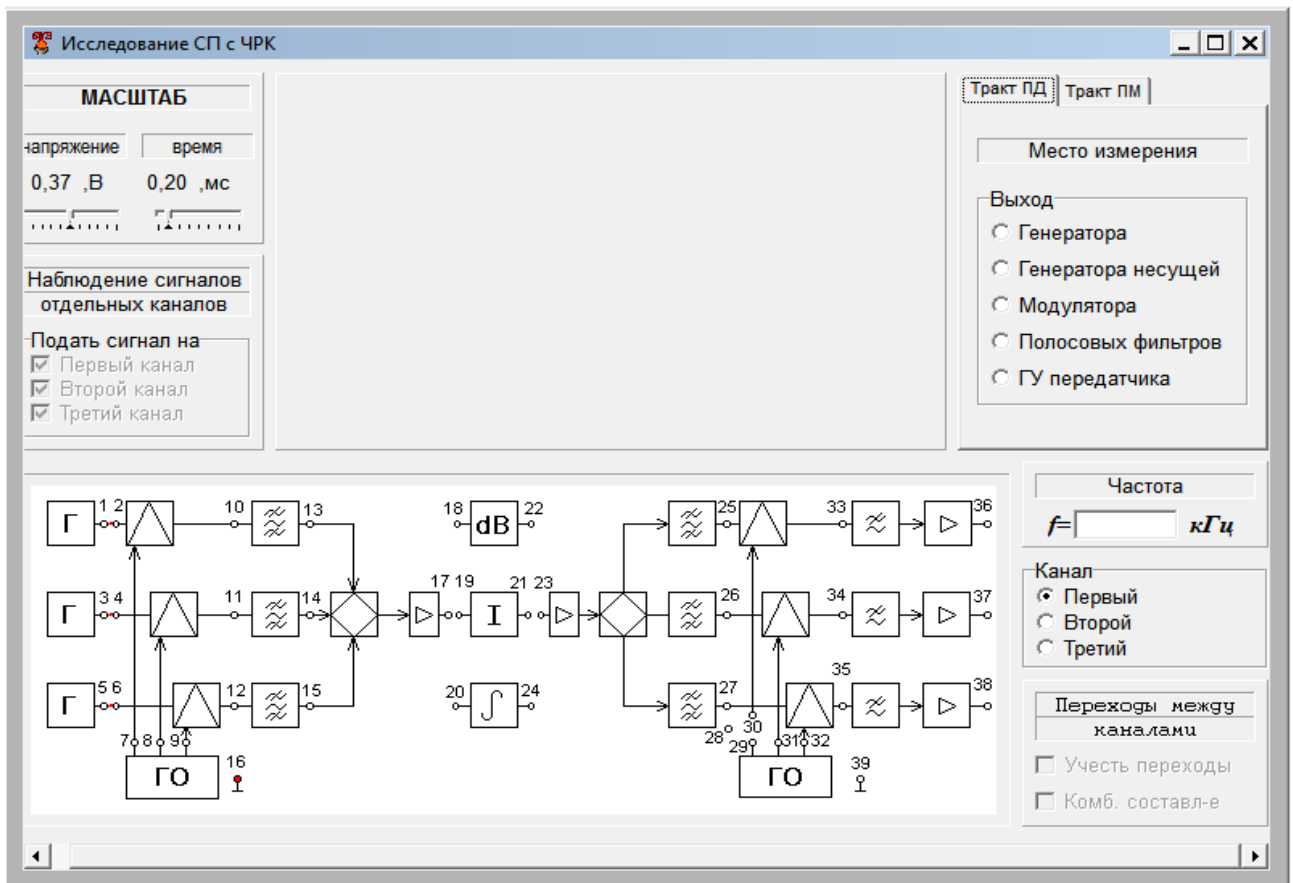


Рис.3.1

Соединения узлов показано в однопроводном изображении, вторым проводом будет является земля.

Место измерения на схеме показывается красными точками. Измерения начинаются с тракта передачи. В меню выбираем нужное место для измерения и начинаем производить наблюдение, измерение и зарисовку формы тока сигналов в следующем порядке:

1. Первичные сигналы на входе первого, второго и третьего каналов, соответственно в точках 1-16, 3-16, 5-16.

2. На выходе генераторов несущих частот передатчика в точках 7-16, для первого канала. А затем в точках 8-16 и 9-16 соответственно для второго и третьего каналов.

3. На выходе модуляторов первого, второго и третьего каналов в соответствующих точках схемы 10-16, 11-16, 12-16.

4. На выходе индивидуального тракта каналов (после полосовых канальных фильтров передатчика). В точках 13-16, 14-16, 15-16.

5. На выходе группового тракта в точках 17-16.

Для продолжении работы нужно перейти в меню и выбрать режим передачи. Исследовать в дальнейшем линию передачи без искажений.

6. Затем проконтролировать и зарисовать сигналы на выходе канальных фильтров приемника в точках 25-39, 26-39, 27-39.

7. На выходе генераторов несущих частот приемника в точках 28-39, 29-39, 31-39.

8. На выходе демодуляторов первого, второго и третьего каналов в точках 33-39, 34-39, 35-39.

9. На выходе первого, второго и третьего каналов в гнездах 36-38, 37-39, 35-39. Полученные результаты занести в таблицу 3. 2.

Таблица 3.2

№	Место измерения	№ точки	Форма тока	Частота , кГц
1	2	3	4	5
1	<b>Передача:</b> Выход генератора (f=800 Гц)	1-16 или 3-16,5- 16		
2	Выход генератора несущей: 1 канал 2 канал 3 канал	7-16 8-16 9-16		
	Выход модулятора: 1 канал 2 канал 3 канал	10-16 11-16 12-16		
3	Выход полосовых фильтров: 1 канал 2 канал 3 канал	13-16 14-16 15-16		
5	Выход ГУ передатчика:	17-16		
6	<b>Прием:</b> Выход полосовых фильтров: 1 канал 2 канал	25-39 26-39 27-39		
7	3 канал			
	Выход генератора несущей: 1 канал	30-39 31-39 32-39		
8	2 канал 3 канал	33-39		
	Выход демодуля- торов: 1 канал	34-39 35-39		
9	2 канал 3 канал			
	Выход канала : 1 канал 2 канал 3 канал	36-39 37-39 38-39		

### Литература

1. Гордиенко, В.Н. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: [Текст]: учебник для вузов / под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. - 2-е изд., доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. (Учебник для вузов)
2. Иванов, В.И. Цифровые и аналоговые системы передачи: [Текст]: учебник для вузов / под ред. В.И. Иванова. / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др./– М.: Горячая линия – Телеком, 2005.