

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине  
**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ  
ПЕРЕДАЧИ И СРЕДСТВА ИХ ЗАЩИТЫ**

Направление подготовки	10.03.01 Информационная безопасность
Профиль	Комплексная защита объектов информатизации
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная
Учебный план	2020 г.

Пятигорск, 2020 г.

## **Введение**

Основной целью современного высшего образования является развитие компетентностного подхода.

Профессиональные компетенции – готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с предъявляемыми требованиями, методически организованно и самостоятельно решать задачи и профессионально трактовать проблемы.

При подготовке бакалавров по направлению 10.03.01 «Информационная безопасность» необходимо сформировать у обучаемого ряд профессиональных компетенций.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа №1</b> «Принципы построения многоканальной системы передачи с частотным разделением каналов».....	3
<b>Лабораторная работа №2</b> «Изучение принципов построения аппаратуры многоканальной связи с разделением каналов по времени».....	6
<b>Лабораторная работа №3</b> «Исследование электрических характеристик канала тональной частоты».....	10
<b>Лабораторная работа №4.</b> «Исследование дифференциальных систем»..	13
<b>Лабораторная работа №5.</b> «Изучение оконечной аппаратуры системы передачи к - 60п».....	19
<b>Лабораторная работа №6.</b> «Изучение кодирующего устройства».....	27
<b>Лабораторная работа №7.</b> «Исследование регенератора ЦСП».....	30
<b>Лабораторная работа №8.</b> «Необслуживаемый регенерационный пункт НРП-К12 системы передачи ИКМ-30».....	33
<b>Лабораторная работа №9</b> «Технические средства защиты информации в телефонных линиях».....	38
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1</b> .....	55
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2</b> .....	57

## Лабораторная работа №1 «Принципы построения многоканальной системы передачи с частотным разделением каналов»

**Цель работы:** Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов (МСП с ЧРК). Исследование влияния линейных и нелинейных искажений группового тракта на качество связи в МСП с ЧРК.

### Описание макета.

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

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

- а) линию не вносящую искажений;
- б) линию вносящую линейные искажения;
- в) линию вносящую нелинейные искажения.

Подключение необходимого четырехполюсника осуществляется соответствующей коммутацией дужек.

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

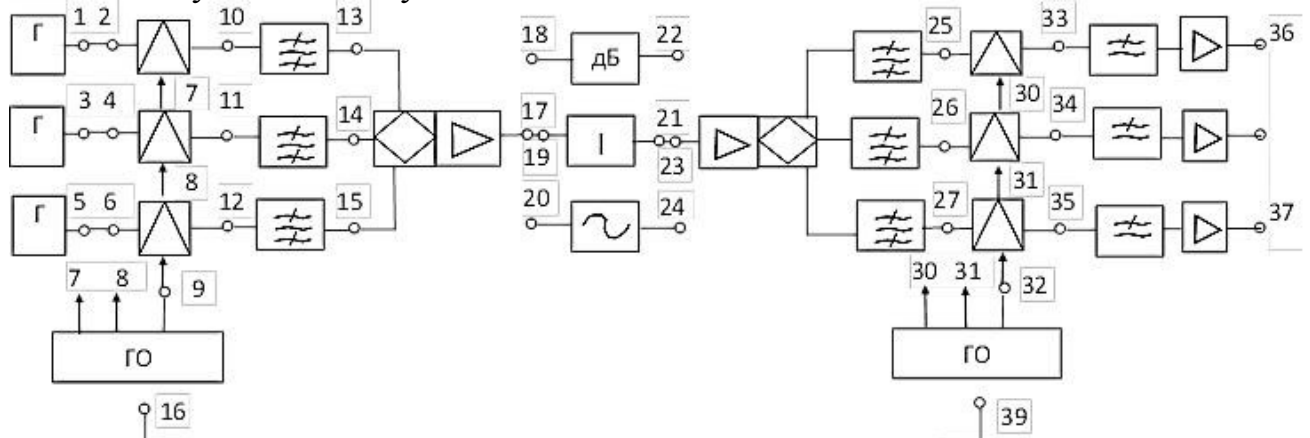


Рис. 1.1. Структурная схема МСП с ЧРК на лицевой панели макета. Несущие частоты, отличающиеся по частоте друг от друга на 4 кГц,

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

## Задание к лабораторной работе:

1. Изучить литературу [1] с. 25 - 27, 80 - 87, [2] с. 11 - 14, приложение 1.1.
2. Подготовить бланк для отчета, в котором должны быть приведены структурная схема МСП с ЧРК и формы таблиц.
3. Составить отчёт о проделанной работе.

## Порядок выполнения работы:

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

Таблица 1.1.

Тип линии	Номер влияющ	Номер канала,	Уровень сигналов,	Уровень переходны	Защищенность Аз, дБ
-----------	--------------	---------------	-------------------	-------------------	---------------------

	его канала	подверженн ого влиянию	подверженных влиянию каналов	х помех P <sub>пн</sub> , д Б	
Линия без искажений					
Линия с линейными искажениями					
Линия с нелинейными искажениями					

- подать на вход подверженных влиянию каналов первичные сигналы и измерить уровень сигнала на их выходах;
- определить защищенность от переходных помех для подверженных влиянию каналов в д Б по формуле:

$$A_3 = P_c - P_{пн} ,$$

Где:

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

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

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

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

Сравнить полученные результаты и сделать соответствующие выводы.

### **Оформление отчета:**

В папку с фамилией студента помещается отчет по лабораторной работе (оформляется в программной оболочке MicrosoftWord либо других редакторах);

### **Отчет должен содержать:**

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

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение понятия «Канал связи».
2. Укажите назначение узлов многоканальной системы с разделением каналов по частоте (по структурной схеме системы).
3. Для чего в МСП с ЧРК необходимо преобразование частоты?
4. Какова классификация способов передачи амплитудно-модулированных сигналов?

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под ред. Н.Н. Баевой и В.И. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997г. - 559 с.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1995г. - 231 с.

### **Лабораторная работа №2 «Изучение принципов построения аппаратуры многоканальной связи с разделением каналов по времени»**

**Цель работы:** Изучить принцип построения аппаратуры многоканальной связи с разделением каналов по времени.

#### **Описание макета.**

Макет лабораторной работы представляет собой трехканальную систему с разделением каналов по времени. В реальных системах с временным уплотнением используются различные виды импульсной модуляции, часто в сочетании с одним из известных методов непрерывной

(аналоговой) модуляции. В настоящей лабораторной работе изучается принцип временного уплотнения с АИМ.

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

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

Приемник включает:

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

### **Содержание работы.**

1. Ознакомиться с макетом лабораторной работы и с измерительными приборами.
2. Произвести наблюдение осциллограмм в характерных точках макета и их оценку.
3. Оценить влияние линейных искажений группового тракта на систему АИМ - ВР.
4. Оценить влияние нелинейных искажений группового тракта на систему АИМ - ВР.



## Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с макетом и измерительными приборами.

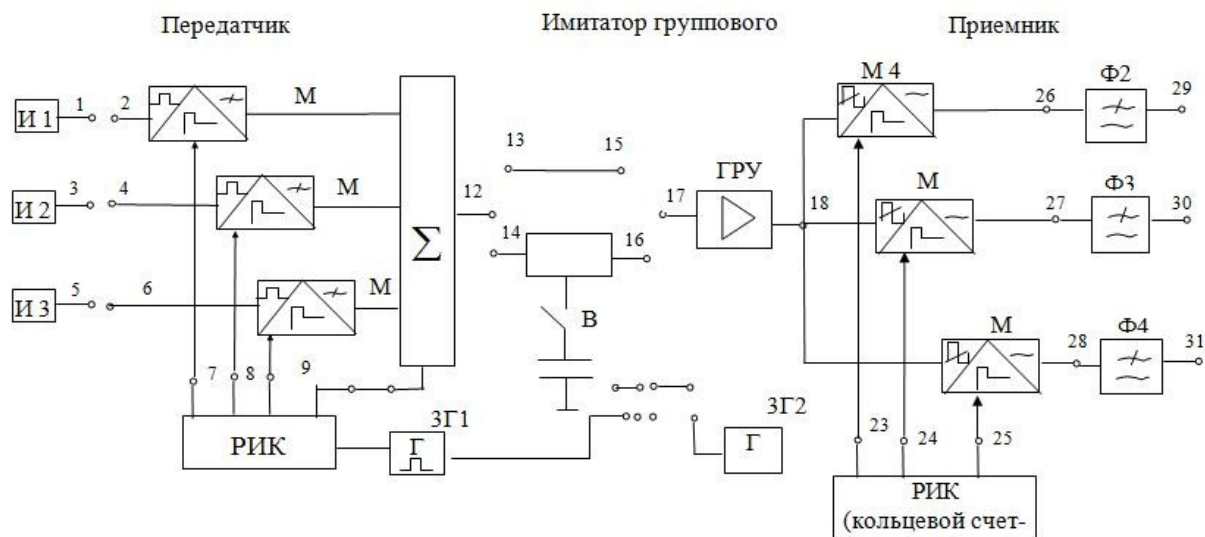


Рис. 2.1.

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

$$A_{31} = P_c - P_{nn},$$

- аналогично определить защищенность  $A_{32}$  во втором и  $A_{33}$  в третьем каналах.
- для получения линии с линейными искажениями подключить к линии тумблером конденсатор;
- определить защищенность  $A_3$  в первом, втором и третьем каналах от помех линейных переходов в дБ.

### **Оформление отчета:**

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в электронном виде.

### **Отчет должен содержать:**

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

### **Контрольные вопросы:**

1. В чем заключается принцип временного уплотнения линий связи?
2. Исходя из каких соображений выбирается частота дискретизации (частота стробирования) канального сигнала во времени?
3. Какое назначение узлов системы АИМ - ВР?
4. Для чего нужна синхронизация в системе АИМ - ВР?

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Многоканальные системы передачи. Под.ред. Н.Н. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь. 1997 - с. 559.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под.ред. В.И. Иванова. - М.: Ра-дио и связь, 1995 - с. 231.

## Лабораторная работа №3 «Исследование электрических характеристик канала тональной частоты»

**Цель работы:** Исследование основных электрических характеристик канала тональной частоты (ТЧ).

### Описание макета.

Структурная схема лабораторного макета канала ТЧ, приведенная на лицевой панели, представлена на рис. 3.1. Макет канала ТЧ содержит основные устройства канала передачи:

- тракт передачи одной оконечной станции, куда входят удлинитель (Удл.1), дифференциальное устройство (ДУ), ограничитель амплитуд (ОА), удлинитель (Удл.2), модулятор (М), каналный фильтр (КФ) и усилитель (Ус);
- тракт приема противоположной оконечной станции, состоящий из канального фильтра (КФ), демодулятора (ДМ), фильтра нижних частот (ФНЧ), усилителя нижних частот (УНЧ), дифференциального устройства (ДУ) и удлинителя (Удл.3).

Тракт передачи одной оконечной станции соединен с трактом приема противоположной станции искусственной линией (ИЛ), заменяющей линию связи. Несущая частота на модулятор и демодулятор подается от генератора синусоидальных колебаний.

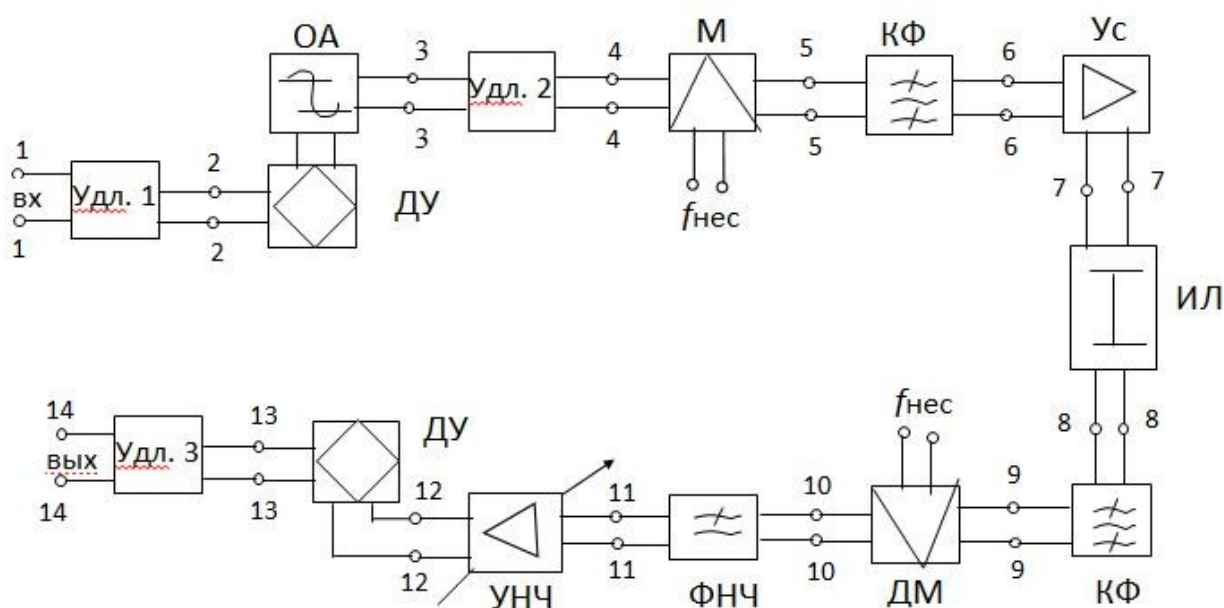


Рис. 3.1. Структурная схема канала ТЧ.

**Задание к лабораторной работе:**

1. Изучение характеристик канала ТЧ и методов их измерения.
2. Измерение характеристик канала ТЧ.
3. Анализ полученных результатов

### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с лабораторным макетом канала ТЧ и применяемыми измерительными приборами.
2. Включить питание макета.
3. Измерение диаграммы уровней.
4. Для измерения диаграммы уровней на вход канала (1-1) подается сигнал с частотой 1020 Гц от измерительного генератора с нулевым уровнем и с выходным сопротивлением 600 Ом. Измерить уровень сигнала на выходе каждого блока канала в соответствующих измерительных гнездах, подключаясь указателей уровня с высокоомным входным сопротивлением.

Перед измерением диаграммы уровней необходимо установить номинальный уровень на выходе канала + 4дБ, пользуясь регулятором усиления усилителя.

5. Измерение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

Перед измерением АЧХ необходимо остаточное затухание привести к норме на частоте 1020 Гц. Для этого на вход канала подключают измерительный генератор, а на выход канала - измеритель уровня.

Устанавливая на генераторе частоты, указанные в соответствующих графах табл. 3.1., и поддерживая входной уровень канала равным 0дБ, измеряют уровень на выходе канала  $R_{\text{вых}}$ . Полученные данные измерений занести в таблицу 1.1.

Таблица 3.1.

$f$ , к Гц	0,3	0,4	0,6	0,8	1,02	1,3	1,6	2,0	2,4	2,7	3,0	3,4
$R_{\text{вых}}$ , дБ												
$a_{\text{ост}}$ , дБ												
$\Delta a_{\text{ост}}$ , дБ												

Остаточное затухание канала ТЧ вычисляется по формуле:  $a_{\text{ост}} = R_{\text{вх}} - R_{\text{вых}}$ .

По измеренным данным строится АЧХ канала в виде зависимости:

$$\Delta a_{\text{ост}} = F(f)$$

$$\Delta a_{\text{ост}} = a_{\text{ост}f} - a_{\text{ост} = 1020 \text{ Гц}}$$

где  $a_{\text{ост}f}$  - значение остаточного затухания на измеряемой частоте;

$a_{\text{ост} = 1020 \text{ Гц}}$  - значение остаточного затухания, измеренное на частоте 1020 Гц.

Полученная характеристика сравнивается с нормой - с шаблоном АЧХ канала (см. рис. 3.2.).

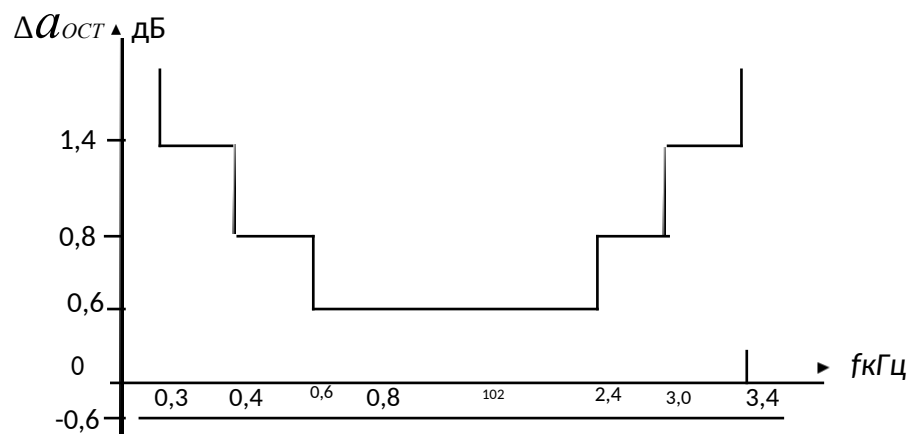


Рис. 3.2. Шаблон допустимых отклонений остаточного затухания канала ТЧ при одном переприемном участке.

Примечание. Значение частот по оси абсцисс строятся в логарифмическом масштабе, т.е., например,  $\lg 300$ ,  $\lg 400$ ,  $\lg 600$  и т.д.

6. Измерение амплитудной характеристики (АХ).

На вход канала подают сигнала с частотой 1020 Гц и уровнями  $P_{вх}$ , указанными в табл. 1.2. На выходе канала измеряют уровень  $P_{вых}$ . Данные измерений заносятся в табл.3.2. и по ним строят график зависимости  $P_{вых} = F(P_{вх})$ , или график зависимости  $a_{ост} = F(P_{вх})$ .

Таблица 3.2.

$P_{вх}$ , дБ	- 40	- 30	- 26	- 20	- 13	- 10	- 5	- 3,5	0	+ 5	+ 10
$P_{вых.}$ , дБ											
$a_{ост}$ , дБ											

**4. Содержание отчета.**

1. Структурная схема канала ТЧ.
2. Результаты измерений, сведенные в таблицы 3.1., 3.2.
3. Графики измеренных характеристик.
4. Краткий анализ полученных результатов и выводы.

**5. Оформление отчета:**

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в отпечатанном виде на листах формата А4.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение канала связи. Перечислите основные параметры и характеристики канала ТЧ. С какой целью их нормируют?
2. Какие точки на схеме разделяют: канал ТЧ и двухпроводное окончание; низкочастотную (тональную) и высокочастотную части аппаратуры?
3. Что называется остаточным затуханием?
4. Что называется амплитудно-частотной характеристикой и как она измеряется?

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под.ред. Н.Н. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997г. - 559 с.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под.ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1995г. - 231 с.

### **Лабораторная работа №4.**

«Исследование  
дифференциальных систем»

**Цель работы:** Расчет и экспериментальная проверка параметров дифференциальных систем.

#### **Описание макета**

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

Схемы устройств представлены на рис. 4.1. и 4.2.

Обмотка дифференциального трансформатора имеет следующее число витков:

$$W_{1a} = W_{1б} = W_{1ε} = W_{1г} = 250, W_2 = 500 .$$

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

$$m = \frac{W_{1a} + W_{1б}}{W_{1ε} + W_{1г}} = 1, n = \frac{W_{1a} + W_{1б} + W_{1ε} + W_{1г}}{W_2} = 2.$$

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

$$m = \frac{W_{1б} + W_{1ε} + W_{1г}}{W_{1a}} = 3, n = 2.$$

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

## 1. Содержание работы.

1. Измерение рабочих затуханий равноплечной и неравноплечной уравновешенной трансформаторной дифференциальной системы.
2. Измерение затухания равноплечевой неуравновешенной трансформаторной дифференциальной системы при различных значениях сопротивления балансного контура.
3. Измерение рабочих затуханий резисторной дифференциальной системы.

## 2. Задание.

1. Изучить литературу [1] с. 51 - 56, [2] с. 16 - 21.
2. Выполнить следующие расчеты необходимые для выполнения лабораторной работы (см. рис. 4.1.),

где  $Z_1$  - входное сопротивление со стороны зажимов 1-1';  $Z_2$  - входное сопротивление со стороны зажимов 2-2';  $Z_3$  - входное сопротивление со стороны зажимов 3-3';  $Z_4$  - входное сопротивление со стороны зажимов 4-4'.

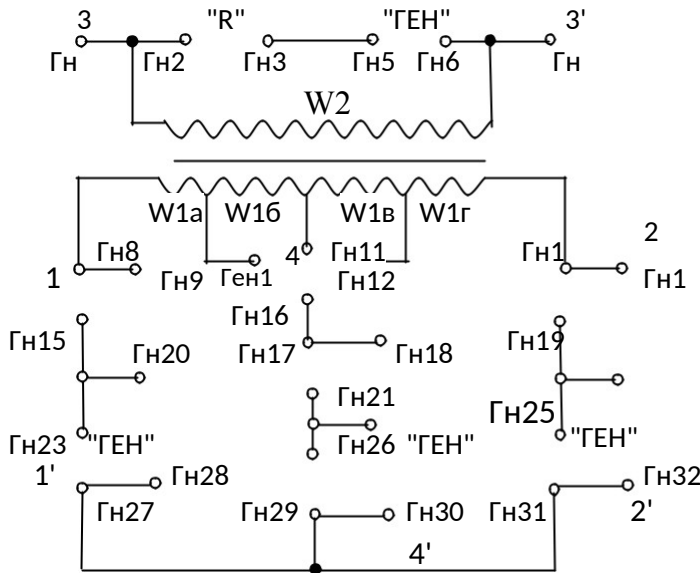


Рис. 4.1.

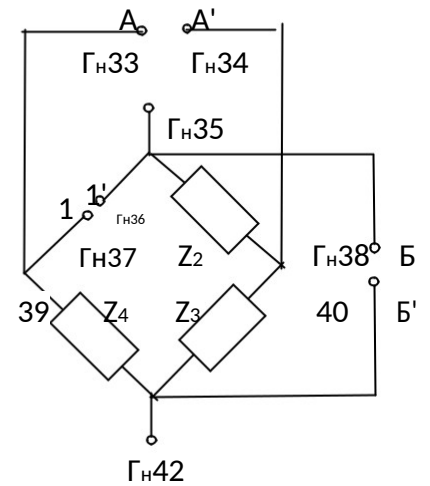


Рис. 4.2.

3. Рассчитать при известном  $Z_1$  согласованные сопротивления дифференциальной системы по формулам:

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

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

4. Рассчитать значения  $Z_2$  при различных значениях коэффициента неуравновешенности по формуле:

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

где коэффициент неуравновешенности  $\delta$  равен: 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1.



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

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

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

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

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

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

6. Результаты расчетов свести в таблицы 4.1. и 4.2.

#### Порядок выполнения работы.

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

Величина рабочего затухания в дБ определяется по формуле:

$$a_{изм} = P_{изм} - P_{ГЕН} + 10 \lg \frac{Z_H}{Z}, \quad (1)$$

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

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

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1.

Тип ДС	Направлен ие передачи	$P_{\text{ген.}}$ , дБ	$P_{\text{вых.}}$ , дБ	$10 \lg \frac{Z_{\text{н}}}{z}$ , дБ	$A_{\text{изм.}}$ ' дБ	$A_{\text{расч.}}$ ' дБ
Равноплечный						
Неравноплечный						

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

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

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

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

$\delta$	$Z_2$ , Ом	$P_{\text{ген.}}$ , дБ	$P_{1-1'}$ , дБ	$P_{3-3'}$ , дБ	$10 \lg \frac{Z_4}{z_1}$ , дБ	$10 \lg \frac{Z_4}{Z_2}$	$A_{4-1}$	$A_{4-3}$	
								изм.	расч.
0									
0,1									
0,2									
0,5									
1,0									

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

#### 5. Измерения затухания резисторной дифсистемы.

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

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

Затухание будет равно:

$$a = P_{\text{ген}} - P_{\text{изм}} \quad (2)$$

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

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

#### 4. Оформление отчета:

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в отпечатанном виде на листах формата А4.

#### 5. Отчет должен содержать:

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

#### 6. Контрольные вопросы:

1. Назначение дифференциальных систем.
2. Чем объяснить различие между расчетными и экспериментальными значениями затухания?

3. Почему измеренные затухания  $a_{1-3}$  и  $a_{1-4}$  получились отличными от расчетных?
4. Каковы физические и аналитические условия развязки трансформаторной дифсистемы в направлениях от зажимов 1 - 1' к зажимам 2 - 2' и от зажимом 3 - 3' к зажимам 4 - 4'?

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под.ред. Н.Н. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997. - с. 559.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под.ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1995 - с. 231.

## **Лабораторная работа №5.«Изучение оконечной аппаратуры системы передачи к - 60п»**

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

### **Теория**

#### **Краткая характеристика системы передачи К - 60П.**

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

Номинальный относительный уровень передачи в линию без предыскажения по всем каналам равен -5 дБ, с предыскажением по

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

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

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

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

### **Формирование линейного спектра.**

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

Индивидуальное преобразование спектра частот 0,3 - 3,4 кГц каждого из 12 каналов тональной частоты осуществляется соответственно с помощью одной из несущих частот: 108; 104; ...; 64 кГц. В результате этого преобразования образуется спектр стандартной первичной группы 60,6 - 107,7 кГц (60 - 108 кГц) причем первый канал занимает спектр частот 104,6 - 107,7 кГц; второй канал - 100,6 - 103,7 кГц и т.д.; 12 канал - 60,6 - 63,7 кГц.

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

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

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

И н в е р с н ы й спектр частот (рис. 5.2) получается с помощью других групповых несущих частот для первых четырех групп: 252; 300; 348; 396 кГц.  
 Вторичная группа (инверсный спектр)

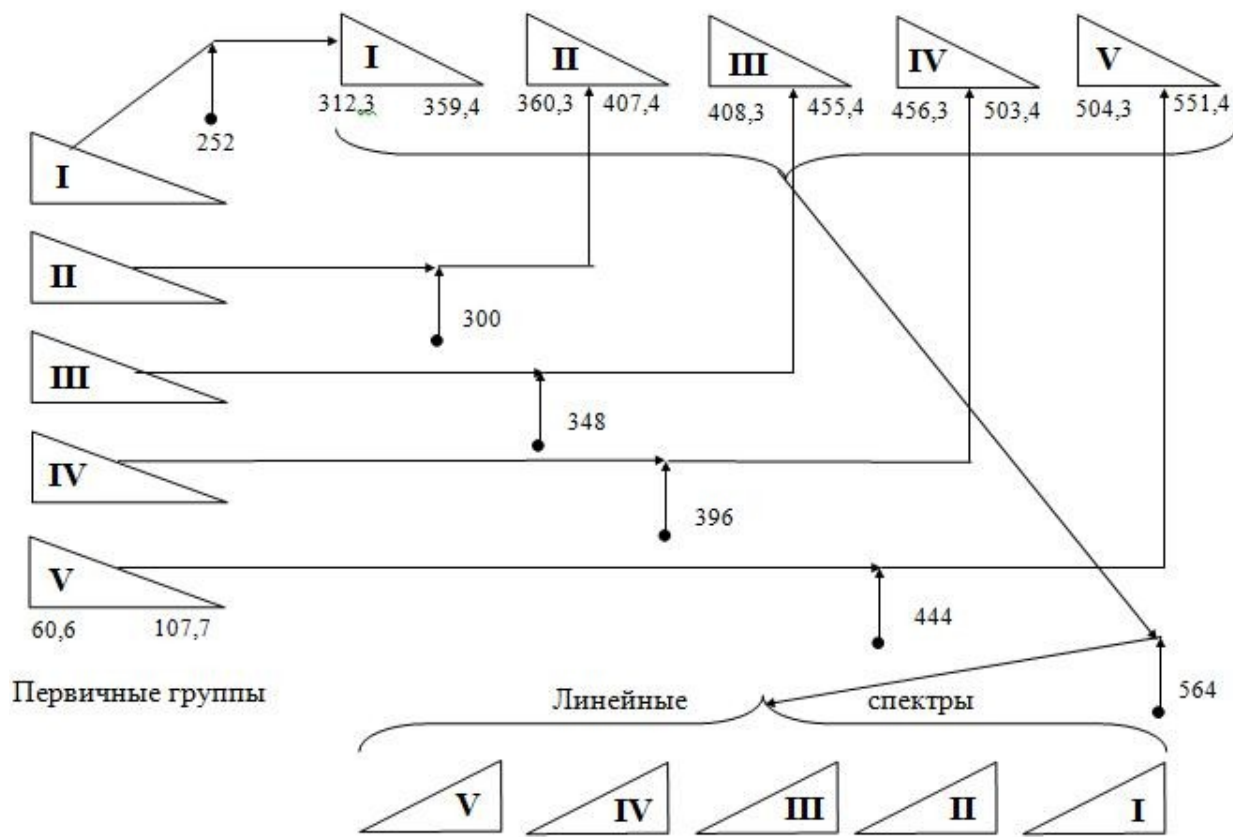


Рис. 5.2

Полученная вторичная группа отличается от стандартной обратным расположением спектров всех первичных групп.

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

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

Наряду с основным и инверсным линейным спектрами возможно применение дополнительного спектра (идентичного спектру вторичной стандартной группы). Формирование дополнительного спектра (рис. 5.3) производится при необходимости согласования со стандартным спектром вторичной группы более мощных систем (К - 300, К - 1920 и др.).

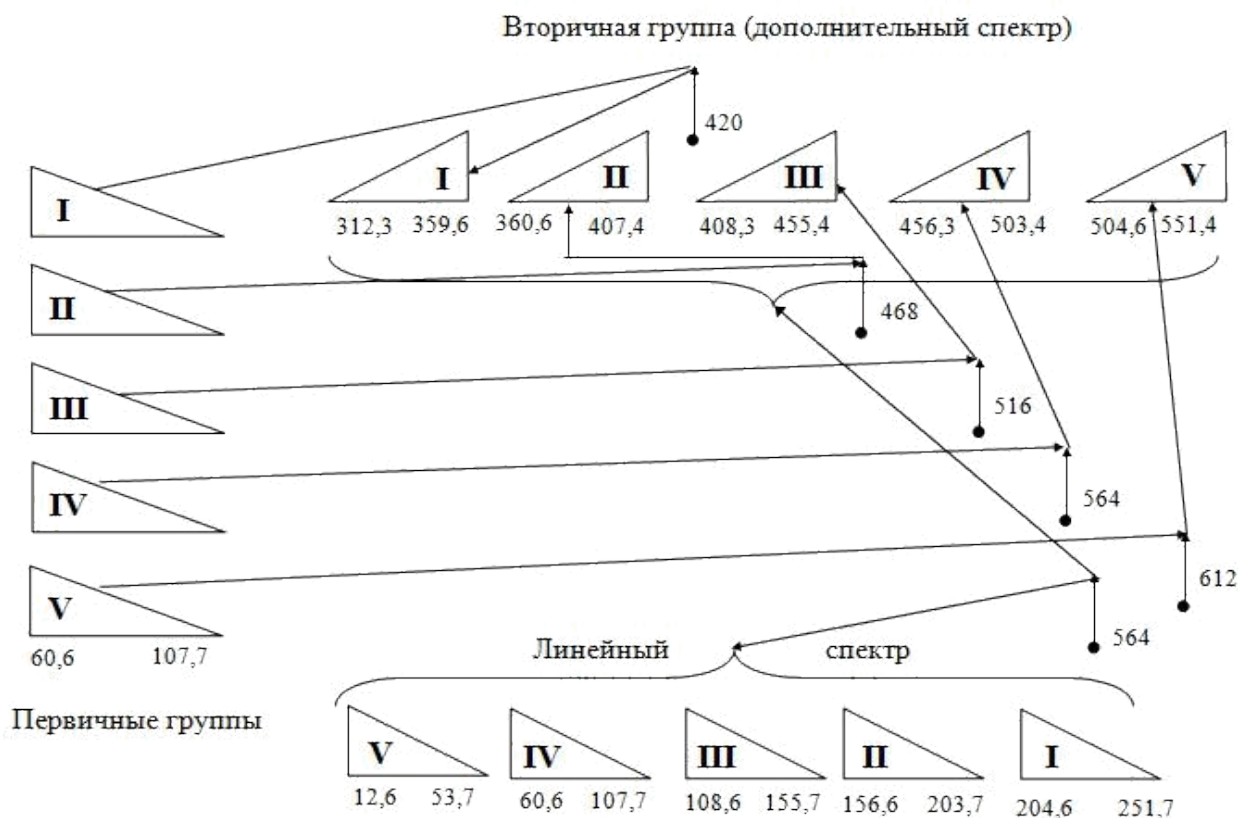


Рис. 5.3

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

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

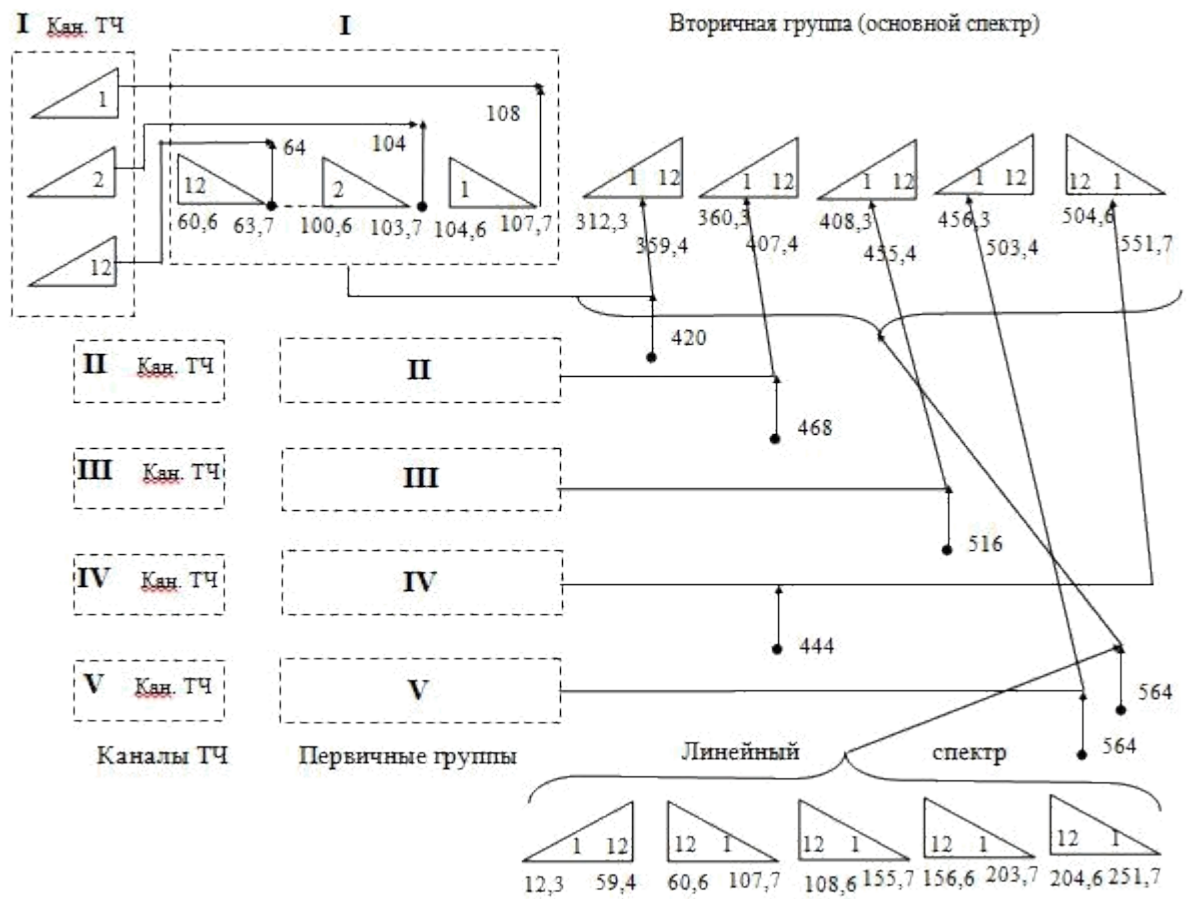


Рис. 5.1.

Структурная схема СЛУК - ОП представлена на рис.5.4.



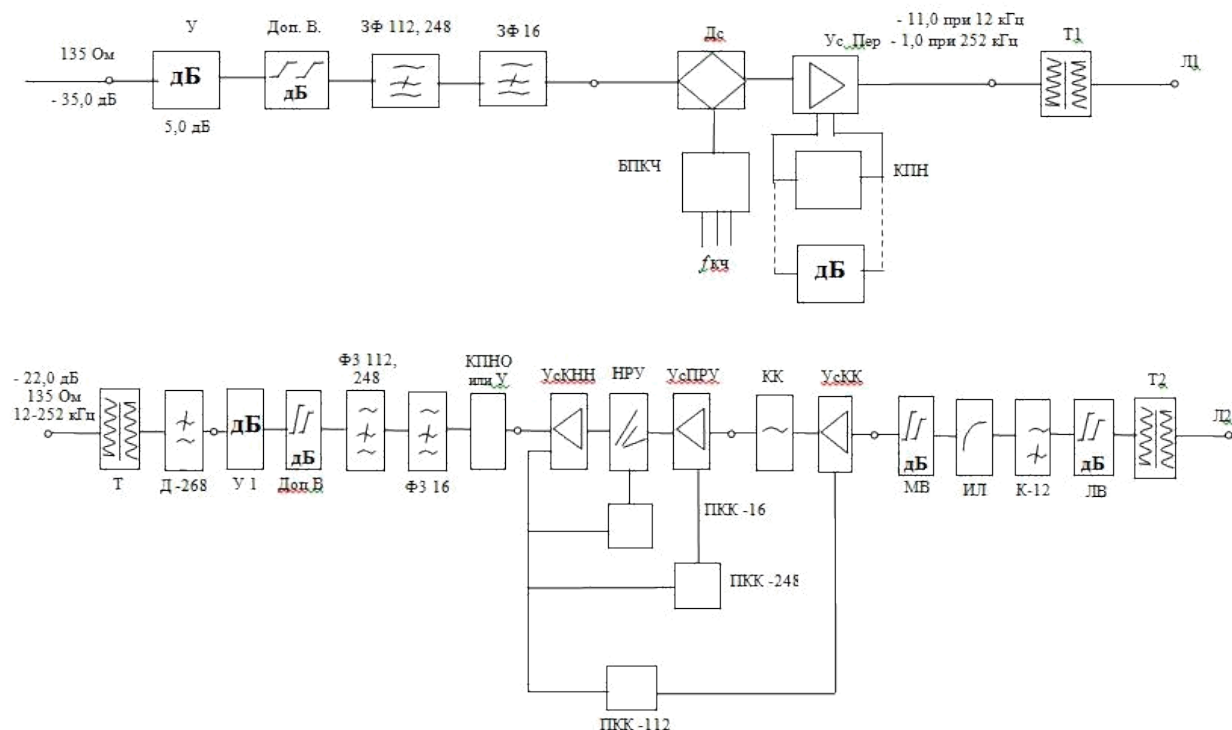


Рис. 5.4

Линейный спектр системы передачи К - 60П 12 - 252 кГц, сформированный оборудованием группового преобразования СГП, с уровнем - 35,6 дБ поступает на вход СЛУК - ОП. На входе тракта передачи СЛУК-ОП предусмотрен удлинитель с затуханием 5,0 дБ, дополнительный выравниватель ДопВ, запирающие фильтры 3Ф 112, 248, 16, дифференциальную систему ДС, через которую вводятся токи контрольных частот 16, 112 и 248 кГц, и затем поступают в усилитель передачи УсПр. Токи контрольных частот подаются в дифференциальную систему через блок переключения контрольных частот БПКЧ. Последний обеспечивает уровни токов контрольных частот по мощности неизменными и равными - 22 дБ при работе аппаратуры с перекосом уровней передачи и без него. Вместе с тем в этом блоке происходит объединение трех токов контрольных частот перед подачей их в развязывающую дифференциальную систему.

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

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

магистральный выравнитель МВ поступают на панель косинусного корректора.

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

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

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

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

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

### **Содержание работы**

1. Изучение структурной схемы и технических данных системы передачи К - 60П
2. Изучение принципа действия оконечной аппаратуры системы передачи К - 60П

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

Варианты к п. 5.2.3. задания.

Таблица 5.1.

Вариант	Номер канала / Номер группы	Вид спектра
1	2/V, 1/IV, 5/III, 5/II, 2/I	
2	5/V, 2/IV, 7/III, 6/II, 4/I	
3	12/V, 3/IV, 6/III, 8/II, 3/I	
4	11/V, 6/IV, 1/III, 12/II, 7/I	
5	56/V, 10/IV, 3/III, 4/II, 11/I	
6	1/V, 4/IV, 12/III, 7/II, 10/I	
7	3/V, 7/IV, 8/III, 3/II, 9/I	
8	7/V, 5/IV, 10/III, 1/II, 8/I	
9	4/V, 12/IV, 9/III, 10/II, 1/I	
10	10/V, 8/IV, 4/III, 9/II, 5/I	
11	8/V, 9/IV, 11/III, 2/II, 12/I	
12	9/V, 11/IV, 2/III, 12/II, 6/I	

### Оформление отчета:

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в отпечатанном виде на листах формата А4.

### Отчет должен содержать:

1. Упрощенная структурная схема СЛУК -ОП .
2. Диаграмма формирования спектра частот в тракте передачи и приема.

### Контрольные вопросы:

1. Построение первичной стандартной группы.
2. Назначение заграждающих фильтров ФЗ - 16, 112 и 248 кГц.
3. Назначение контура предварительного наклона (КПН) в тракте приема.
4. Назначение линейного выравнивателя (ЛВ) и место его включения.

## Литература

1. Многоканальные системы передачи. Под ред. Н.Н. Боевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997. - 559 с.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1995. - 231 с.

### Лабораторная работа №6.«Изучение кодирующего устройства»

**Цель:**Изучение принципа действия и исследование кодирующего устройства с поразрядным взвешиванием.

#### Краткое описание макета и порядок выполнения работы.

Макет кодирующего устройства содержит генераторное оборудование, определяющее порядок работы кодера и 4-х разрядное кодирующее устройство взвешивающего типа. Генераторное оборудование обеспечивает работу макета в 3-х режимах:

- ручное, при котором управляющие импульсы подаются кнопкой;
- автоматический "А" "1";
- автоматический "А" "2", для наблюдения формы сигналов с помощью осциллографа.

Тактовые импульсы поступают на разрядный распределитель импульсов, с помощью которого осуществляется поочередное включение эталонных источников токов на первый вход компаратора. На второй вход компаратора поступает входной сигнал, амплитуда которого определяется положением регулятора. Сигнал на выходе компаратора зависит от соотношения  $I_{ВХ}$  и  $I_{ЭТ}$ , если  $I_{ВХ} \geq I_{ЭТ}$ , на выходе компаратора логическая "1".

Если  $I_{ВХ} < I_{ЭТ}$  на выходе компаратора логический "0". Этот сигнал подается на формирующее устройство и в логическое устройство.

Сигнал "строб - 1" формирует импульс кодовой группы, а сигнал "строб - 2" в зависимости от решения компаратора оставляет эталонный ток включенным до конца кодирования отсчета, если  $I_{ВХ} > I_{ЭТ}$ , или выключает эталонный ток данного разряда если  $I_{ВХ} < I_{ЭТ}$ . В результате на выходе формируется кодовая группа соответствующая амплитуде входного сигнала.

#### Порядок выполнения работы:

Для выполнения пункта 6.2.2. необходимо включить макет, ключ "1" поставить в положение "Р" и нажать кнопку "УСТ".

Нажимая кнопку "ИМП" проследить порядок работы кодирующего устройства при кодировании отсчета АИМ.

Измерить прибором значения импульсов сигнала и генератора эталонных источников тока. Результаты измерений занести в таблицу 6.1.

Определить значение шага квантования  $\Delta(\delta)$ .

Для выполнения пункта 6.2.3. поставить ключ 1 в положение "А", а ключ 2 в положение "2", при этом управление кодером осуществляется импульсами высокой частоты. Нажать кнопку "УСТ", для принудительной установки распределителя импульсов.

Подключить двухлучевой осциллограф к кодеру. ВХ - 1 осциллографа соединить с выходом сумматора эталонных токов, а ВХ - 2 с выходом кодера. Ввести внешнюю синхронизацию по импульсу "синхр".

Таблица 6.1.

Наименование импульсов		Амплитуда	Примечание
ТИ			
Строб - 1			
Строб - 2			
РИ - 2 <sub>ВЫХ</sub>			
I <sub>эт</sub>	$2^3 = 8$		
I <sub>эт</sub>	$2^2 = 4$		
I <sub>эт</sub>	$2^1 = 2$		
I <sub>эт</sub>	$2^0 = 1$		

Зарисовать осциллограммы кодирования отсчетов АИМ - 1, определить код, кодированное значение отсчета и ошибку квантования. Результаты измерений занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2.

№ отсчета	Амплитуда АИМ - 1	Осциллограмма I эталон.	Код	Кодированное значение
1	0			
2	1,2			

3	2,4			
4	3,1			
5	4,5			
6	5,6			
7	6,1			
8	7,0			
9	8,2			
10	9,5			
11	10,3			
12	11,4			
13	12,2			
14	13,0			
15	14,1			
16	15,0			
17	16,2			

По результатам таблицы 6.2. построить график отсчетов АИМ, кодовые группы соответствующие данным отсчета, ошибки квантования. Построить характеристику квантования и определить порог перегрузки кодера.

### **Содержание отчета.**

1. Упрощенная схема кодера с поразрядным взвешиванием.
2. Результаты измерений.
3. Выводы по результатам измерений и наблюдений.

### **Оформление отчета:**

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в отпечатанном виде на листах формата А4.

### **Отчет должен содержать:**

1. Название, цели и задачи лабораторной работы;
2. Скриншоты о проделанной работе;
3. Заключение и выводы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение кодера.
2. Принцип работы компаратора.
3. Поясните назначение импульсов "строб - 1", "строб - 2".
4. Что такое перегрузка кодера?

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под ред. Н.И. Баевой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997 - 559 с.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио связь, 1995 - 231 с.

### **Лабораторная работа**

#### **№7.«Исследование регенератора ЦСП»**

**Цель:** Изучение принципа работы и исследование регенератора цифровых систем передачи (ЦСП).

#### **Порядок выполнения работы.**

1. Подключить шнуры питания макета и измерительные приборы к розеткам "сеть 220В". Включить тумблеры питания, настроить измерительные приборы.
2. Исследовать работу датчика кодовых групп ДКГ:
  - поставить на макете ключ 1 в положение "РУЧ", при этом работой ДКГ можно управлять вручную кнопкой при помощи ручного датчика импульсов РДИ, для контроля состояния комбинации кодовой группы используются светодиоды;
  - при помощи шнуров подключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу ДКГ и настроить осциллограф на неподвижное изображение импульсов на экране, для этого можно применить принудительную синхронизацию осциллографа;
  - управляя работой ДКГ при помощи кнопки, посмотреть на экране все комбинации кодовых групп и сосчитать их количество;

- поставить ключ 1 в положение "АВТ", ключ 2 в положение "КГ", при этом работой ДКГ управляет автоматический датчик импульсов АДИ, на экране осциллографа автоматически поочередно будут появляться разные кодовые группы, определить разрядность кодовых групп;
  - оставив ключ 1 в положение "АВТ" переключить ключ 2 в положение "ИКМ", при этом на экране будут импульсы разных кодовых групп имитирующие форму "ИКМ" сигнала ЦСП, зарисовать форму "ИКМ" сигнала (три кодовые группы).
3. Исследовать влияние искусственной линии "ИЛ" на импульсы "ИКМ" сигнала ЦСП:
- поставить ключ 1 в положение "РУЧ", а ключ 3 в положение "выкл", оставив подключенным 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу ДКГ (вход ИЛ), подключить шнуром 2<sup>ой</sup> вход осциллографа к выходу искусственной линии (ИЛ), настроить осциллограф по обоим лучам;
  - при помощи кнопки подавать разные группы, сравнить форму импульсов на входе и выходе искусственной линии, сделать вывод о влиянии "ИЛ" на параметры импульсов (амплитуду, длительность, форму);
  - поставить ключ 3 в положение "вкл", при этом к искусственной линии будет подключен генератор помехи ГП, зарисовать форму импульсов кодовой группы "1011" на входе и выходе ИЛ при отключенном и включенном ГП.
4. Исследовать работу усилителя регенератора ЦСП:
- переключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу ИЛ (вход усилителя);
  - при помощи ключа 1 и кнопки 2 подавать разные кодовые группы, зарисовать форму импульсов кодовой группы "1011" на выходе усилителя при включенном и выключенном генераторе помех ГП (ключ 3), сделать вывод о назначении усилителя регенератора ЦСП.
5. Исследовать работу выделителя тактовой частоты ВТЧ регенератора ЦСП:
- переключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу контура ударного возбуждения КУВ ВТЧ, оставив 2<sup>ой</sup> выход осциллографа подключенным к выходу регенератора, ключ 1 поставить в положение "РУЧ", ключ 3 в положение "вкл";
  - при помощи осциллографа посмотреть форму сигнала на выходе КУВ для разных кодовых групп и для ИКМ - сигнала, зарисовать форму сигнала на выходе КУВ для кодовых групп "0100", "1011", "0000";



- переключить 2<sup>ой</sup> вход осциллографа к выходу формирователя импульсов ФИ и посмотреть форму сигнала при разных кодовых группах (ключи 1 и 2), при включенном и выключенном генераторе помех ГП (ключ 3), зарисовать форму сигнала на выходе ФИ для кодовой группы "1011", сделать вывод о назначении ВТЧ.
- 7.3.6. Исследовать работу решающего устройства РУ регенератора ЦСП:
- переключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу усилителя (вход РУ), а 2<sup>ой</sup> вход к выходу регенератора ЦСП;
  - подводя разные кодовые группы (ключи 1 и 2) посмотреть и сравнить форму сигналов на входе и выходе РУ, зарисовать форму сигналов на входе и выходе РУ при включенном ГП (ключ 3) для кодовых групп "0000" и "1011", сделать вывод о назначении РУ.
- 7.3.7. Исследовать работу регенератора ЦСП:
- переключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа на вход генератора, оставив подключенным 2<sup>ой</sup> вход к выходу регенератора, ключ 1 поставить в положение "РУЧ", а ключ 3 в положение "вкл";
  - посмотреть и сравнить форму сигналов на входе и выходе регенератора ЦСП для разных кодовых групп и для ИКМ сигнала, отключить осциллограф от макета, сделать вывод о назначении регенератора ЦСП.
- 7.3.8. Измерить электрические параметры сигналов:
- подключить 1<sup>ый</sup> вход осциллографа к выходу ДКГ, ключ 1 поставить в положение "РУЧ", кнопкой 2 установить кодовую группу "1111", ключ 3 установить положение "выкл";
  - подключая выход частотомера к выходам разных устройств: ИЛ, усилителя, КУВ, ФИ, РУ, измерить частоту сигнала и период, записать результаты в отчет;
  - установить кодовую группу "0000", ключ 3 поставить в положение "вкл", вход частотомера подключить к выходу ИЛ и измерить частоту помехи ГП;
  - установить кодовую группу "1111", подключая вход осциллографа к выходам разных устройств: ДКГ, ИЛ, усилителя, ВТЧ, РУ, измерить амплитуду и длительность импульсов, используя шкалу экрана осциллографа, сделать вывод по результатам измерений;
  - по окончании измерений выключить питание на макете и измерительных приборах и вынуть вилки из розеток 220В.

**Задание.**

1. Изучить построение и принцип работы регенератора ЦСП.
2. Изучить функциональную схему макета "Регенератор ЦСП".
3. Исследовать работу регенератора ЦСП при помощи осциллографа.
4. Измерить параметры сигналов.

### **Содержание отчёта**

1. Структурная схема регенератора ЦСП.
2. Осциллограммы.
3. Электрические параметры импульсов.
4. Выводы по результатам осциллограмм и измерений.

### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение регенератора ЦСП.
2. Как изменяются параметры импульсов при прохождении по линии канала связи?
3. Назначение ВТЧ.
4. Принцип работы КУВ.

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под ред. Н.Н. Баемой и В.Н. Гордиенко. - М.: Радио и связь, 1997 - 559 с.
2. Цифровые аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова. - М.: Радио и связь, 1995 - с.

**Лабораторная работа**  
**№8. «Необслуживаемый**  
**регенерационный пункт НРП-**  
**К12 системы передачи ИКМ-**  
**30»**

**Цель:** Изучение конструкции и структурной схемы необслуживаемого регенерационного пункта.

### **Задание.**

1. Ознакомиться с составом оборудования и конструкцией НРП-К12 ИКМ-30.
2. Изучить структурную схему НРП.

### **Оборудование НРП**

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

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

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

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

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

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

Внутри контейнера помещается стальной каркас, на котором устанавливаются блоки РЛ и КР. Коммутация цепей блоков с электрическим монтажом контейнера осуществляется прямоугольными разъемными соединителями с золочеными контактами. На каркасе смонтировано коммутационное поле для подключения регенераторов к выбранным парам кабеля и проключение пар телеконтроля к служебной связи; установлен сигнализатор понижения давления, блокирующая кнопка и контактная планка с контрольными резисторами, соединенные переключками.

Масса НРП-К12 без стабкабалей - не более 120 кг., габаритные размеры 1000 x 380 x 355 мм.

### Структурная схема НРП.

Структурная схема НРП представлена на рис. 8.1.

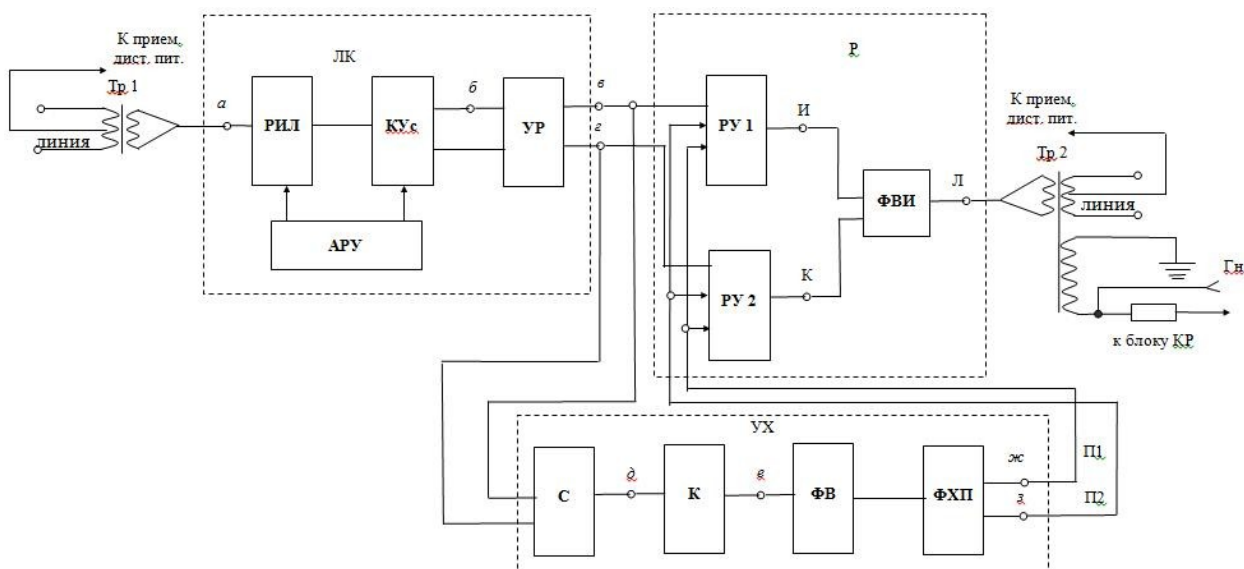


Рис. 8.1. Структурная схема регенератора.

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

В состав ЛК входит корректирующий усилитель КУс, корректирующий форму принимаемых импульсов при максимальном затухании кабельной линии и регулируемая искусственная линия РИЛ, дополняющая затухание

регенерационного участка до максимального значения. Затухание РИЛ устанавливается устройством автоматической регулировки уровня АРУ, так, чтобы при изменении затухания кабельной линии амплитуда импульсов на выходе ЛК сохранялась неизменной.

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

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

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

Временное положение переднего фронта импульсов П1 определяет моменты опознавания кодовых сигналов в регенераторе, а временное положение заднего фронта импульсов П1 фиксирует длительность и определяет временное положение заднего фронта регенерированных импульсов. Импульсы хронирующей последовательности П2 запирают вход РУ через небольшой по сравнению с тактовым интервалом промежуток времени после момента опознавания, чем ограничивается время опознавания и повышается помехоустойчивость решающих устройств.

Хронирующие последовательности П1 и П2 формируются из выходных сигналов устройства деления в устройстве хронирования УХ, состоящего из схемы совпадения С, контура ударного возбуждения К, фазовращателя ФВ, формирователя хронирующих последовательностей ФХП. Последовательности положительных и инвертированных отрицательных импульсов с выхода УР поступают на вход схемы совпадения, из выходного сигнала который с помощью контура ударного возбуждения выделяется

квазигарионическое колебание тактовой частоты .С помощью формирователя хронизирующих последовательностей из полученного квазигарионического колебания вырабатываются хронические последовательности П1 и П2, фазируемые с регенерируемым сигналом для правильного установления момента опознавания в фазовращателе ФВ .В выходном трансформаторе Тр2 линейного регенератора имеется контрольная обмотка, соединённая измерительным гнездом Гн на лицевой панели и подключённая через согласующий резистор к блоку КР.

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

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

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

### **Содержание отчета.**

1. Структурная схема регенератора.
2. Ответы на вопросы.

### **Оформление отчета:**

Отчет по лабораторной работе оформляется в программной оболочке MicrosoftWord (других редакторах) и предоставляется преподавателю в отпечатанном виде на листах формата А4.

### **Отчет должен содержать:**

1. Название, цели и задачи лабораторной работы;
2. Скриншоты о проделанной работе;
3. Заключение и выводы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Как конструктивно выполнен НРП-К12?
2. Сколько блоков РЛ размещается в НРП-К12?
3. Как осуществляется соединение НРП-К12 с магистральным кабелем?
4. Где устанавливается НРП-К12?

### **Литература**

1. Многоканальные системы передачи. Под ред. Н.Н.Баевой и Н.Гордиенко, М.:Радио и связь, 1997. - 559 с.
2. Цифровые и аналоговые системы передачи. Под ред. В.И. Иванова.: Радио и связь. - 231 с.

### **Лабораторная работа №9 «Технические средства защиты информации в телефонных линиях»**

**Цель:** получение студентами навыков работы с аппаратурой защиты речевой информации в телефонных линиях

#### **1. Краткие теоретические сведения**

##### ***Методы противодействия подслушиванию.***

Методы противодействия подслушиванию направлены, прежде всего, на предотвращение утечки информации в простом акустическом канале. Кроме того, для повышения дальности подслушивания применяются составные каналы утечки информации, которые содержат наряду с простыми акустическими также радиоэлектронные (с использованием закладных устройств и вч- навязывания) каналы. Поэтому защита информации от

подслушивания включает способы и средства блокирования любых каналов, с помощью которых производится утечка акустической информации.

В соответствии с общими методами защиты информации для защиты от подслушивания применяются следующие способы:

- **структурное скрытие**, предусматривающее:
  - шифрование семантической речевой информации в функциональных каналах связи;
  - техническое закрытие электрических и радиосигналов в телефонных каналах связи;
  - дезинформирование;
- **энергетическое скрытие** путем:
  - звукоизоляции акустического сигнала;
  - звукопоглощения акустической волны;
  - зашумления помещения или твердой среды распространения другими звуками (шумами, помехами), обеспечивающими маскировку акустических сигналов;
- **обнаружение и подавление закладных устройств.**

### ***2.1 Структурное скрытие речевой информации в каналах связи.***

Так как передача речевой информации составляет основу телекоммуникации в человеческом обществе, то ее защита — важнейшая задача инженерно-технической защиты информации. Речевая информация, передаваемая по каналу связи, содержится в информационных параметрах электрических и радиосигналов. Сигналы распространяются по линиям связи в аналоговом и цифровом виде. В результате несанкционированного перехвата этих сигналов и их модуляции речевая информация может быть добыта злоумышленником.

Для структурного скрытия речевой информации в каналах связи применяют **шифрование и техническое закрытие**.

Шифрование речевой информации в цифровой форме производится известными методами (заменой, перестановками, аналитическими преобразованиями, гаммированием и др.).

Хотя развитие связи характеризуется постепенной заменой аналоговой техники на цифровую, менее дорогая аналоговая связь, особенно телефонная проводная, еще длительное время будет одним из основных видов связи. Но стандартный телефонный канал имеет узкую полосу пропускания в 3 кГц, недостаточную для передачи с высоким качеством шифрованного цифрового сигнала.

Скрытие речевого сигнала в узкополосном телефонном канале осуществляется методами **технического** или **аналогового закрытия**. По названию технических средств, обеспечивающих техническое закрытие, эти методы называются также **скремблированием** (перемешиванием). Техническое закрытие (скремблирование) отличается от криптографического тем, что при шифровании происходит скрытие речевого сообщения в



символьной форме, а при техническом закрытии - скрывание речевого сигнала без преобразования его в цифровую форму. При техническом закрытии изменяются признаки (характеристики) исходного речевого сигнала таким образом, что он становится похож на шум, но занимает ту же частотную полосу. Это позволяет передавать скремблированные сигналы по обычным стандартным телефонным каналам связи.

По виду преобразования сигнала различают частотные и временные методы технического закрытия, а по режиму закрытия - статическое и динамическое. Частотные методы скремблирования, реализуемые на элементах аналоговой техники, появились раньше временных методов, которые выполняются существенно проще на элементах дискретной техники. В настоящее время в связи с прогрессом в микроминиатюризации дискретной техники оба метода используют дискретную элементную базу.

Основное достоинство методов технического закрытия - простота (по отношению к шифрованию) технической реализации скремблеров и, как следствие, меньшая их стоимость, а также возможность эксплуатации скремблеров практически на любых каналах связи, предназначенных для передачи речевых сообщений. Основным недостатком методов технического закрытия - более низкая стойкость закрытия информации.

Однако, несмотря на указанные недостатки, методы временного и частотного скремблирования, а также их различные комбинации позволяют обеспечить защиту информации на тактическом и на приближающемся к стратегическому уровнях защиты. Техническое закрытие в основном используется в коммерческих каналах связи для защиты конфиденциальной информации.

Основным достоинством систем цифрового шифрования речевого сигнала является высокая надежность закрытия информации.

Недостатком устройств цифрового шифрования речи являются необходимость использования модемов, техническая сложность и относительно большие габариты шифраторов, неустойчивая работа устройств в каналах с большим затуханием сигнала и с высоким уровнем помех.

Под **тактическим** (низким или закрытием с временной стойкостью) понимается уровень, обеспечивающий защиту информации от подслушивания посторонними лицами в течение от минут до нескольких дней. Для дешифрования перехваченных сообщений **со стратегическим** (высоким, с гарантированной стойкостью) уровнем защиты информации высококвалифицированному, технически хорошо оснащенному специалисту потребуется от нескольких месяцев до многих лет.

## **2. 2 Обнаружение и подавление закладных устройств.**

### **2.2.1. Демаскирующие признаки закладных устройств.**

Обнаружение закладных устройств, так же как и любых других объектов, производится по их демаскирующим признакам. Чем больше

демаскирующих признаков в признаковой структуре и чем они информативнее, тем выше вероятность обнаружения объекта. Каждый вид закладных устройств имеет свою признаковую структуру, позволяющую с той или иной вероятностью обнаружить закладку. Распознавание закладки, то есть определение ее вида, назначения и характеристик, проводится в результате анализа схемотехнических и конструктивных решений.

### 2.2.2. Методы обнаружения закладных подслушивающих устройств.

В зависимости от демаскирующих признаков закладных устройств методы их поиска можно разделить на 3 группы:

- поиск закладных устройств по их видовым признакам;
- поиск закладных устройств по их сигнальным признакам;
- поиск закладных устройств по их вещественным признакам.

Поиск закладных устройств по видовым признакам осуществляется путем визуального осмотра помещения сотрудниками службы безопасности или иными сотрудниками.

Остальные методы предусматривают поиск закладных устройств дистанционно с использованием различных технических средств, способных обнаруживать сигнальные и вещественные демаскирующие признаки закладных устройств. Наиболее широко применяются следующие методы поиска закладных устройств по их прямым и косвенным сигнальным демаскирующим признакам:

- поиск источников радиоизлучений, мощность которых превышает мощность электромагнитного фона;
- поиск проводных закладных подслушивающих устройств по косвенным признакам изменений электрических характеристик линий, к которым подключены эти устройства.

Учитывая повсеместное распространение телефонов как средств коммуникаций и особый интерес злоумышленников к подслушиванию телефонных разговоров, при обеспечении защиты информации большое внимание уделяется способам и средствам контроля телефонных линий.

Способы контроля телефонных линий основаны на том, что любое подключение к ним вызывает изменение электрических параметров линий: напряжения и тока в линии, значений емкости и индуктивности линии, активного и реактивного сопротивления. В зависимости от способа подключения подслушивающего устройства к телефонной линии (последовательного - в разрыв провода телефонного кабеля, параллельного или индуктивного) влияние подключаемого подслушивающего устройства может существенно отличаться. Так как закладное устройство использует энергию телефонной линии, величина отбора мощности закладкой из телефонной линии зависит от мощности передатчика закладки и его коэффициента полезного действия. Наилучшие возможности по выявлению этих отклонений обеспечиваются при опущенной трубке телефонного аппарата. Это обусловлено тем, что в этом состоянии в телефонную линию подается постоянное напряжение 48-60 В (для отечественных телефонных

линий) и 25-36 В (для зарубежных АТС). При поднятии трубки в линию поступает от АТС дискретный сигнал, преобразуемый в телефонной трубке в длинный прерывистый тон, а напряжение в линии уменьшается до 10-15 В, т. е. происходит резкое изменение электрических параметров линии, существенно превышающие изменения из-за закладных устройств.

Для контроля телефонных линий применяются следующие устройства:

- устройства оповещения световым и звуковым сигналом об уменьшении напряжения в телефонной линии, вызванном несанкционированным подключением средств подслушивания к телефонной линии;

- измерители характеристик телефонных линий (напряжения, тока, емкостного сопротивления и др.), при отклонении которых от установленных норм формируется сигнал тревоги;

- «кабельные радары», позволяющие измерять неоднородности телефонной линии и определять расстояние до неоднородности (асимметрии постоянному току в местах подключения подслушивающих устройств, обрыва, короткого замыкания и др.).

### 2.2.3. Методы подавления подслушивающих закладных устройств.

Обнаружение с той или иной вероятностью закладного устройства является важным, но лишь одним из этапов предотвращения утечки через них информации. Возникает вопрос о дальнейших действиях. Изъятие закладного устройства не всегда целесообразно даже в условиях поисковых мероприятий, так как важно не только обнаружить его, но и выявить злоумышленника, установившего и использующего это закладное устройство. Кроме того, через него можно передавать злоумышленнику дезинформацию.

Поэтому наряду с изъятием обнаруженных закладных устройств возможны иные различные методы их **функционального и физического подавления**. Функциональное подавление приводит к подавлению работоспособности закладного устройства в течение времени воздействия подавляющих сигналов. При физическом подавлении устройство выходит из строя.

Функциональное подавление осуществляется сигналами, проникающими во входные цепи закладного устройства и нарушающими его работоспособность. Функциональное подавление телефонных закладных устройств обеспечивается методами:

- «синфазной» низкочастотной помехи;
- низкочастотной маскирующей помехи;
- высокочастотной маскирующей помехи;
- «ультразвуковой» маскирующей помехи;
- повышения напряжения;
- понижения напряжения;
- компенсации.

В качестве **«синфазной» низкочастотной помехи** в провода телефонной линии подаются низкочастотные (в речевом диапазоне) маскирующие псевдослучайные дискретные сигналы с одинаковыми относительно «земли» амплитудами и фазами. В телефонной трубке такие сигналы компенсируют друг друга. Но в закладном устройстве, подключенном в разрыв или поднесенном при индуктивном снятии информации к одному из проводов телефонной линии, такая помеха маскирует полезный речевой сигнал.

**Низкочастотный сигнал**, подаваемый в телефонную линию при опущенной телефонной трубке, имитирует речевой сигнал, который включает записывающее закладное устройство. В результате этого его память (лента или полупроводниковая память) используют свой ресурс на запись помехового сигнала.

Частота **маскирующей высокочастотной помехи**, подаваемой в телефонную линию, выше верхней частоты стандартного телефонного канала и составляет 6-16 кГц. Сигнал помехи проходит через входные цепи закладного устройства и подавляет полезный сигнал. С целью исключения влияния помехи на сигнал в телефонной трубке между проводами линии включается фильтр низкой частоты с частотой среза около 3400 Гц.

В методе **«ультразвуковой» маскирующей помехи** ее частота выше верхней частоты звукового диапазона. Так как такая помеха не искажает речевой сигнал в линии, то отпадает необходимость в мерах по снижению влияния помехи на качество речи в телефонной линии. Но при этом для обеспечения достаточного уровня помехи, прошедшей через селективные цепи закладного устройства, необходимо повышать амплитуду помехового сигнала, подаваемого в линию.

С целью нарушения режимов работы передатчиков закладных устройств (линейности, частоты излучения и др.) в телефонную линию подают также **дополнительное постоянное напряжение**, повышающее или понижающее номинальное напряжение в линии.

Метод **компенсации** предусматривает подачу в телефонную линию шумового маскирующего сигнала в речевом диапазоне и компенсацию этой помехи на приемной стороне с помощью адаптивного фильтра.

**Физическое подавление** достигается подачей в телефонную линию импульсных кратковременных сигналов с амплитудой, превышающей напряжение пробоя элементов электрической схемы закладного устройства. Оно выводится из строя и для дальнейшего применения не пригодно.

## **Краткое описание используемого оборудования**

### **3.1 Телефонный скремблер «ГРОТ».**

Телефонный скремблер (ТС) «ГРОТ» предназначен для защиты от прослушивания и перехвата телефонных и факсимильных сообщений коммерческого и частного характера и обеспечивает высокую степень защиты передаваемых сообщений за счет использования метода цифрового

кодирования на основе специального цифрового кода, изменяющегося псевдослучайным образом при каждом сеансе связи.

ТС «ГРОТ» может эксплуатироваться в городских и сельских телефонных сетях общего использования, а также в офисных АТС с напряжением в линии от 30 до 60 В и любыми типами аналоговых телефонных аппаратов с импульсным и тональным способами набора номера.

ТС «ГРОТ» имеет два основных режима защиты:

- защита передаваемых сообщений на всей линии связи от абонента до абонента;
- защита передаваемых сообщений на участке линии связи от абонента до АТС.

Для обеспечения защиты всей линии связи необходимо наличие скремблеров у обоих абонентов. Защита участка линии связи от абонента до АТС возможна только при наличии соответствующего оборудования на АТС.

В режиме защиты передаваемых сообщений по всей линии связи ТС «ГРОТ» обеспечивает три степени защиты передаваемых сообщений:

- обычная степень защиты (используется только сеансовый цифровой ключ, вырабатываемый скремблером при каждом сеансе связи);
- повышенная степень защиты (используется сеансовый цифровой ключ совместно с индивидуальным ключом - идентификатором, который вводится абонентом при каждом сеансе связи);
- высокая степень защиты (используется сеансовый цифровой ключ совместно с индивидуальным ключом - идентификатором и дополнительным мастер-ключом, который записывается по желанию абонента в энергонезависимую память скремблера на предприятии-изготовителе).

#### ***Аппаратура защиты телефонных переговоров СКР-511 «РЕФЕРЕНТ».***

Аппаратура серии СКР-511 РЕФЕРЕНТ представляет собой вычислительную систему большой производительности, ориентированную на решение задач обработки речевого сигнала, и предназначена для предотвращения утечки информации в телефонном канале от абонента до абонента. В конструкции использован наиболее мощный метод кодирования речи CELP (CodeExcitedLinearPrediction). Особенностью данного алгоритма является очень высокая степень защиты информации, которая обеспечивается цифровым способом передачи при сохранении качества речи на уровне телефонного.

#### ***Устройство защиты телефонных линий от прослушивания «ПРОКРУСТ-2000».***

##### **1.1.1. Назначение.**

Прибор «ПРОКРУСТ-2000» предназначен для защиты телефонных переговоров методом постановки активной помехи от прослушивания с городской телефонной линии на участке от прибора до АТС.

Прибор позволяет предотвращать несанкционированный перехват речевой информации из помещения в промежутках между телефонными переговорами, для чего в местах подвода телефонной линии в помещение устанавливается специальный блокиратор. Внутри помещения между блокиратором и прибором образуется участок телефонной линии повышенной защищенности (рис.9.1).

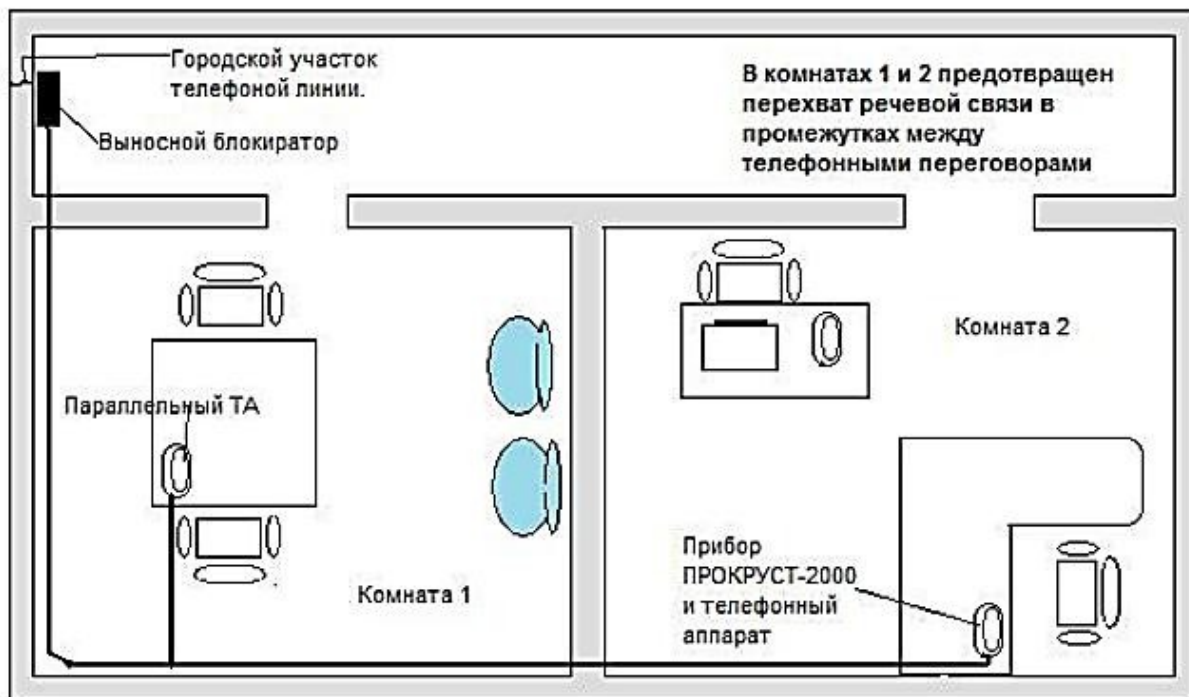


Рис.9.1. Примерный план защищаемой территории

Прибор также позволяет осуществлять обнаружение некоторых видов подключенных телефонных закладных устройств и контролировать постоянную составляющую напряжения в телефонной линии.

#### 1.1.2. Основные возможности прибора:

- подавление нормальной работы телефонных закладных устройств любых типов подключения во время переговоров;
- блокирование работы комбинированных (телефон/акустика) радиопередатчиков в режиме «акустика» (линия в отбое), подключенных на участке линии повышенной защищенности;
- блокирование работы закладных устройств типа «телефонное ухо», подключенных на участке линии повышенной защищенности;
- блокирование проникновения сигналов от аппаратуры ВЧ-навязывания на телефонный аппарат;
- блокирование нормальной работы перехватывающей аппаратуры во время переговоров, срабатывающей на перепад напряжения в линии, с помощью встроенного стробирующего устройства управления напряжением и током на телефонной линии;
- обеспечение ложного срабатывания звукозаписывающей аппаратуры системы VOX(VOR), подключенной на телефонную линию в любом месте от модуля до АТС, если линия находится в отбое;

- обеспечение ложного срабатывания звукозаписывающей аппаратуры, снабженной датчиком на перепад напряжения, если она подключена на участке линии повышенной защищенности, и линия находится в отбое;
- выявление многих видов телефонных закладных устройств с помощью системы детектирования нелинейных элементов, подключенных к телефонной линии;
- блокирование попыток использования пиратских телефонов, подключенных к телефонной линии;
- возможность подключения прибора к сети офисной линии АТС для защиты городского участка телефонной линии;
- наличие системы дистанционного управления прибором по телефонной линии;
- возможность регулировки уровня помехи и напряжения на линии;
- возможность контроля напряжения на линии с помощью встроенного вольтметра;
- наличие световой индикации режимов работы и состояния телефонной линии, а также подключения параллельных телефонов в любых режимах.

### ***Многофункциональный поисковый прибор ST031P.***

#### **1.1.3. Назначение.**

Многофункциональный поисковый прибор ST031P предназначен для проведения мероприятий по обнаружению и локализации специальных технических средств (СТС) (закладных устройств) негласного получения информации, для выявления естественных и искусственно созданных каналов утечки информации, а также для контроля качества защиты информации.

#### **1.1.4. Основные возможности прибора.**

##### **3.4.2.1. Обнаружение и определение местонахождения радиоизлучающих СТС:**

- радиомикрофонов;
- телефонных радиоретрансляторов;
- радиостетоскопов;
- скрытых камер с радиоканалом передачи информации;
- технических средств систем пространственного высокочастотного облучения в радиодиапазоне;
- технических средств передачи изображения с монитора ПЭВМ по радиоканалу;
- радиомаяков систем слежения за перемещением объектов;
- несанкционированно включенных радиостанций, радиотелефонов;
- несанкционированно используемых устройств, использующих протокол передачи данных «BLUETOOTH» и «802.11...»;
- технических средств обработки информации, работа которых сопровождается возникновением побочных электромагнитных излучений (элементы ПЭВМ, факсы, ксероксы и т.п.)

##### **3.4.2.2. Обнаружение и определение местоположения СТС,**

работающих с излучением в инфракрасном диапазоне:

- СТС с передачей информации в инфракрасном диапазоне частот;
- технических средств пространственного облучения в инфракрасном диапазоне;

3.4.2.3. Обнаружение и определение местоположения СТС, использующих для передачи информации проводные линии различного назначения:

- СТС, использующих для передачи информации силовые линии сети переменного тока;
- СТС, использующих для передачи информации абонентские телефонные линии, линии систем пожарной и охранной сигнализаций.

3.4.2.4. Обнаружение и определение местоположения источников электромагнитных полей с преобладанием (наличием) магнитной составляющей поля, а также технических средств, обрабатывающих речевую информацию:

- динамических излучателей акустических систем;
- выходных трансформаторов усилителей звуковой частоты;
- электродвигателей магнитофонов и диктофонов.

3.4.2.5. Выявление наиболее уязвимых мест с точки зрения возникновения виброакустических каналов утечки информации и оценка эффективности систем виброакустической защиты помещений.

3.4.2.6. Выявление наиболее уязвимых мест с точки зрения возникновения каналов утечки акустической информации и оценка эффективности звукоизоляции помещений.

1.2. *Акустическая система (АС).*

1.3. *Телефонные аппараты (ТА).*

1.4. *Имитаторы телефонных закладных устройств:*

- телефонный радиоретранслятор последовательного подключения (ТРПП); включается в разрыв одного из телефонных проводов, излучает и передает речевую информацию при переговорах по телефону (при поднятой трубке);
- закладное устройство типа «ТЕЛЕФОННОЕ УХО» (ТУ) включается параллельно телефонной линии, передаёт речевую информацию из помещения по телефонной линии (при положенной телефонной трубке).

## **2. Порядок выполнения работы**

### **3. Работа с телефонным скремблером «ГРОТ».**

3.1.1. Подготовка к работе.

3.1.1.1. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.2.



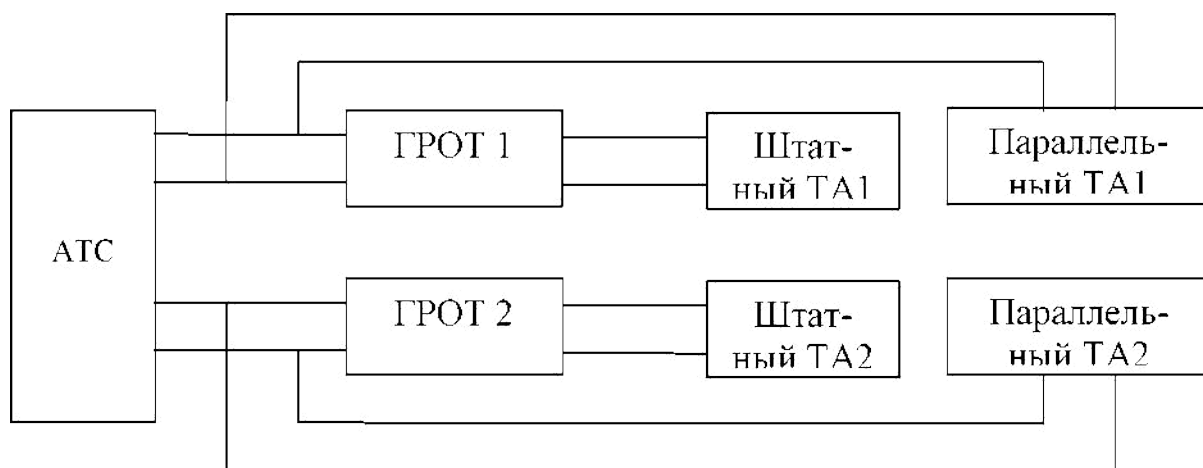


Рис.9.2

3.1.1.2. Включить питание скремблеров тумблером СЕТЬ на задней панели. На передней панели загорается зелёный индикатор питания и два красных индикатора режимов работы. Через 5-6 секунд красные индикаторы погаснут, скремблеры готовы к работе.

3.1.1.3. Снять трубки ТА и убедиться в наличии в них гудка, положить телефонные трубки.

3.1.2. Режим защиты телефонных переговоров на всей линии связи от абонента до абонента.

3.1.2.1. Установить переключатель РЕЖИМ на задней панели скремблера в положение 1.

3.1.2.2. Связаться с вашим абонентом по телефону в **обычном** («открытом») режиме, используя импульсный набор номера, и убедиться в возможности прослушивания разговора на параллельных ТА1, ТА2.

3.1.2.3. Нажать однократно кнопку ТЕЛ на передней панели скремблера, в трубке ТА будет сообщение «Введите ключ».

3.1.2.4. Установить **обычную степень защиты**, для чего нажать однократно ТЕЛ. Это должны проделать оба абонента.

Процесс установления в линии связи выбранной степени защиты может продолжаться от 10 до 40 секунд. По истечении указанного времени в трубке ТА будет сообщение «Защита установлена», после чего можно начинать конфиденциальные переговоры.

3.1.2.5. Убедиться в невозможности прослушивания разговора на параллельных ТА1, ТА2, положить трубку на телефонный аппарат.

3.1.2.6. Выполнить п.п.4.1.2.2, 4.1.2.3 и установить **повышенную степень защиты**, для чего после сообщения «Введите ключ» переключить ТА в режим тонального набора номера и ввести с клавиатуры ТА индивидуальный ключ-идентификатор (от двух до семи цифр, кроме нуля).

3.1.2.7. Нажать однократно кнопку ТЕЛ на передней панели скремблера. Это должны проделать оба абонента.

3.1.2.8. Убедиться в невозможности прослушивания разговора на параллельных ТА1, ТА2, положить трубку на телефонный аппарат.

3.1.2.9. Выполнить п.п. 4.1.2.2 и установить **высокую степень защиты**, для чего после сообщения «Введите ключ» переключить ТА в режим тонального набора и нажать на клавиатуре ТА клавишу «0».

3.1.2.10. Ввести с клавиатуры ТА индивидуальный ключ-идентификатор по методике, приведённой в п. 4.1.2.6..

3.1.2.11. Нажать однократно на клавиатуре ТА клавишу \*. Это должны проделать оба абонента.

3.1.2.12. Убедиться в невозможности прослушивания разговора на параллельных ТА1, ТА2, положить трубку на телефонный аппарат.

3.1.2. **Работа с аппаратурой защиты телефонных переговоров СКР-511 «РЕФЕРЕНТ».**

3.1.3. Подготовка к работе.

3.1.3.1. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.3.

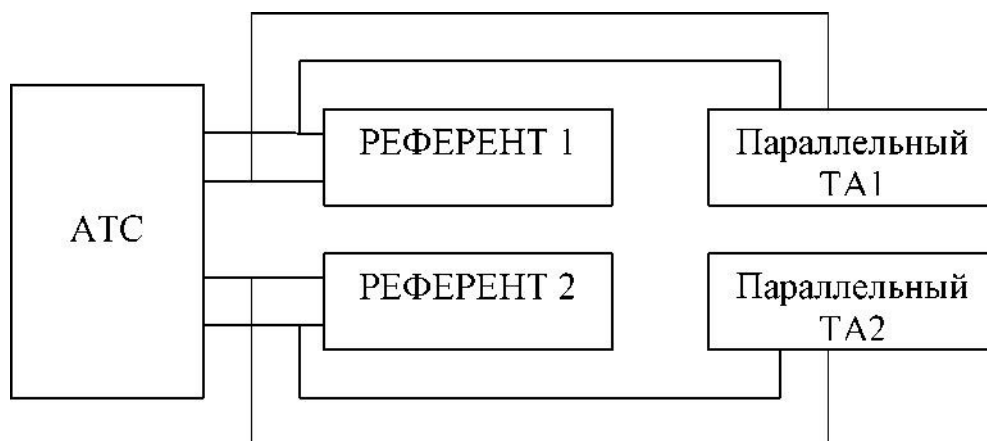


Рис.9.3

3.1.3.2. Вставить разъемы сетевых адаптеров в гнезда на тыльной стороне корпусов аппаратов и подключить адаптеры к сети 220 В.

3.1.4. Работа в закрытом режиме.

3.1.4.1. Перейти из открытого режима работы аппаратов в закрытый, для чего нажать клавишу # на одном из аппаратов, при этом верхний индикатор загорится жёлтым цветом, а второй аппарат включится в закрытый режим автоматически. В течение последующих 12-ти секунд будет происходить процесс взаимной настройки двух аппаратов, при этом правый нижний индикатор должен загореться и погаснуть два раза. В случае успешной настройки верхний индикатор окрасится в зелёный цвет. Если в процессе настройки произошла ошибка, верхний индикатор погаснет, и аппараты переходят в открытый режим работы, и нужно повторить действия перехода из открытого режима в закрытый сначала.

3.1.4.2. Установить связь между абонентами в закрытом режиме и убедиться в невозможности прослушивания разговора на параллельных ТА1,

ТА2.

3.1.4.3. Выйти из закрытого режима связи, для чего нажать клавишу \* на одном из аппаратов, второй аппарат при этом перейдет в открытый режим автоматически, и убедиться в возможности прослушивания разговора на параллельных ТА1, ТА2.

3.1.5. *устройство защиты телефонных линий от прослушивания «ПРОКРУСТ-2000».*

3.1.6. Подготовка к работе.

3.1.6.1. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.4.

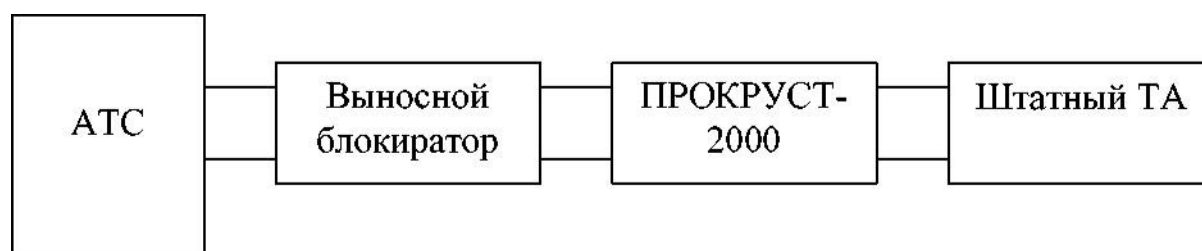


Рис.9.4

3.1.6.2. Перевести выключатель в положение ВКЛЮЧЕНО, при этом кнопка ЗАЩИТА засветится красным цветом, кнопки ДЕТЕКТОР, ПОМЕХА, УРОВЕНЬ засветятся и погаснут, а цифровой дисплей вольтметра отобразит значение напряжения на телефонной линии порядка 50-60 В. Снять телефонную трубку и убедиться в наличии гудка, при этом цифровой дисплей вольтметра покажет напряжение порядка 10-15 В, световой индикатор БЛОКИРОВКА засветится непрерывным красным цветом, кнопка УРОВЕНЬ мигает и через 4-5 секунд погаснет. Положить трубку, после чего вольтметр покажет напряжение порядка 50-60 В, а индикатор БЛОКИРОВКА погаснет.

3.1.6.3. Проверить работу выносного блокиратора, для чего зафиксировать переключатель БЛОКИРОВКА в нажатом состоянии для блокировки линии (при этом световой индикатор БЛОКИРОВКА засветится непрерывным зеленым цветом, а дисплей вольтметра покажет напряжение от 0 до 1,3 В). После отжатия переключателя БЛОКИРОВКА соответствующий индикатор погаснет, а дисплей вольтметра покажет напряжение порядка 50-60 В. Снова зафиксировать переключатель БЛОКИРОВКА в нажатом состоянии, снять телефонную трубку, линия разблокируется, и при этом в трубке раздастся непрерывный гудок, индикатор БЛОКИРОВКА засветится непрерывным красным цветом, вольтметр покажет напряжение порядка 10-15 В, кнопка УРОВЕНЬ мигает и через 4-5 секунд погаснет. Положить трубку, линия заблокируется, индикатор БЛОКИРОВКА засветится

непрерывным зелёным цветом, вольтметр покажет напряжение порядка 0-1,3 В. Набрать с другого телефона ваш номер и убедиться в том, что блокиратор разблокирует линию, признаком чего является наличие вызывного звонка на вашем аппарате, при этом индикатор БЛОКИРОВКА засветится непрерывным красным цветом, а кнопка ДЕТЕКТОР замигает и будет мигать до тех пор, пока звонки не прекратятся, или не будет снята телефонная трубка. После одного из этих событий кнопка будет мигать ещё 4-5 секунд и погаснет. Если звонки закончились, а трубку не сняли, линия заблокируется через 4-5 секунд, то же самое произойдёт, если после разговора трубка будет положена.

3.1.6.4. Проверить действия кнопок, для чего ручку УРОВЕНЬ ПОМЕХИ поставить в положение МАКС., снять телефонную трубку, набрать номер абонента, поднять трубку его ТА и после прекращения мигания кнопки УРОВЕНЬ сделать следующее:

- нажать кнопку ДЕТЕКТОР до её засветки и отпустить, при этом в трубке появится слабый гул, после чего нажать эту кнопку ещё раз, пока она не погаснет;

- нажать кнопку ПОМЕХА до её засветки и отпустить, при этом в трубке появится лёгкий шум, уменьшить уровень шума ручкой УРОВЕНЬ ПОМЕХИ, и если он уменьшился, то это нормально. Далее установить ручку УРОВЕНЬ ПОМЕХИ в положение МАКС., нажать кнопку ПОМЕХА, пока она не погаснет;

- нажать кнопку УРОВЕНЬ, пока она не засветится, и отпустить, при этом до нажатия этой кнопки вольтметр должен показывать напряжение порядка 10-15 В, а после её нажатия и отжатия показания вольтметра должны составлять порядка 30-40 В. Далее зафиксировать кнопку СТРОБ в нажатом состоянии, после чего показания вольтметра должны меняться в пределах от 20 до 30 В, прослушать в трубке слабые хлопки с периодичностью около 0,5 секунды. Нажать кнопку УРОВЕНЬ, пока она не погаснет;

- нажать и удерживать кнопку ЗАЩИТА до тех пор, пока не засветятся кнопки ДЕТЕКТОР, ПОМЕХА, УРОВЕНЬ, что свидетельствует о включении полной защиты. Повторное нажатие на эту кнопку приводит к отключению всех режимов защиты.

3.1.7. Защита телефонных переговоров от прослушивания с использованием радиоизлучающего закладного устройства последовательного подключения (ЗУ1).

3.1.7.1. Подготовить прибор «ПРОКРУСТ-2000» к работе, для чего сделать следующее:

- зафиксировать кнопки БЛОКИРОВКА, СТРОБ, Д/У в отжатом состоянии;

- если кнопки ДЕТЕКТОР, ПОМЕХА, УРОВЕНЬ светятся, нажать их до погасания и отпустить;

- зафиксировать показания вольтметра.

3.1.7.2. Подготовить прибор ST031Pк работе, для чего сделать следующее:

- подключить высокочастотную антенну к разъему RFANT;
- поставить переключатель POWERв положение ON;
- установить порог детектора с помощью кнопок Ч ►, используя шкалу min- - - I- - - max, в такое положение, чтобы не было слышно щелчков в акустической системе.

3.1.7.3. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.5.

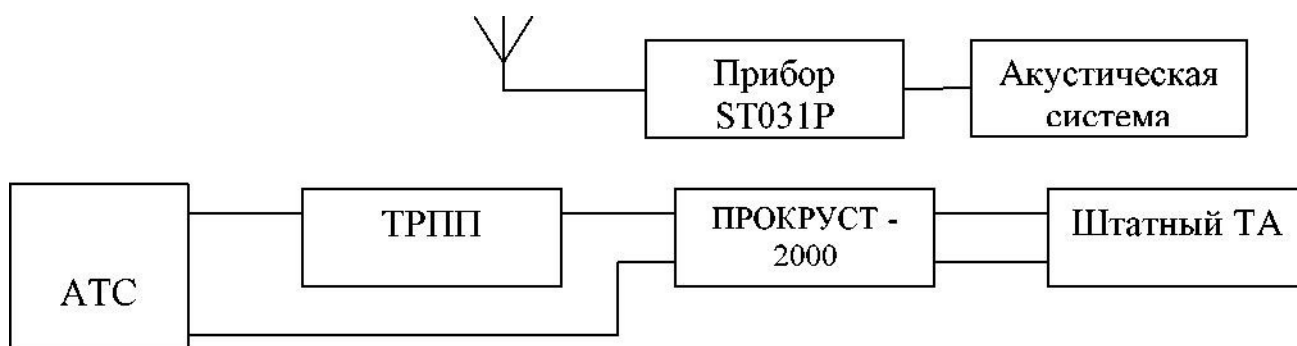


Рис.9.5

3.1.7.4. Зафиксировать показание вольтметра и сравнить его с показанием вольтметра в п.4.3.2.1. Сделать вывод о влиянии подключения ТРПП к телефонной линии.

3.1.7.5. Поднять телефонную трубку, зафиксировать показание вольтметра и сравнить его с показанием вольтметра в п.4.3.1.2. Сделать вывод о влиянии подключения ТРПП к телефонной линии.

3.1.7.6. Манипулируя антенной прибора ST031P, добиться чередующихся тональных посылок (щелчков) в акустической системе, убедиться в том, что по мере приближения антенны к телефонной линии частота щелчков увеличивается, а так же увеличивается число окрашенных сегментов на шкале Индикатора прибора.

3.1.7.7. На приборе ST031Pнажать кнопку ENTERи тем самым выбрать режим AUD, после чего прослушать в акустической системе гудки телефонной линии.

3.1.8. Защита телефонных переговоров от прослушивания с использованием параллельного ТА.

3.1.8.1. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.6.

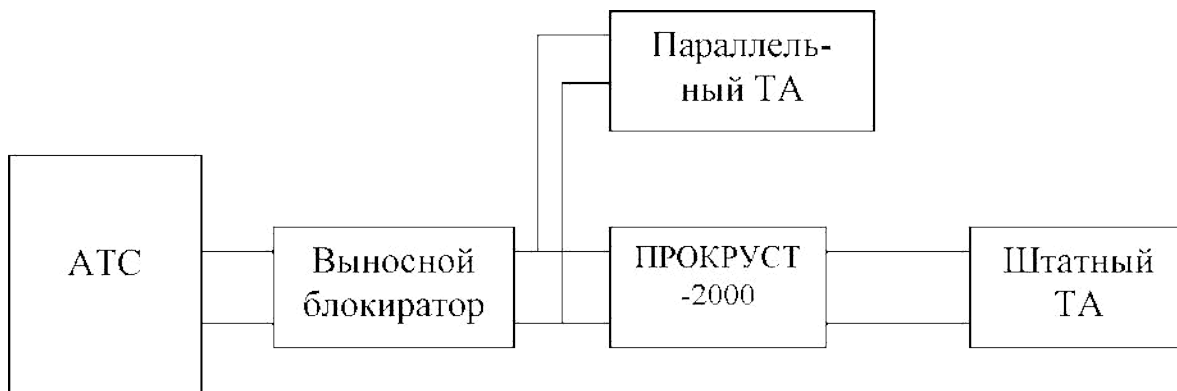


Рис.9.6

3.1.8.2. Выполнить действия, указанные в п.4.3.2.1.

3.1.8.3. Поднять трубку штатного ТА и убедиться в наличии гудка в трубке, при этом индикатор БЛОКИРОВКА будет светиться красным цветом, зафиксировать показание вольтметра. Поднять трубку параллельного ТА, при этом индикатор будет мигать красным цветом, зафиксировать показание вольтметра и сравнить с предыдущим показанием. Положить трубки обоих ТА, индикатор погаснет. Сделать вывод о влиянии подключения параллельного ТА при поднятой трубке штатного ТА.

4.3.4. Защита телефонной линии от прослушивания с использованием закладного устройства типа «ТЕЛЕФОННОЕ УХО» (ТУ) речевой информации из помещения.

4.3.4.1. Собрать лабораторную установку в соответствии с рис.9.7.

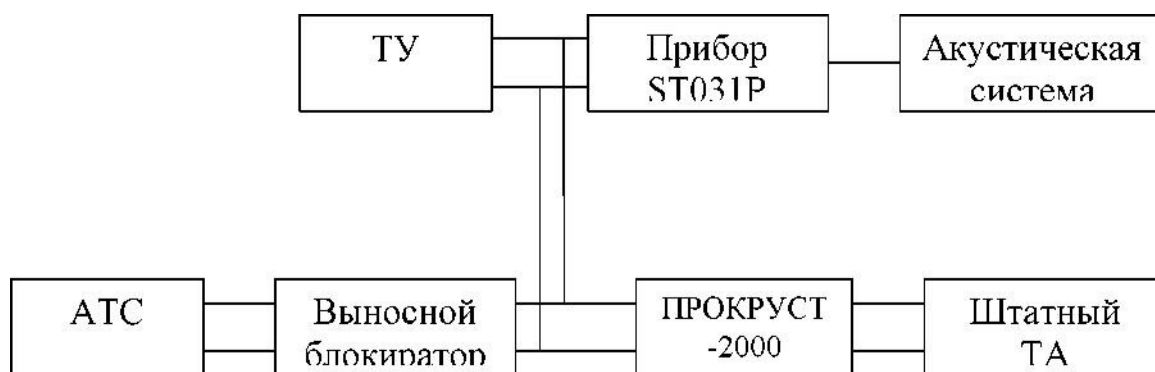


Рис.9.7

4.3.4.2. Выполнить действия, указанные в п.4.3.2.1. Зафиксировать уменьшение показания вольтметра при подключении ТУ к телефонной линии.

4.3.4.3. Подготовить прибор ST031Pк работе, для чего сделать следующее:

- подключить дифференциальный адаптер проводных линий (ДАПЛ) к разъёму PROBES;
- подключить ДАПЛ к телефонной линии, используя специальные насадки и розетку, соединённую с телефонной линией.

4.3.4.4. Прослушать в акустической системе и просмотреть на экране прибора ST031P речевой сигнал.

4.3.4.5. На приборе «ПРОКРУСТ-2000» зафиксировать кнопку БЛОКИРОВКА в нажатом состоянии и убедиться в отсутствии речевого сигнала в акустической системе и на экране прибора ST031P, то есть в прекращении работы закладного устройства ТУ.

4.3.4.6. На приборе «ПРОКРУСТ-2000» отжать кнопку БЛОКИРОВКА и прослушать речевой сигнал, нажать кнопку ПОМЕХА и убедиться в невозможности слышать речевой сигнал при наличии в акустической системе шумового сигнала.

### **Содержание отчёта**

3. Структурные схемы лабораторных установок.
4. Результаты измерений, наблюдений и прослушиваний.
5. Анализ полученных результатов и выводы.

### **Вопросы**

1. Назовите методы подавления телефонных закладных устройств.
2. Какие степени защиты передаваемых сообщений обеспечивает «ГРОТ» в режиме защиты передаваемых сообщений по всей линии связи ТС.
3. Назначение прибора «ПРОКРУСТ-2000».
4. Опишите порядок выполнения работы с телефонным скремблером «ГРОТ».

### **Литература**

1. Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. М.:Гелиос АРВ, 2005.
2. Электронные версии технических описаний используемого оборудования.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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

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

Групповой тракт может вносить линейные и нелинейные искажения сигналов.

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

$$U_2(j\omega)$$

передачи:

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

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

$$K(\omega) = K_0 = const.$$

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

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

что соответствует постоянству времени прохождения группового сигнала:

$$\tau(\omega) = \frac{d\theta(\omega)}{const \cdot d\omega} = T =$$

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

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

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

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

$$S_{вых}(\omega) = K(\omega) \cdot S_{вх}(\omega) = K(\omega) \cdot \sum_{i=1}^N S_i(\omega) K(\omega).$$

Из полученного выражения видно, что на выходе группового тракта спектры канальных сигналов не перекрываются. Следовательно, можно сделать вывод, что линейные искажения группового тракта в МСП с ЧРК к межканальным переходам не приводят.

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

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



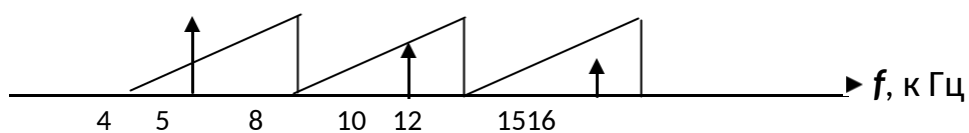


Рис. П 1.1.

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

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

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**