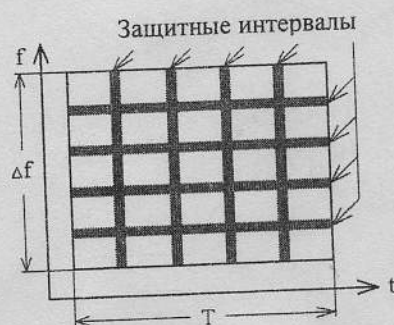


4202

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ



Рязань 2009

Федеральное агентство по образованию

Рязанский государственный радиотехнический университет

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ  
МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ**

Методические указания  
к лабораторным работам

**НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА**  
РЯЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Рязань 2009

УДК 621.391.274

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т.; сост. Ю.К.Казаков. - Рязань, 2009. - 48 с.

Рассматриваются многоканальные системы передачи с различными принципами разделения каналов, изучаются особенности передачи группового (многоканального) сигнала, исследуются характеристики основных узлов систем передачи.

Предназначены для студентов специальности 2010 "Многоканальные телекоммуникационные системы", обучающихся по курсу "Многоканальные телекоммуникационные системы".

Табл.3. Ил.32. Библиогр.: 6 назв.

*Цифровые системы передачи, телекоммуникационные системы*

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

Рецензент: кафедра радиоуправления и связи РГРТУ (зав. кафедрой д-р. техн. наук, проф. С.Н.Кириллов)

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи

Составитель К а з а к о в Юрий Константинович

Редактор Р.К. Мангутова  
Корректор С.В. Макушина

Подписано в печать 05.05.09. Формат бумаги 60×84 1/16.

Бумага газетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 3,0.

Уч. – изд.л. 3,0. Тираж 100 экз. Заказ 4968

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МСП С ЧРК

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов (ЧРК) и особенностей передачи группового (многоканального) сигнала на примере системы передачи с модуляцией вида АМ с ОБП.

#### 1. ПЛАН РАБОТЫ И ЗАДАНИЕ

При подготовке к выполнению работы:

- 1.1. Изучить теоретические основы.
- 1.2. Ознакомиться с лабораторной установкой, измерительными приборами и порядком выполнения работы.
- 1.3. Исследовать прохождение измерительного сигнала через приемно-передающий тракт.
- 1.4. Исследовать взаимные переходы между каналами при передаче многоканального сигнала по групповым трактам с различными характеристиками.
- 1.5. Исследовать влияние несинхронности генераторов несущих частот передатчика и приемника.

#### 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ

В многоканальных системах передачи наиболее часто используется принцип частотного разделения каналов, сущность которого поясняется с помощью рис. 1 и состоит в следующем. На передающей стороне первичные электрические сигналы подвергаются преобразованию таким образом, что спектры преобразованных (канальных) сигналов размещаются в неперекрывающихся частотных полосах, а групповой (многоканальный) сигнал представляет собой сумму канальных сигналов. На приемной стороне сигналы различных каналов выделяются из группового сигнала с помощью полосовых фильтров, полоса пропускания каждого из которых соответствует спектру

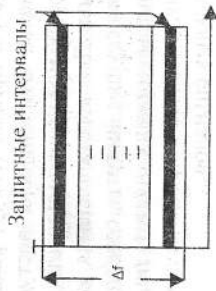


Рис. 1. Принцип ЧРК

Несущие частоты подаются на модуляторы и демодуляторы соответственно от генераторного оборудования (ГО) передачи и приема. Из-за шумов в линии и погрешностей преобразования принятый каналный сигнал  $S(t)$  отличается от переданного  $C(t)$ .

Из теоретического курса [1, 2] известно, что реальные полосовые фильтры, в отличие от идеальных, имеют конечную крутизну нарастания затухания и конечное затухание в полосе задержания. По этой причине между каналами возникают переходные помехи.

Другой причиной появления переходных помех в системах передачи с ЧРК является нелинейность группового тракта. Влияние переходных помех на качество связи оценивается величиной защищенности, которая для 1-го канала системы передачи определяется по формуле:

$$A_{31} = 10 \lg P_{c1} / P_{m1} = 20 \lg U_{c1} / U_{m1}, \text{ дБ,}$$

где  $P_{c1}(U_{m1})$  - мощность (напряжение) сигнала в 1-м канале;  
 $P_{m1}(U_{m1})$  - мощность (напряжение) переходных помех в 1-м канале.  
Чем больше защищенность, тем лучше качество связи.

В системах передачи с ЧРК генераторы несущих частот на передающей и приемной сторонах должны быть синхронизированы. Несинхронность несущих частот при формировании каналных сигналов с ОБП приводит к сдвигу спектра восстановленного на приеме сигнала на величину асинхронности, что влечет искажения передаваемой информации.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки, на которой исследуются принципы построения многоканальных систем передачи с ЧРК и особенности передачи групповых сигналов, используется типовая трехканальная аппаратура В-3-3 двухстороннего действия.

#### 3.1. Назначение и состав

Аппаратура В-3-3 предназначена для уплотнения медных, биметаллических или стальных воздушных линий связи на внутриобластных сетях. Она позволяет организовать в диапазоне частот до 31 кГц три высокочастотных телефонных канала по групповой системе и один канал служебной связи. Схема связи - двухполосная, двухпроводная.

выделяемого канала. Затем осуществляется обратное преобразование, в результате чего первичные сигналы восстанавливаются.

Преобразование первичных сигналов может выполняться с помощью амплитудной, частотной и фазовой модуляций гармонических несущих колебаний. При этом частоты несущих колебаний различных каналов должны выбираться так, чтобы спектры каналных сигналов не перекрывались.

В многоканальных системах передачи с ЧРК, как правило, применяется амплитудная модуляция, позволяющая наиболее эффективно использовать полосу частот группового тракта. Спектр амплитудно-модулированного (АМ) сигнала содержит несущую и две боковые (верхнюю и нижнюю) полосы частот, симметричные относительно несущей. Информация о передаваемом сообщении равнозначно содержится как в верхней, так и в нижней боковых полосах. Поэтому для восстановления на приемной стороне исходного первичного сигнала не обязательно передавать весь спектр АМ сигнала. Наибольшее распространение в системах с ЧРК получил способ формирования каналных сигналов с одной боковой полосой (ОБП), обладающий рядом важных преимуществ по сравнению с другими способами.

На рис. 2 приведена структурная схема трехканальной системы передачи с ЧРК. На передающей стороне первичные каналные сигналы поступают на амплитудные балансные модуляторы (М), в которых осуществляется операция перемножения колебаний несущих частот и исходных сигналов. В результате перемножения на выходе модуляторов получаются сигналы, спектры которых содержат верхнюю и нижнюю боковые полосы. Установленные после модуляторов полосовые фильтры передачи (ПФ<sub>пер</sub>) выделяют одну верхнюю или нижнюю боковую полосу, формируя, таким образом, каналные сигналы с ОБП. Канальные сигналы объединяются в суммирующем устройстве, выполненном в виде дифференциальной системы. Образуемый таким образом групповой сигнал поступает на вход линии. На приемной стороне групповой сигнал усиливается и через дифференциальную систему поступает на полосовые фильтры приема (ПФ<sub>пр</sub>), разделяющие групповой сигнал на каналные сигналы. Эти сигналы поступают на демодуляторы (ДМ), в качестве которых можно использовать, как и на передающей стороне, балансные схемы. Для восстановления исходных сигналов на демодуляторы подаются несущие частоты, совпадающие с несущими частотами на передаче. Фильтры нижних частот подавляют высокочастотные составляющие, проявляющиеся в процессе демодуляции, и выделяют спектры исходных каналных сигналов.

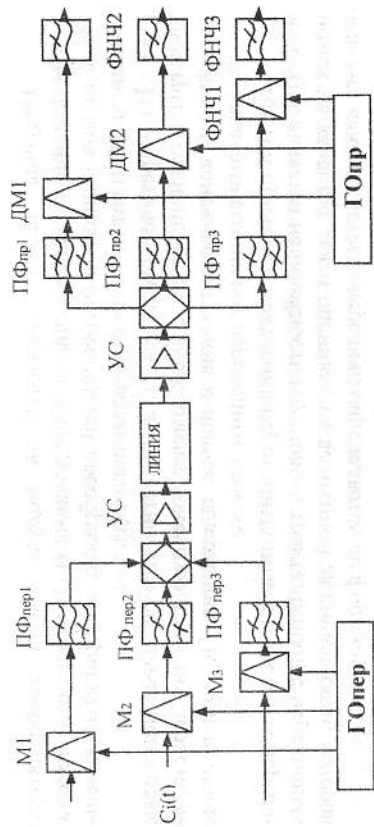


Рис. 2. Структурная схема системы передачи с ЦРК

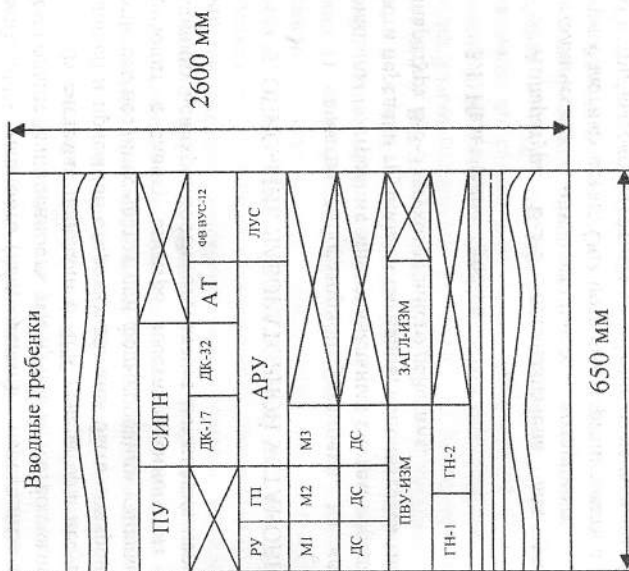


Рис. 3. Размещение оборудования на оконечной станции системы передачи В-3-3 (на одну систему)

Для передачи в прямом направлении (А-В) используется полоса частот 4-16 кГц, в обратном (Б-А) - 19-31 (18-30) кГц. В состав лабораторной установки входят две стандартные стойки аппаратуры В-3-3 с габаритами 2600x650x250 мм. На лицевой стороне стоек размещены блоки аппаратуры. Электрические соединения между отдельными блоками аппаратуры в стойке осуществляются с помощью разъёмных штепсельных вилок. Размещение оборудования на стойке аппаратуры В-3-3 приведено на рис. 3.

Электропитание аппаратуры В-3-3 осуществляется от сети переменного тока 127/220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность в расчёте на одну стойку - 150 Вт. Масса - 130 кг.

### 3.2. Спектрообразование

В основу построения аппаратуры В-3-3 положен групповой принцип каналообразования [1, 2].

В системе предусмотрено четыре варианта линейного спектра, отличающиеся друг от друга взаимной инверсией и сдвигом частотных полос каналов (рис. 4). Это обеспечивает отсутствие внятных переходных разговоров в каналах системы передачи, работающих на параллельных цепях. Любой из вариантов линейного спектра образуется с помощью

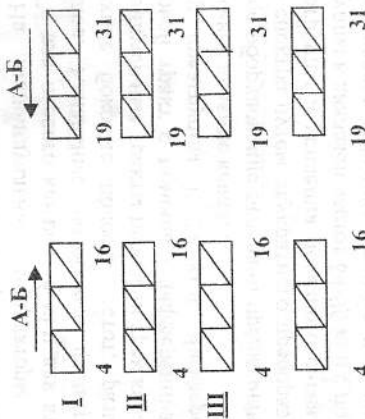


Рис. 4. Варианты линейного спектра В-3-3

трех ступеней преобразования: одной индивидуальной и трех групповых. Индивидуальное преобразование осуществляется с помощью несущих 12, 16, 20 кГц с образованием предгруппы в диапазоне частот 12-24 кГц.

Первое групповое преобразование выполняется с помощью несущих 108 или 72 кГц. В первом случае выделяется нижняя боковая полоса, во втором - верхняя. В результате образуется спектр в полосе 84-96 кГц. Второе групповое преобразование переносит спектр 84-96 кГц с помощью несущей 100 кГц в линейный спектр 4-16 кГц (прямое направление А-Б) или с помощью несущих 115 (114) кГц в линейный спектр 19-31(18-30) кГц (обратное направление Б-А). Сказанное поясняется рис. 5.

Использование двух ступеней группового преобразования позволяет уменьшить взаимное влияние между каналами и облегчить осуществление инверсии и сдвига частотных полос каналов.

3.3. Структурная схема лабораторной установки (оконечных станций аппаратуры В-3-3)

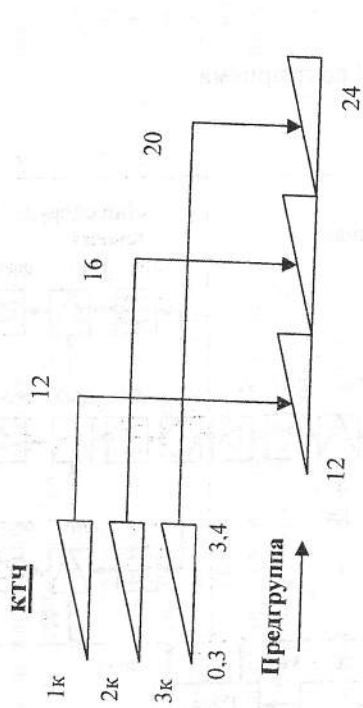
Упрощенная структурная схема оконечных станций аппаратуры В-3-3 приведена на рис. 6. На схеме для передающей и приемной частей станции показано индивидуальное оборудование, аналогичное для трех каналов, и групповое - общее для всех трех каналов. Значения несущих указаны для первого варианта формирования линейного спектра.

Индивидуальное оборудование передачи предназначено для преобразования токов тональных частот трех каналов в полосу частот предгруппы. На индивидуальные модуляторы подаются несущие частоты: 12 кГц для первого канала, 16 кГц для второго и 20 кГц для третьего каналов. Канальные полосовые фильтры передачи ПФ<sub>пер</sub> выделяют верхние боковые полосы частот, разные для различных каналов. Индивидуальные тракты передачи трех каналов объединяются в единый групповой тракт с помощью дифференциальной системы ДС, образуя спектр предгруппы 12-24 кГц. Дифференциальная система исключает взаимное влияние каналов.

Групповое оборудование передачи предназначено для формирования линейного спектра путем двукратного преобразования токов частот 12-24 кГц предгруппы и усиления полезного сигнала до необходимого 108 спектра предгруппы в диапазон частот 84-96 кГц с помощью несущих 108 (72) кГц, что позволяет получить взаимно инверсированные варианты линейного спектра. Выделение полученного группового спектра производится с помощью полосового фильтра ПФ<sub>гр</sub>.

Второй групповой преобразователь позволяет получить необходимый линейный спектр. При этом нижняя группа частот линейного спектра 4-16 кГц (направление А-Б) получается при использовании несущей 100 кГц.

### Индивидуальное преобразование



### Групповое преобразование

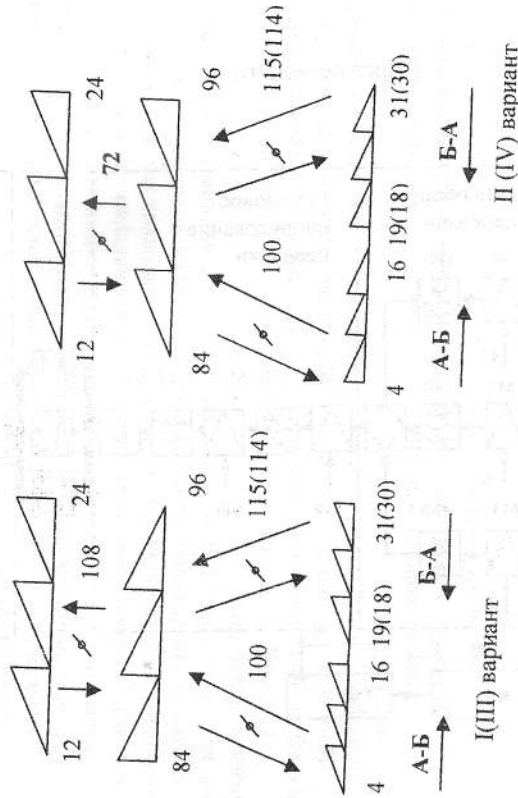


Рис. 5. Спектрообразование в аппаратуре В-3-3

Направляющий фильтр Д-17 отделяет частотную полосу передачи от полосы приема. Усилитель группового тракта передачи обеспечивает необходимый уровень сигнала.

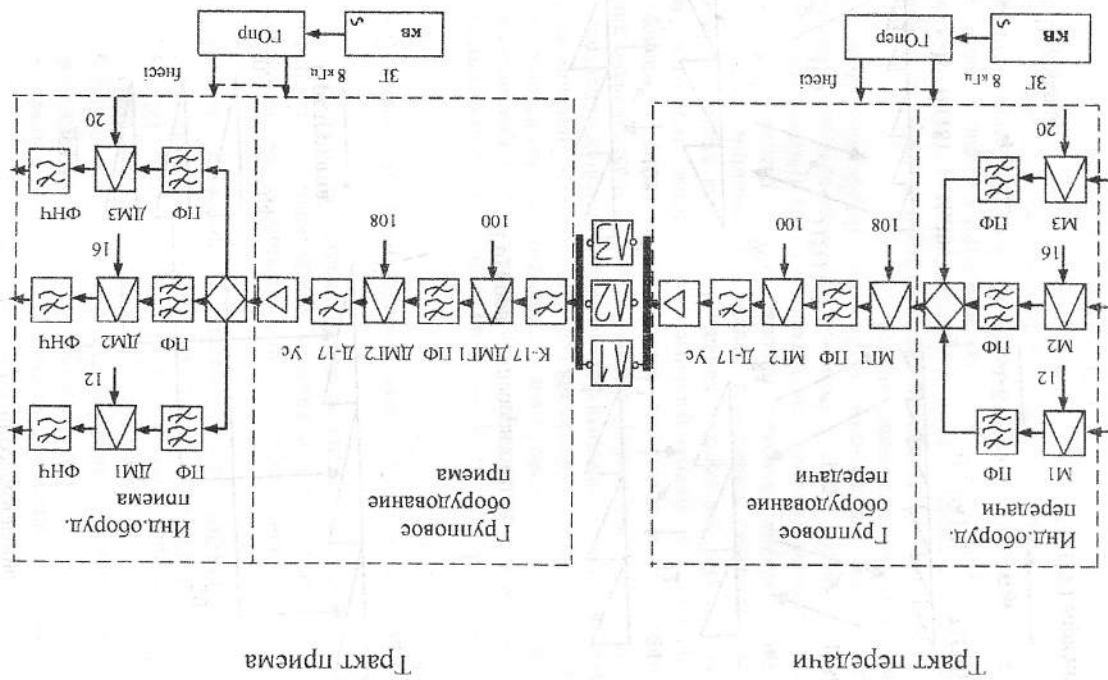
Групповое оборудование приема предназначено для формирования токов частот линейного спектра и усиления полезного сигнала до требуемой величины на входе индивидуального оборудования приемной части. На входе группового тракта приема стоит направляющий фильтр К-17, отделяющий частотную полосу приема от полосы передачи. Первый групповой преобразователь тракта приема (демодулятор) производит перенос линейного спектра с помощью несущей 100 кГц в полосу частот 84-96 кГц, которая выделяется с помощью полосового фильтра ПФ<sub>пр</sub>. Далее второй групповой преобразователь с помощью несущих 108 (72) кГц переводит полученную группу в спектр частот подгруппы 12-24 кГц, которая выделяется с помощью фильтра Д-17. На выходе группового тракта с помощью усилителя обеспечивается необходимый уровень сигнала на входе индивидуального оборудования приема. Индивидуальное оборудование приема предназначено для преобразования спектра частот подгруппы в токи тональных частот каналов.

Параллельная работа канальных полосовых фильтров приема ПФпр обеспечивается с помощью дифференциальной системы. Поступающие с выхода дифсистемы сигналы разделяются соответствующими канальными полосовыми фильтрами приема ПФ<sub>пр</sub> и поступают на демодуляторы ДМ1-ДМ3, которые осуществляют обратное преобразование сигналов высокой частоты в сигналы тональной частоты 0-4 кГц. Полученный тональный спектр частот выделяется фильтрами нижних частот ФНЧ.

Несущие частоты на модуляторы передающей части и демодуляторы приемной подаются соответственно от генераторного оборудования ГО передачи и приема. В качестве задающего генератора в генераторном оборудовании приема и передачи используется кварцевый генератор 8 кГц.

В качестве эквивалента линий используются три четырехполосника: Л1 - линия без искажений; Л2 - линия с линейными искажениями и Л3 - линия с нелинейными искажениями.

Рис. 6. Упрощенная структурная схема аппаратуры В-3-3



#### 4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

4.1. Исследование прохождения измерительного сигнала через приемопередающий тракт

Исследование проводится с помощью измерительного комплекта, включающего в себя осциллограф, анализатор спектра и частотомер. В качестве генератора сигнала используется встроенный генератор 800 Гц.

Порядок проведения исследований:

- вынуть дужку "ВЫХ.ЛУС" на блоке ЛУС станции Б;
- подать сигнал со встроенного генератора частотой 800 Гц (панель ЛВУ-ИЗМ) на вход индивидуального преобразователя первого канала (гнезда "I-1,2 ВК" блока ДС) станции А;
- посмотреть форму сигнала и определить его частоту в следующих точках:

- а) выход индивидуального преобразователя тракта передачи первого канала (гнезда "I-1,2 ВК" блока МОДЕМ-1) станции А;
  - б) выход группового преобразователя тракта передачи станции А (гнезда "I-1,2 ВК" блока ЛУС);
  - в) выход группового линейного усилителя тракта передачи (гнезда "I-3,4 ВК" блока ЛУС) станции А;
  - г) выход группового преобразователя тракта приема (гнезда "ВЫХ.УГД" блока ПП) станции Б;
  - д) выход индивидуального демодулятора тракта приема первого канала (гнездо "II-3,4 ВК" блока МОДЕМ-1) станции Б.
- Поставить дужку "ВЫХ.ЛУС" на блоке ЛУС станции Б на прежнее место.

По полученным данным построить схему спектрообразования аппаратуры.

4.2. Исследование взаимных переходов между каналами

Вначале исследуются переходные помехи при передаче группового сигнала через линию Л1 без искажений, затем через линию Л2 с линейными искажениями, наконец, через линию Л3 с нелинейными искажениями. Коммутация вариантов линий осуществляется с помощью кнопочного переключателя, расположенного на лицевой панели эквивалента линий.

Порядок исследований:

- подать сигнал со встроенного генератора 800 Гц на вход подерженного влиянию канала станции А;

- с помощью осциллографа или вольтметра измерить напряжение сигнала  $U_c$  на выходе этого канала со стороны станции Б;

- отключить сигнал от входа подверженного влиянию канала и подать на вход влияющего канала станции А;

- с помощью осциллографа или вольтметра измерить напряжение переходной помехи  $U_{np}$  на выходе подверженного влиянию канала со стороны станции Б.

Номера влияющих и подверженных влиянию каналов указываются преподавателем.

Результаты измерений записать в таблицу.

По полученным в п. 4.2 результатам сделать выводы.

4.3. Исследование влияния несинхронности генераторов несущих частот передатчика и приемника

Для неискаженной передачи сигналов по МСП с ЧРК необходимо обеспечить синхронность генераторов несущих частот передатчика и

Тип линий	Номер канала, подверж. влиянию	Номер влияющ. канала	Напряжение сигнала, мВ	Напряжение переходной помехи, мВ	Защитен., дБ
Линия без искаж.					
Линия с лнн. искаж.					
Линия с нелнн. искаж.					

приемника. Для синхронизации необходимо сравнить частоту несущей модулятора выбранного канала с частотой демодулятора этого же канала. Для этого:

- сравнить частоты несущих путем последовательного подключения частотомера соответственно к гнездам "II-1,2 ВК" блока ГН-1 станции А и "II-1,2 ВК" блока МОДЕМ-1 станции Б. Регулятором на блоке ГН-1 добиться соответствия этих частот;
- подать измерительную частоту 800 Гц на вход исследуемого канала. С помощью частотомера измерить частоты на входе и выходе канала и убедиться в их совпадении;

- изменить частоту несущей демодулятора тумблером Df-0 на 50-100 Гц и убедиться в сдвиге частоты сигнала на выходе канала на эту же величину.

По полученным результатам сделать выводы.



## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность частотного разделения каналов и проиллюстрируйте ее спектральной схемой построения группового сигнала.
2. Объясните назначение всех узлов на структурной схеме лабораторной установки.
3. Почему в системах с ЧРК преимущество отдается амплитудной модуляции?
4. Объясните причины появления переходных помех в многоканальных системах передачи с ЧРК.
5. Покажите, что канальные сигналы в МСП с ЧРК ортогональны как в частотной, так и во временной областях.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МСП С ВРК

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с временным разделением каналов (ВРК) и особенностей передачи группового (многоканального) сигнала на примере системы передачи с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ).

### 1. ПЛАН РАБОТЫ И ЗАДАНИЕ

При подготовке к выполнению работы:

- 1.1. Изучить теоретические основы.
- 1.2. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.3. Исследовать прохождение сигналов через приемопередающий тракт.
- 1.4. Исследовать влияние несинфазной и несинхронной работы передающей и приемной станций на передачу сигналов в МСП с АИМ-ВРК.

### 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ

В многоканальных системах передачи использование временного разделения каналов вызвано достоинствами цифровых методов обработки сигналов. Сущность ВРК поясняется с помощью рис. 1 и состоит в следующем.

Спектрам сигналов каждого канала выделяются определенные интервалы времени, т.е. каждый сигнал имеет отдельный временной интервал, а спектры всех сигналов лежат в одной и той же частотной области. Для этого передающая и приемная станции содержат переключающие устройства - распределители, периодически одновременно подключающие к линии передатчик и приемник одного канала на заданный промежуток времени. В качестве переносчиков информации используются периодические последовательности импульсов одного знака,

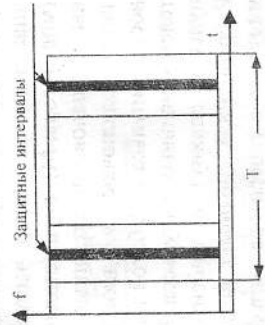


Рис. 1. Принцип ВРК

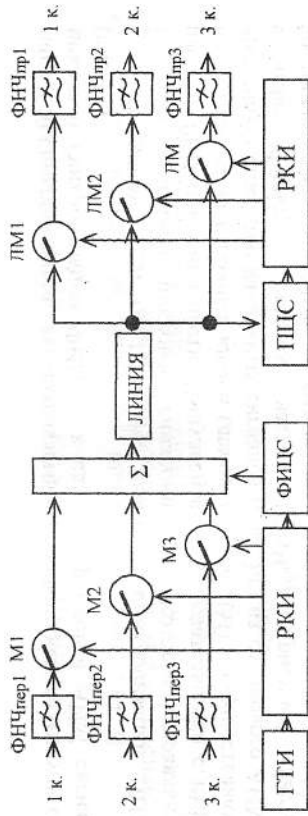


Рис. 2. Структурная схема системы передачи с ВРК

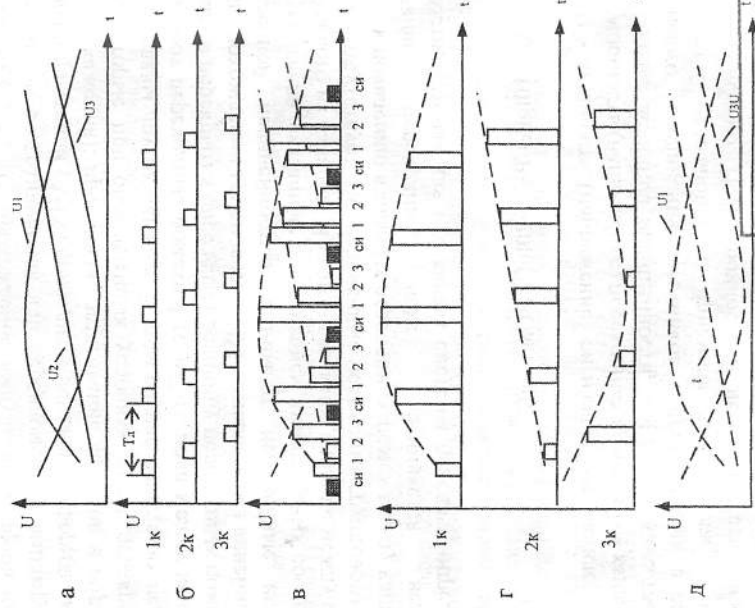


Рис. 3. Временные диаграммы разделения канальных сигналов в системах передачи с ВРК

которые характеризуются следующими параметрами: амплитудой  $U$ , длительностью (шириной)  $t$ , периодом следования  $T$ , фазой (положением)  $f$  импульсов относительно тактовых точек отсчета  $\Delta t_i$ , где  $i$  - номер отсчета. С их помощью по каналам связи передается информация об отсчетных значениях непрерывных сигналов, поступающих на входы каналов. Отношение периода следования к длительности импульса  $Q = T/t$  называется скважностью. Для систем передачи с ВРК  $Q \geq 100$ .

Возможность передачи непрерывных аналоговых сигналов импульсными методами доказана в теореме В.А.Котельникова [1]. Информацию, которая содержится в любом непрерывном сигнале  $U_c(t)$  со спектром  $S(\omega)$ , ограниченным частотой  $\omega_b = 2\pi F_b$ , можно передавать с помощью отсчетов мгновенных значений  $U(i\Delta t)$ , взятых из сигнала в дискретные, равноотстоящие моменты времени. Интервал времени  $\Delta t$  между соседними отсчетами зависит от наивысшей частоты в спектре сигнала. Если наивысшая частота в спектре сигнала не превышает  $F_b$ , то интервал между отсчетами не должен превышать  $\Delta t \leq 1/2F_b$ .

Процесс замены непрерывного сигнала совокупностью отсчетов мгновенных значений называется дискретизацией сигнала во времени. Передача сообщений в системах с ВРК осуществляется с помощью модуляции параметров периодической импульсной последовательности. Различают амплитудно-импульсную (АИМ), широтно-импульсную (ШИМ) и частотно-импульсную (ЧИМ) модуляции. Два последних вида модуляции, связанные с изменением времени появления импульсов относительно тактовых точек отсчетов, относят к времени импульсной модуляции (ВИМ). Возможна одновременная модуляция нескольких параметров, например амплитудно-частотная, частотно-широтная.

На рис. 2 приведена упрощенная структурная схема трехканальной системы передачи с ВРК. На рис. 3 приведены временные диаграммы, поясняющие ее работу. Схема работает следующим образом.

На передающей стороне индивидуальные непрерывные сигналы (рис. 3,а) через фильтры нижних частот передачи (ФНЧ<sub>пер</sub>), ограничивающие их спектр частотой  $F_b$ , поступают на электронные ключи (модуляторы М), осуществляющие дискретизацию во времени непрерывных сигналов. Электронные ключи периодически с частотой дискретизации подключают входное напряжение к нагрузке на время длительности импульса  $t$ . Работой ключей управляют формируемые распределителем канальных импульсов РКИ последовательности прямоугольных импульсов, сдвинутые относительно друг друга на время  $Dt$  (рис. 3,б). Работой РКИ управляет последовательность тактовых импульсов, формируемая в генераторе тактовых импульсов ГТИ. В сумматоре происходит объединение дискретных отсчетов канальных сигналов и импульсов

цикловой синхронизации, вырабатываемых в формирователе импульсов цикловой синхронизации ФИЦС, в единый групповой АИМ сигнал (рис.3.в).

В приемной части приемник цикловой синхронизации ПЦС выделяет импульсы цикловой синхронизации, которые управляют работой РКИ приемной части. Импульсные последовательности с РКИ поступают на электронные ключи (демультиплексоры ДМ) и осуществляют временную селекцию канальных сигналов (рис. 3.г) из группового АИМ сигнала. Фильтры нижних частот (ФНЧ<sub>нр</sub>) приемной части восстанавливают непрерывные сигналы из дискретных отсчетов (рис. 3.д). Из-за шумов в линии и погрешностей преобразования выделенный непрерывный канальный сигнал  $S^*(t)$  отличается от переданного сигнала  $S(t)$ .

Известно [1, 3], что прохождение импульсного группового АИМ сигнала по линии с ограниченной или неравномерной амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) приводит к искажению формы импульсов (линейные искажения): происходит затягивание фронтов и образование выбросов, которые при определенных условиях могут перекрыть временные интервалы других каналов. В этом случае в системах передачи с ВРК возникают переходные помехи 1-го и 2-го рода между каналами, а степень такого перекрытия определяет величину переходных помех.

При прохождении группового АИМ сигнала через линейный тракт с определенной нелинейностью возникают нелинейные искажения группового сигнала, связанные с изменением амплитудных соотношений отсчетов каждого из каналов. При этом взаимное влияние между соседними каналами отсутствует, т.е. нелинейные искажения группового сигнала не приводят к появлению взаимных переходных помех между каналами.

Влияние переходных помех оценивается величиной защищенности, которая для  $i$ -го канала системы передачи определяется по формуле (1).

$$A_{31} = 10 \lg P_{c1} / P_{n1} = 20 \lg U_{c1} / U_{n1}, \text{ дБ}, \quad (1)$$

где  $P_{c1}(U_{n1})$  - мощность (напряжение) сигнала в  $i$ -м канале;

$P_{n1}(U_{n1})$  - мощность (напряжение) переходных помех в  $i$ -м канале.

Чем больше величина защищенности, тем лучше качество связи. Для правильного соединения источников с приемниками в системах передачи с ВРК передающая и приемная части должны работать синхронно и синфазно. Несинхронность и несинфазность приводят к временному сдвигу формируемых на приемной стороне канальных импульсных последовательностей относительно аналогичных на передающей стороне и, как следствие, к появлению взаимных переходных помех.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки, на которой исследуются принципы построения многоканальных систем передачи с ВРК и особенности передачи групповых сигналов, используется типовая 30-канальная аппаратура ИКМ-30.

#### 3.1. Назначение и состав

Аппаратура ИКМ-30 предназначена для организации соединительных линий между ГТС и позволяет организовать до 30 каналов ТЧ по парам низкочастотного кабеля типа Г или ТПП.

В состав лабораторной установки входит стандартная стойка оконечной станции аппаратуры ИКМ-30 с габаритами 2600х600х225 мм, на лицевой панели которой размещен полный комплект 30-канального оборудования. Размещение оборудования на стойке ИКМ-30 приведено на рис. 4. Электропитание аппаратуры ИКМ-30 осуществляется от сети переменного тока 220 В частотой 50 Гц. Потребляемая мощность - 150 Вт. Масса - 130 кг.

#### 3.2. Структурная схема лабораторной установки

Упрощенная структурная схема временной части оконечной станции аппаратуры ИКМ-30 приведена на рис. 5. На схеме для передающей и приемной частей аппаратуры показано индивидуальное оборудование, общее для всех 30 каналов.

Индивидуальное оборудование временной части предназначено для формирования канального АИМ-сигнала на передаче и восстановления непрерывного сигнала из импульсов АИМ на приеме.

На тракте передачи низкочастотный сигнал поступает на ограничитель амплитуд ОА, предназначенный для защиты групповой части аппаратуры от перегрузки. Низкочастотный фильтр передачи ФНЧ<sub>пер</sub> ограничивает спектр сигнала на частоте среза 3,4 кГц, обеспечивая тем самым согласование спектра сигнала с частотой дискретизации, равной 8 кГц. Канальный амплитудный модулятор М формирует АИМ сигнал. На выходе сумматора формируется групповой АИМ сигнал.

В тракте приема временной селектор ВС выделяет из группового АИМ сигнала последовательность импульсов данного канала.

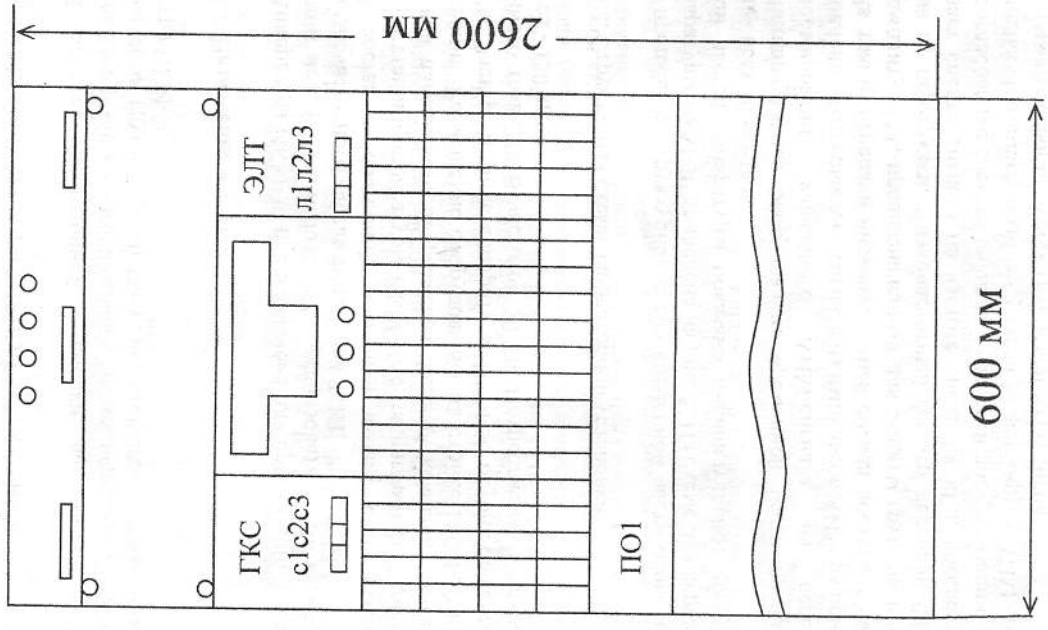


Рис. 4. Размещение оборудования на оконечной станции аппаратуры ИКМ-30

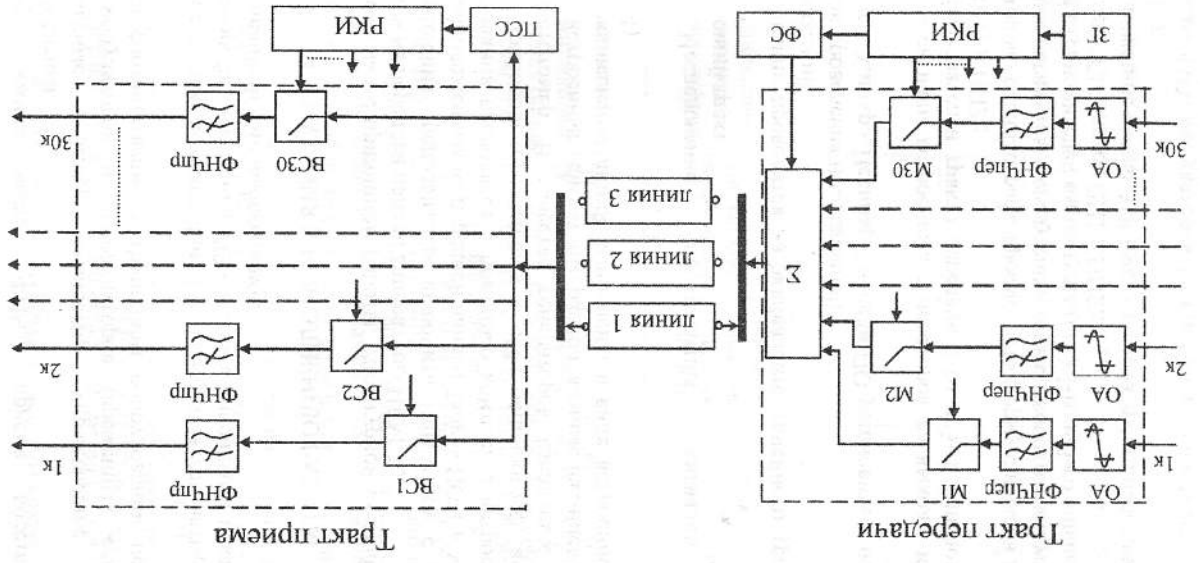


Рис. 5. Упрощенная структурная схема временной части аппаратуры ИКМ-30

Фильтр нижних частот ФНЧ<sub>пр</sub> приема восстанавливает непрерывный сигнал.

Импульсные последовательности, управляющие работой канальных модуляторов и демодуляторов (временных селекторов), формируются соответственно в групповом оборудовании передачи и приема.

В качестве эквивалентов линий используются три четырехполосника: Л1 - линия без искажений, Л2 - линия с линейными искажениями, Л3 - линия с нелинейными искажениями.

#### 4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Ознакомьтесь с принципом работы, структурной схемой и размером блоков на передней панели аппаратуры ИКМ-30.

С разрешения преподавателя включить аппаратуру с помощью тумблеров, расположенных на передней панели блоков ПО-1 и УП.

Исследования проводятся с помощью комплекта встроенных измерительных приборов, включающих в себя осциллограф, анализатор спектра и частотомер. В качестве генераторов канальных сигналов используются встроенные генераторы, расположенные на лицевой панели блока ГКС. Эквиваленты линий выполнены в виде встроенного блока ЭЛТ (см. рис. 4).

4.1. Исследование прохождения сигналов через приемопередающий тракт

Исследования проводятся на эквиваленте линейного тракта Л1 - линия без искажений.

Порядок проведения исследований:

- тумблер "Синхр.- Несинхр." панели ПО установить в положение "Синхр.";

- подать сигналы встроенных генераторов на выходы индивидуальных преобразователей тракта передачи 1-го и 3-го каналов (гнездо "Г1" блоков ПП1 и ПП2);

- с помощью осциллографа просмотреть форму сигналов и определить временные параметры в следующих точках лабораторной установки:  
а) вход ограничителей амплитуды (ОА) 1-го и 3-го каналов тракта передачи (гнездо "Г1" блоков ПП1 и ПП2);

б) управляющие входы АИМ модуляторов тракта передачи (гнездо "ИП" блока ДК);

в) выходы АИМ модуляторов 1-го и 3-го каналов тракта передачи (гнездо "Г2" блоков ПП1 и ПП2);

г) выход группового сумматора тракта передачи (гнездо "Г2" блока ПП1);

д) входы временных селекторов 1-го и 3-го каналов тракта приема (гнездо "Г3" блоков ПП1 и ПП2);

е) выходы фильтров нижних частот 1-го и 3-го каналов тракта приема (гнездо "Г4" блоков ПП1 и ПП2).

4.2. Исследование влияния линейных и нелинейных искажений в групповом тракте на величину переходных помех между каналами

Вначале исследуются помехи при передаче группового сигнала через линию Л1 без искажений, затем через линию Л2 с линейными искажениями и, наконец, через линию Л3 с нелинейными искажениями. Коммутация эквивалентов линий осуществляется с помощью кнопочного переключателя, расположенного на блоке ЭЛТ.

Порядок проведения исследований:

- подать сигнал со встроенного генератора (гнездо "Ген.1" блока ГКС) поочередно на входы подверженных влиянию каналов и с помощью осциллографа (или вольтметра) измерить напряжение сигналов на выходах этих каналов (гнездо "Г4" блоков ПП1);

Таблица 1

Тип линий	Номер влияющ. канала	Номера каналов, подверж. влиянию	Напряжение сигнала, мВ	Напряжение переходной помехи, мВ	Защищен. дБ
Линия без искаж.					
Линия с лин. искаж.					
Линия с нелин. искаж.					

- отключить сигнал от входов подверженных влиянию каналов и подать на вход влияющего канала (гнездо "Г1" блока ПП1), с помощью осциллографа (или вольтметра) измерить поочередно на выходах выбранных подверженных влиянию каналов напряжения переходных помех  $U_{п(в)}$ .

Номера влияющих и подверженных влиянию каналов указываются преподавателем. Результаты исследований заносятся в табл. 1. По полученным результатам сделать выводы.

4.3. Исследование влияния несинфазной и несинхронной работы приемной и передающей станций на передачу сигналов

Переключатель типа линии эквивалента линейного тракта перевести в положение П (линия без искажений). Установить аппаратуру с помощью переключателя П в режим "Синхр.- Синф.". Подать сигнал на вход первого канала. Подключить к выходу первого канала (гнездо Г4) вольтметр. Изменяя задержку сигнала с помощью кнопочного переключателя Б3, снять зависимость напряжения сигнала от задержки. Положению 1 блока Б3 соответствует нулевая задержка, положению 2 - задержка 1,3 мкс, положению 3 - задержка 2,6 мкс, положению 4 - задержка 4,0 мкс. Для снятия зависимости напряжения межканальной переходной помехи от задержки подать тот же сигнал во второй канал, вольтметр оставить на выходе первого канала. По полученным зависимостям рассчитать по формуле (1) защищенность  $A_{31}$  и построить зависимость  $A_{31}(t)$ . Для исследования несинхронного - несинфазного режима работы поставить переключатель П1 в соответствующее положение, подключить осциллограф на выход первого канала (гнездо Г4). Просмотреть форму сигнала в этом случае и объяснить ее.

Результаты исследований занести в табл. 2.

Таблица 2

Задержка $t$ , мкс	Напряжение сигнала $U_c$ , мВ	Напряжение переходной помехи $U_{пп}$ , мВ	Защищенность $A_{31}$ , дБ	Режим работы
0,0				Синхронный-синфазный
1,3				Синхронный-несинфазный
2,6				
4,0				

По полученным результатам сделать выводы.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность временного разделения каналов.
2. Из каких соображений выбирается частота дискретизации в канале?
3. Каким образом осуществляется преобразование сигналов в АИМ модуляторах и АИМ демодуляторах?
4. Объясните назначение всех узлов на структурной схеме лабораторной установки.
5. Объясните причины появления переходных помех в многоканальных системах передачи с ВРК.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ МСП С ЧВРК

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение принципов построения многоканальных систем передачи с частотно-временным разделением каналов (ЧВРК) на примере системы передачи тонального телеграфирования с частотной модуляцией (ЧМ).

#### 1. ПЛАН РАБОТЫ И ЗАДАНИЕ

При подготовке к выполнению работы:

- 1.1. Изучить теоретические основы.
- 1.2. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.3. Исследовать прохождение сигналов через приемопередающий тракт.

#### 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ

В многоканальных системах передачи стремление сохранить достаточность частотного и временного методов разделений каналов и по возможности исключить их недостатки [4, 5] привело к разработке комбинированного метода частотно-временного разделения каналов (ЧВРК). Данный метод нашел применение в многоканальных системах передачи, используемых на вторичных сетях ЕАСС (телеграфные сети общего пользования, сети абонентского телеграфа, низкоскоростные сети передачи данных) и позволяющих в полосе частот канала тональных частоты (ТЧ) организовывать до нескольких десятков телеграфных каналов.

Сущность комбинированного способа разделения каналов поясняется с помощью рис. 1 и состоит в следующем.

При ЧВРК полоса пропускания канала ТЧ  $DF$  с помощью полосовых фильтров разделяется на  $k$  частотных подканалов, каждый с полосой пропускания  $\Delta F_k$  (метод ЧРК). С учетом ширины защитных частотных интервалов между частотными подканалами  $\Delta F = \Sigma \Delta F_k + \Delta F_{защ}(k-1)$ .

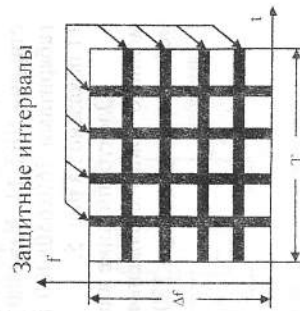


Рис. 1. Принцип ЧВРК

В свою очередь каждый из подканалов уплотняется  $n$ -кратными временными системами (метод ВРК), которые могут использоваться независимо одна от другой. Изложенное справедливо для передающей части аппаратуры с ЧВРК, в приемной части производятся обратные преобразования.

Структурная схема аппаратуры с ЧВРК приведена на рис. 2. Существует несколько способов использования каналов ТЧ для образования нескольких дискретных каналов (рис. 3).

Каналы ТЧ, предоставленные для передачи дискретной информации, могут быть организованы по двух- и четырехпроводным схемам (рис. 4). При двухпроводной схеме передача может производиться одновременно в обоих направлениях при условии разделения полосы пропускания канала ТЧ на два подканала либо поочередно в одном и другом направлениях. При четырехпроводной схеме передача может производиться одновременно в обоих направлениях в полосе частот канала ТЧ.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки, на которой исследуются принципы построения многоканальных систем передачи с ЧВРК, используется аппаратура частотно-временного телеграфирования ЧВТ-11.

#### 3.1. Назначение и состав

Аппаратура ЧВТ-11 предназначена для организации в полосе частот стандартного канала ТЧ 44 низкоскоростных каналов, работающих со скоростью 50 Бод, или 28 каналов со скоростью 75 Бод. Схема связи - двух- или четырехпроводная.

В состав лабораторной установки входят два комплекта оконечной станции ЧВТ-11. Каждый комплект выполнен в виде отдельной стойки с габаритами 760x650x400 мм. Размещение оборудования на стойке ЧВТ-11 показано на рис. 5.

Электропитание аппаратуры ЧВТ-11 осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность на одну стойку - 130 Вт.

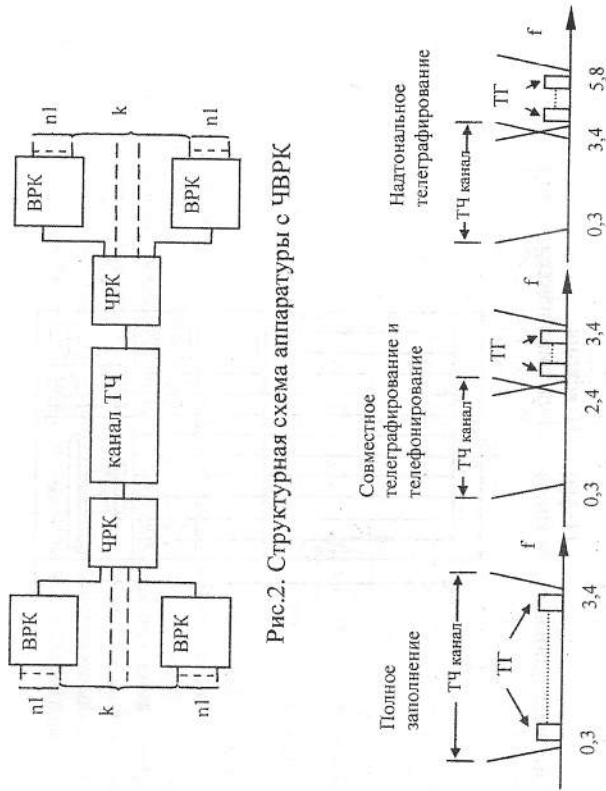


Рис. 2. Структурная схема аппаратуры с ЧВРК

Рис. 3. Распределение полосы пропускания канала ТЧ для передачи дискретных каналов

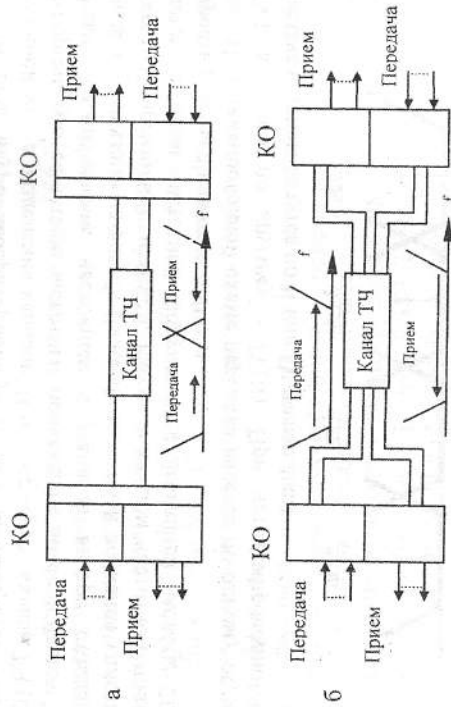


Рис. 4. Организация дискретных каналов по двухпроводному (а) и четырехпроводному (б) каналам ТЧ





На передающей стороне низкоскоростные 50(75)-бодные телеграфные сигналы всех одиннадцати каналов поступают на индивидуальные блоки телеграфных каналов ТЛГ1-ТЛГ11, в которых производятся их "привязка" к такту передающей части временной системы и регенерация (рис. 9,а,б). Выходы ТЛГ каналов подключены ко входам распределителей передачи, которые работают в синхронном режиме. Опробование каждого из 12 входов распределителей передачи производится импульсными последовательностями с частотой 50 Гц (рис. 9,в). На вход 12-го распределителя передачи от отдельного генератора подается сигнал фазирования по циклам. Посылки с выхода распределителей (рис. 9,г) суммируются (рис. 9,д) и поступают на входы частотных каналов.

На приемной стороне (рис. 10) групповые сигналы в форме 600-бодных среднескоростных посылок постоянного тока поступают на схему синхронизации, обеспечивающей "привязку" фронтов посылок к тактовой частоте. С выхода схемы синхронизации (рис. 11,а) приемника эти сигналы одновременно подаются на входы двенадцати схем совпадения СС1-СС12, на другие входы которых поступают импульсные последовательности, формируемые в распределителе приема (рис. 11,б). При этом они располагаются в средней части входящих посылок. На выходе блока схем совпадения формируется регенерированный сигнал с частотой посылки 50(75) Бод (рис. 11,в).

#### 4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

##### 4.1. Подготовка аппаратуры к включению

Ознакомиться с принципом работы и рабочими режимами аппаратуры ЧВТ-11. Ознакомиться со структурной схемой аппаратуры и размещением блоков на передней панели.

С разрешения преподавателя включить аппаратуру с помощью сетевого шнура.

После включения аппаратуры в сеть нажать кнопку "Блок.Зв." на блоках ПКС станций А и Б. Переключатель "ДК-ВЫК" на блоках ПК поставить в положение ДК (включение имитатора сигнала).

Поставить станцию Б в режим приема, а станцию А - в режим передачи при работе обеих станций по II группе, для чего с помощью соединительного двухпроводного шнура соединить гнездо "ПРМ" блока БКР станции Б с гнездом "ПРД" блока станции А.

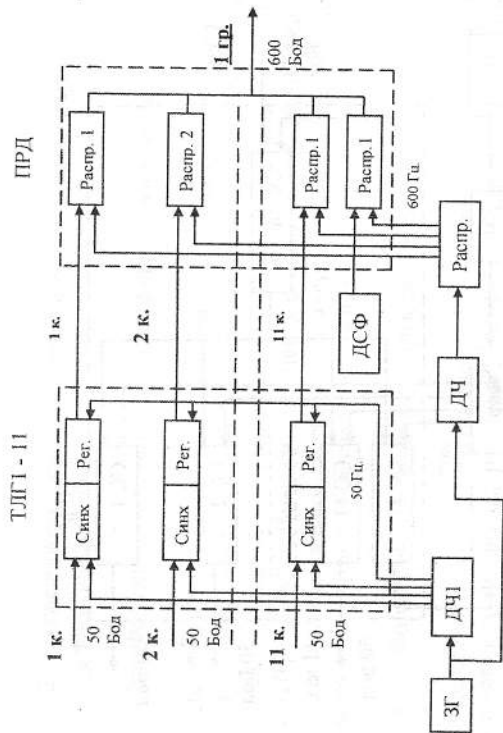


Рис. 8. Структурная схема передающей временной части аппаратуры ЧВТ-11

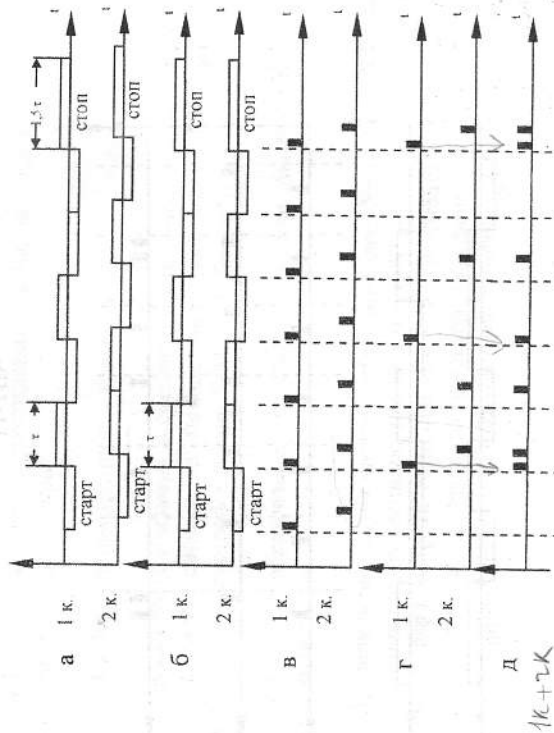


Рис. 9. Временные диаграммы работы передающей временной части аппаратуры ЧВТ-11

4.2. Исследование прохождения сигналов через передающую временную часть аппаратуры

4.2.1. Формирование индивидуального временного сигнала

Подключить сигнал имитатора к входу выбранного индивидуального канала станции А, для чего поставить ключ "РБТ-Ы" на блоке ПКС станции А в положение "Ы". Подключить осциллограф к гнезду "ПРД-ВЫХ" выбранного индивидуального канала (блока ТЛГ). Зарисовать осциллограмму сигнала и измерить длительность токовых импульсов стартового телеграфного сигнала.

4.2.2. Формирование группового временного сигнала

Подключить осциллограф к гнезду "ТГ" блока ПРД станции А. Исследовать формирование группового 600-бодного сигнала, для чего на блоке ПКС станции А поставить последовательно несколько ключей "РБТ-Ы" в положение "Ы". Посмотреть и зарисовать изменение формы группового временного 600-бодного сигнала.

4.3. Исследование прохождения сигналов через передающую частотную часть аппаратуры

4.3.1. Модуляция группового сигнала

Посмотреть и измерить среднюю частоту частотно-модулированного группового сигнала на выходе частотного модулятора, для чего подключить осциллограф к гнезду "ЧМ ПРД" блока ПРД станции А.

4.3.2. Преобразование частотно-модулированного группового сигнала на передаче

Измерить несущую частоту колебания преобразователя частоты, для чего подключить осциллограф к гнезду "Г.НЕС-ПРД" блока МОД станции А. Просмотреть осциллограмму и измерить среднюю частоту сигнала на выходе полосового фильтра передачи ПФ<sub>пер</sub> выбранной группы, для чего подключить осциллограф к гнезду "Ф-ПРД" блока БКР станции А.

4.4. Исследование прохождения сигналов через приемную частотную часть аппаратуры

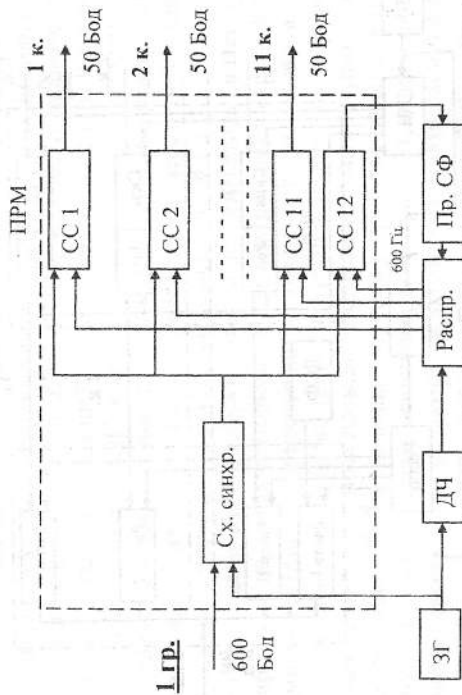


Рис. 10. Структурная схема приемной временной части аппаратуры ЧВТ-11

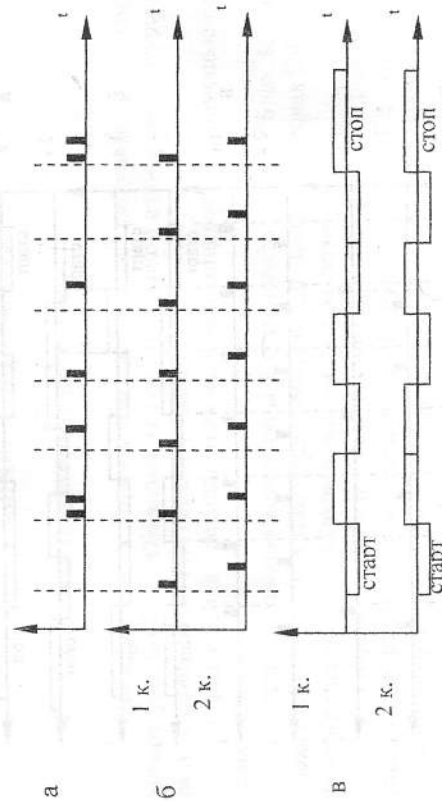


Рис. 11. Временные диаграммы работы приемной временной части аппаратуры ЧВТ-11

## ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНЫХ УЗЛОВ АППАРАТУРЫ МСП С ЧРК

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение и исследование характеристик основных узлов аппаратуры многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов (МСП с ЧРК), таких как дифференциальные системы, преобразователи частоты и электрические фильтры.

### 1. ПЛАН РАБОТЫ И ЗАДАНИЕ

При подготовке к выполнению работы:

- 1.1. Изучить теоретические основы.
- 1.2. Ознакомиться с лабораторной установкой, измерительными приборами и порядком выполнения работы.
- 1.3. Исследовать дифференциальную систему и оценить ее параметры.
- 1.4. Исследовать преобразователи частоты и их характеристики.
- 1.5. Исследовать электрические канальные фильтры и их характеристики.

### 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ

#### 2.1. Дифференциальные системы

Дифференциальные системы (ДС) предназначены [6] для согласования двух- и четырехпроводных цепей при организации двухстороннего телефонного канала. При этом соединение трактов выполняется таким образом, чтобы между отдельными направлениями четырехпроводного тракта затухание было по возможности большим, а между двухпроводным трактом и любым направлением четырехпроводного тракта - малым.

В телефонных каналах ДС могут выполняться либо на резисторах (рис. 1), либо на многообмоточных трансформаторах (рис. 2).

В многоканальных системах передачи ДС на резисторах используются в аппаратуре местных сетей, ДС на трансформаторах - в аппаратуре магистральных линий связи.

ДС на трансформаторах вносят в тракт передачи большие амплитудно-частотные искажения по сравнению с ДС на резисторах. В то же время трансформаторные ДС имеют в направлении передачи сигнала

4.4.1. Преобразование частотно-модулированного группового сигнала на приеме

Просмотреть осциллограмму и измерить среднюю частоту сигнала на выходе полосового фильтра приема ПФ<sub>пр</sub> выбранной группы, для чего подключить осциллограф к гнезду "ВЫХ.ФПРМ" блока ФПРД2 станции Б.

Просмотреть осциллограмму и измерить частоту несущего колебания преобразователя частоты, для чего подключить осциллограф к гнезду "Г.НЕС-ПРМ" блока МОД станции Б.

Просмотреть осциллограмму и измерить среднюю частоту сигнала на выходе полосового фильтра ПФ выбранной группы, для чего подключить осциллограф к гнезду "ПР.ПРМ" блока ПРМ станции Б.

4.4.2. Демодуляция группового сигнала

Просмотреть осциллограмму временного 600-бодного группового сигнала на выходе частотного демодулятора, для чего подключить осциллограф к гнезду "ВЫХ.ТГ" блока ПРМ станции Б.

4.5. Исследование прохождения сигналов через приемную временную часть аппаратуры

Просмотреть осциллограмму и измерить длительность токовых импульсов принятого стартового телеграфного сигнала, для чего подключить осциллограф к гнезду "ПРМ" блока ТЛГ выбранного канала станции Б.  
Объяснить полученные результаты.

### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность комбинированного частотно-временного метода разделения каналов.
2. Сравните достоинства и недостатки частотного и временного методов разделения каналов.
3. Объясните назначение всех узлов в трактах передачи и приема на структурной схеме лабораторной установки.
4. Обоснуйте выбор вида модуляции сигнала в аппаратуре лабораторной установки.
5. Поясните режимы работы аппаратуры ЧВТ-11.

меньшее затухание.

Трансформаторная ДС (рис. 3) характеризуется коэффициентами трансформации:

$$n = (W_{11} + W_{12})/W_2 \text{ и } m = W_{12}/W_{11},$$

где  $W_{11}$ ,  $W_{12}$  и  $W_2$  - число витков соответствующих обмоток.

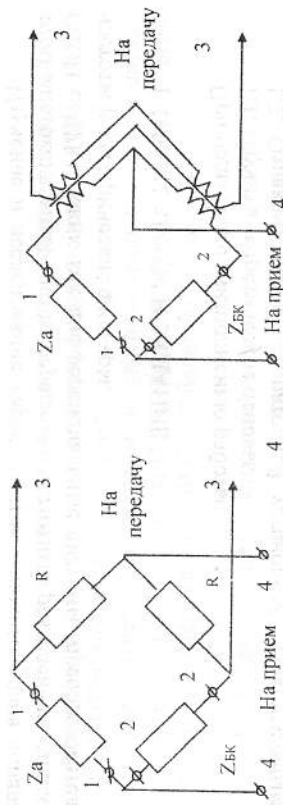


Рис. 1. ДС на резисторах

Рис. 2. ДС на трансформаторах

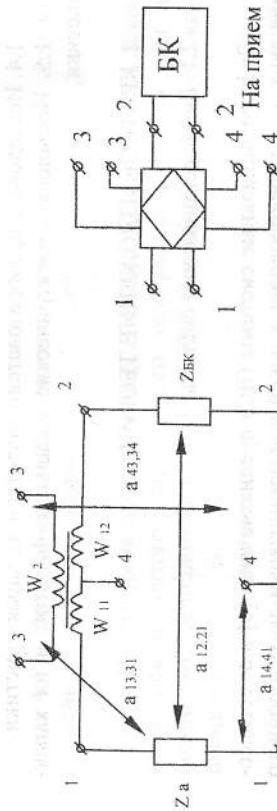


Рис. 3. Трансформаторная ДС

Рис. 4. Условное обозначение ДС (здесь БК - балансный контур)

Дифференциальную систему называют равноплечей при  $m=1$  и равноплечей при  $n=1$ .

В аппаратуре МСП равноплечие ДС обычно используются для перехода от двухпроводного абонентского тракта к четырехпроводной части стандартного канала тональной частоты и для создания усилителей двустороннего действия при двухпроводной однополосной системе передачи.

Неравноплечие ДС применяются в приемниках тонального вызова (для разделения трактов разговорного и вызывного токов, ввода в тракт сигнала контрольных частот и т.д.).

Основным требованием, предъявляемым к ДС, является распределение затухания между ее зажимами (рис. 4).

Собственные затухания ДС в различных направлениях передачи определяются из следующих соотношений:

$$\left. \begin{aligned} a_{1,4} = a_{4,1} &= 10 \lg \left( \frac{1+m}{m} \right), \text{ дБ;} \\ a_{1,3} = a_{3,1} &= 10 \lg(1+m), \text{ дБ;} \\ a_{1,2} = a_{2,1} &= 20 \lg \left| \frac{n^2 Z_{np} + 4Z_{пер}}{n^2 Z_{np} - 4Z_{пер}} \right| + 6, \text{ дБ;} \\ a_{4,3} = a_{3,4} &= 20 \lg \frac{Z_{л} + Z_{БК}}{Z_{л} - Z_{БК}} + 6, \text{ дБ.} \end{aligned} \right\} (1)$$

Для равноплечей ДС при  $m=1$ ,  $Z_{np}=Z_{пер}$  и  $Z_{л}=Z_{БК}$

$$\left. \begin{aligned} a_{1,4} = a_{4,1} &\approx 3 \text{ дБ;} & a_{1,3} = a_{3,1} &\approx 3 \text{ дБ;} \\ a_{1,2} = a_{2,1} &\approx \infty \text{ дБ;} & a_{4,3} = a_{3,4} &\approx \infty \text{ дБ.} \end{aligned} \right\} (2)$$

Из выражений (1) и (2) следует, что балансный контур должен обеспечивать между зажимами (3-3) и (4-4) затухание, стремящееся к бесконечности. Выполнить это условие на практике сложно, т.к. для этого схема балансного контура должна содержать около 600 элементов. Практическая реализация схем балансных контуров имеет вид рис. 5

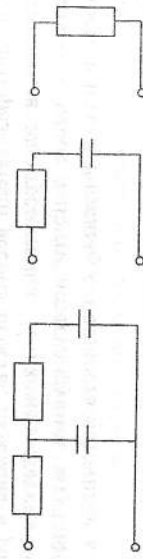


Рис. 5. Схемы балансных контуров

Использование схем балансных контуров, изображенных на рис. 5, приведет к невыполнению условия  $Z_{л}=Z_{БК}$  и существенно уменьшению затуханий  $a_{1,2,2,1}$  и  $a_{3,4,4,3}$ .

## 2.2. Преобразователи частоты

Преобразователи частоты [2] являются одним из важнейших узлов оконечной аппаратуры, поскольку только с их помощью возможно построение многоканальных систем передачи с частотным разделением каналов и амплитудной модуляцией с использованием для передачи преобразованных сигналов одной боковой полосы без несущей.

Преобразователи частоты подразделяются по ряду признаков.

По назначению их разделяют на индивидуальные и групповые. Индивидуальными называются преобразователи, предназначенные для перемещения полосы частот исходного сигнала в линейную или промежуточную полосу частот на передаче и обратно на приеме. Групповыми называются преобразователи, предназначенные для перемещения полосы частот, составленной для определенного числа полос частот исходного сигнала, вверх или вниз по шкале частот.

По характеру применяемых нелинейных элементов преобразователи подразделяются на пассивные и активные. Пассивными являются преобразователи, в которых в качестве нелинейных элементов используются полупроводниковые диоды. В активных преобразователях используются транзисторы.

По числу нелинейных элементов и схеме их соединения преобразователи подразделяются:

- на одноктактные;
- двухтактные или балансные (которые, в свою очередь, делятся на последовательно-балансные, параллельно-балансные и мостовые);
- двойные балансные или кольцевые.

### Пассивные преобразователи частоты

Эти преобразователи весьма просты, надежны в работе и не требуют источников электропитания. К их недостаткам можно отнести сравнительно большое и почти нерегулируемое затухание, а также необходимость иметь значительную мощность источника колебаний несущего тока.

Одним из важнейших параметров пассивных преобразователей частоты является затухание, вносимое ими в тракт передачи. Рабочим затуханием преобразователя частоты называется величина

$$a_{\text{пр}} = 10 \lg(P_{\Omega} / P_{\omega \pm \Omega}), \text{ дБ},$$

где  $P_{\Omega}$  - мощность, которую источник преобразуемого сигнала отдал бы непосредственно подключенному к нему сопротивлению

нагрузки, равному его внутреннему сопротивлению;  $P_{\omega \pm \Omega}$  - мощность полезной боковой частоты ( $\omega + \Omega$ ) или ( $\omega - \Omega$ ), выделяющаяся на выходной нагрузке преобразователя.

Поскольку колебания с частотой ( $\omega + \Omega$ ) обладают мощностью меньше половины мощности  $P_{\Omega}$ , то  $a_{\text{пр}} > 10 \lg(P_{\Omega} / 0,5 P_{\Omega}) \approx 3 \text{ дБ}$ .

Таким образом, пассивный преобразователь частоты даже при идеальной настройке и идеальных элементах схемы обладает рабочим затуханием больше 3 дБ.

На рис. 6-8 приведены отмеченные выше схемы пассивных преобразователей частоты, а также временные диаграммы, поясняющие их работу и спектры. Предполагается, что несущая частота больше преобразуемой ( $\omega_{\text{пр}} > \Omega_{\text{с}}$ ). Кроме того, необходимым условием нормальной работы схем является выполнение неравенства  $U_{\text{пр}} > U_{\text{с}}$ , т.е. напряжение несущей частоты должно быть значительно больше напряжения преобразуемой частоты. Это позволяет заменить диоды в рассматриваемых схемах ключами, замкнутыми в то время, когда полярность сигнала несущей частоты положительна.

Рабочее затухание идеального одноктактного преобразователя при согласованной нагрузке  $a \geq 10 \text{ дБ}$ , двухтактного (балансного) преобразователя  $a_{\text{пр}} \approx 10 \text{ дБ}$  и двойного балансного (кольцевого) -  $a_{\text{пр}} \approx 4 \text{ дБ}$ .

Анализ формы токов, протекающих через нагрузку, позволяет сделать следующие заключения.

Спектр частот сигнала на выходе одноктактного преобразователя содержит в своем составе постоянную составляющую, а также все гармоники несущей вместе с боковыми полосами преобразуемого сигнала (рис. 6, в). Вследствие этого на долю полезной частоты приходится очень малая часть общей мощности модулированного сигнала. В результате затухание преобразователя, вносимое в тракт передачи, оказывается большим. Отмеченные недостатки не позволяют использовать одноктактные преобразователи в аппаратуре многоканальных систем передачи с частотным делением сигналов.

В спектре частот балансных схем отсутствуют постоянная составляющая и все гармоники несущей (рис. 7, в). Это существенно увеличивает долю мощности полезной составляющей и снижает рабочее затухание. С учетом сравнительно простоты балансные схемы находят широкое применение в аппаратуре связи в качестве индивидуальных и групповых преобразователей.

В спектре частот кольцевого преобразователя наряду с отсутствием постоянной составляющей и несущей отсутствует и составляющая исходного сигнала (рис. 8, в). Схема имеет значительно меньшее рабочее

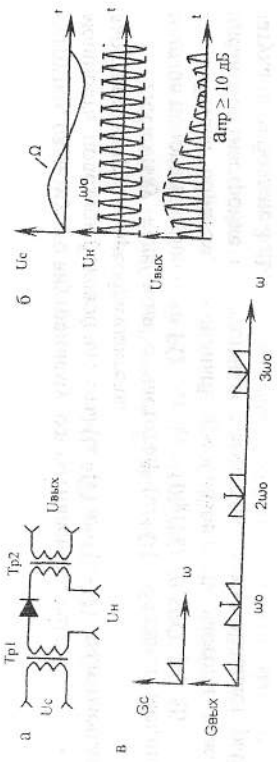


Рис. 6. Одноактивный преобразователь частоты (а), временные диаграммы (б) и спектры (в)

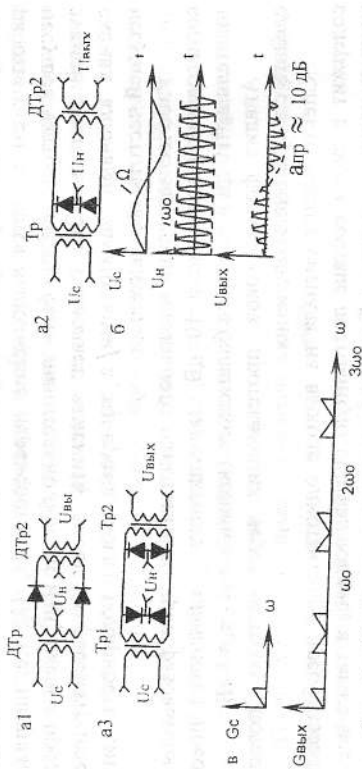


Рис. 7. Двухтактный (балансный) преобразователь частоты: последовательно-балансный (а1), параллельно-балансный (а2), мостовой (а3); временные диаграммы (б) и спектры (в)

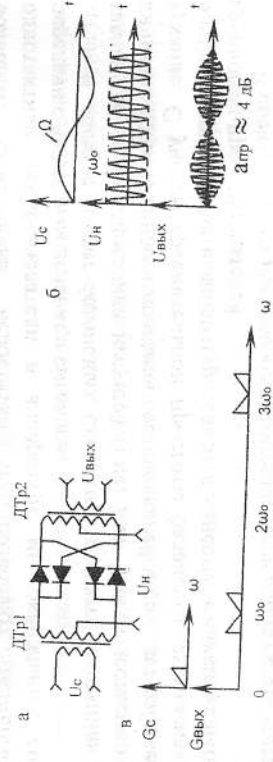


Рис. 8. Двойной балансный (кольцевой) преобразователь частоты (а), временные диаграммы (б) и спектры (в)

загущение. Однако эта схема заметно сложнее. Кольцевые преобразователи используются в системах передачи с частотным разделением каналов в качестве групповых.

### Активные преобразователи частоты

Возможность использования транзисторов для целей преобразования частоты обусловливается нелинейностью их вольт-амперных характеристик. Транзисторные преобразователи частоты обычно дают целое большее усиление. Однако в сравнении с большим загущением, вносимым пассивными преобразователями, выигрыш получается значительным. Кроме того, при использовании глубокой отрицательной обратной связи характеристики транзисторных преобразователей получаются весьма стабильными.

### 2.3. Электрические каналные фильтры

Канальные фильтры предназначены для формирования полосы частот канального сигнала на передаче и разделения полос частот отдельных каналов на приеме. Эти фильтры являются полосовыми и включаются на выходах индивидуальных преобразователей передачи и на входах индивидуальных преобразователей приема [2]. Наиболее часто каналные фильтры выполняются на основе LC-элементов.

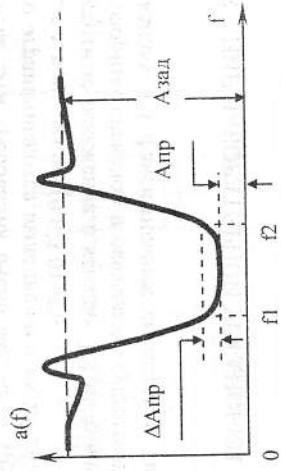


Рис. 9. АЧХ загущения полосового фильтра. Здесь  $(f_1 \div f_2)$  - эффективная полоса пропускания

Характеристики фильтров определяют качество каналов и должны отвечать определенным требованиям. Основной электрической характеристикой любого фильтра является его частотная характеристика загущения (рис. 9).

Основные требования, предъявляемые к полосовым фильтрам:

- величина затухания  $A_{пр}$  в полосе пропускания ( $f_1 \div f_2$ ) должна быть минимальна;
- величина затухания  $A_{зад}$  в полосе задержания ( $f < f_1$  и  $f > f_2$ ) должна быть максимальной;
- величина неравномерности затухания  $\Delta A_{пр}$  в полосе пропускания ( $f_1 \div f_2$ ) должна быть минимальна.

Требования к величине затухания  $A_{пр}$  в полосе эффективно передаваемых частот для полосового канального фильтра не являются существенными. Для упрощения фильтров величина рабочего затухания в полосе пропускания обычно не превышает  $2,6 \div 4,3$  дБ.

Наиболее существенными для полосовых канальных фильтров являются требования к величине затухания  $A_{зад}$  в полосе задерживания, которое определяет степень подавления ненужной боковой в передаваемом и принимаемом сигналах. Не полностью подавленная боковая полоса будет являться причиной появления переходной помехи по соседнему каналу. Согласно нормам Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ) защищенность от переходных межканальных помех

$$A_3 = A_{зад} - A_{пр} \geq (55 \div 60) \text{ дБ.}$$

Требования на неравномерность АЧХ канальных фильтров в полосе пропускания определяются допустимыми амплитудно-частотными искажениями частотной характеристики остаточного затухания канала. Эти требования очень жестки и трудно выполнимы. Поэтому часто ограничиваются выполнением их лишь в средней полосе частот канала, т.е. в диапазоне  $(0,6-3,0)$  кГц.

Фазочастотные искажения в каналах ТЧ мало влияют на качество передачи разговорных сигналов и оказывают существенное влияние при передаче по каналу ТЧ факсимильных сигналов и сигналов передачи данных.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В качестве лабораторной установки, на которой исследуются характеристики основных узлов аппаратуры МСП с ЧРК, используется типовая трехканальная аппаратура В-3-3 двухстороннего действия.

#### 3.1. Назначение и состав

Аппаратура В-3-3 предназначена для уплотнения медных, биметаллических или стальных воздушных линий связи на внутриобластных сетях. Она позволяет организовать в диапазоне частот до 31 кГц три

высокочастотных телефонных каналов по групповой системе и один канал служебной связи. Схема связи двухполосная, двухпроводная. Для передачи в направлении (А-Б) используется полоса частот  $4-16$  кГц, в направлении (Б-А) -  $18-30$  (19-31) кГц.

В состав лабораторной установки входит стандартная стойка аппаратуры В-3-3 с комплектом измерительных приборов.

#### 3.2. Структурная схема лабораторной установки

Обобщенная структурная схема аппаратуры В-3-3 приведена на рис. 10. В состав аппаратуры входит индивидуальное и групповое оборудование. Индивидуальное оборудование состоит из трех одинаковых блоков Модем, групповое - общее для всех трех каналов.

Индивидуальное оборудование осуществляет преобразование токов тональных частот трех каналов в полосу частот предгруппы и обратно. На индивидуальные модуляторы и демодуляторы подаются несущие частоты 12, 16 и 20 кГц соответственно для первого, второго и третьего каналов.

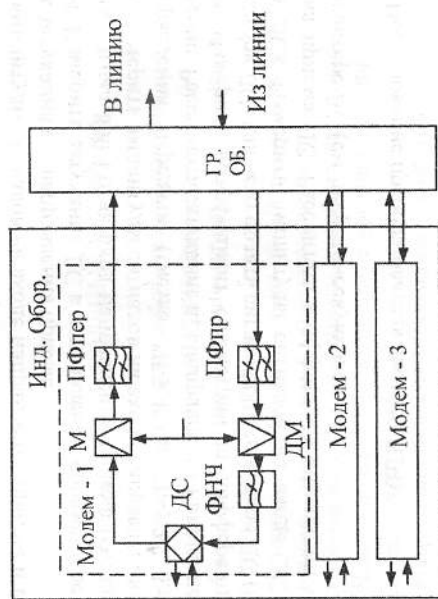


Рис. 10. Обобщенная структурная схема аппаратуры В-3-3

Канальные полосовые фильтры передачи  $\text{ПФ}_{пер}$  выделяют верхние боковые полосы частот, разные для различных каналов. Полосовые фильтры приема  $\text{ПФ}_{пр}$  осуществляют частотное разделение каналов. Входная дифференциальная система ДС осуществляет согласование двухпроводной абонентской линии АЛ и четырехпроводной приемно-передающей части канала тональной частоты.

#### 4. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Все исследования проводятся с помощью измерительного комплекта, включающего в себя осциллограф, анализатор спектра, анализатор частотных характеристик, милливольтметр. В качестве источника сигнала используется встроенный генератор 800 Гц.

##### 4.1. Исследование параметров дифференциальной системы (ДС)

4.1.1. С помощью осциллографа просмотреть сигнал встроенного генератора 800 Гц, находящегося в блоке "ПВУ-ИЗМ".

4.1.2. Измерить затухание ДС в направлении передачи, для чего подать сигнал 800 Гц на вход ДС (гнездо "I-1,2" блока ДС). С помощью осциллографа или милливольтметра измерить амплитуды сигналов на входе ДС и выходе направления передачи (гнездо "II-1,2" блока ДС). Рассчитать затухание  $a_{1,2}$  направления передачи.

4.1.3. Измерить затухание в направлении приема, для чего подать сигнал 800 Гц на вход направления приема ДС (гнездо "II-3,4" блока ДС). Измерить амплитуды сигналов на входе направления приема и входе ДС. Рассчитать затухание  $a_{1,4}$  направления приема.

4.1.4. Измерить затухание ДС в направлении приема-передачи, для чего подать сигнал 800 Гц на вход направления приема (гнездо "II-3,4" блока ДС). Измерить амплитуды сигналов на входе направления приема и входе направления передачи (гнезда "II-3,4" и "II-1,2" блока ДС) соответственно. Рассчитать затухание  $a_{1,3}$  направления приема-передачи.

4.1.5. Измерить коэффициент симметрии  $m$  дифференциального трансформатора ДС, для чего подать сигнал 800 Гц на вход ДС (гнездо "I-1,2" блока ДС). Измерить амплитуды сигналов на входе ДС и входе направления приема ДС. Рассчитать коэффициент симметрии и сделать вывод о характере ДС (см. теоретическую часть).

##### 4.2. Исследование преобразователя частоты (ПЧ)

4.2.1. Исследовать сигнал и спектр на выходе ПЧ, для чего подать сигнал встроенного генератора 800 Гц на вход ДС 1-го канала (гнездо "I-1,2" блока ДС).

4.2.2. С помощью осциллографа и анализатора спектра просмотреть и зарисовать сигнал и спектр на входе ПЧ (гнездо "I-3,4" блока Модем-1).

4.2.3. С помощью осциллографа и анализатора спектра просмотреть и зарисовать сигнал и спектр на выходе ПЧ (гнездо "I-1" блока Модем-1).

4.2.4. По полученным в п. 4.2.3 данным сделать вывод о типе исследуемого ПЧ.

##### 4.3. Исследование АЧХ полосового канального фильтра

4.3.1. Исследовать АЧХ полосового канального фильтра, для чего выход измерителя X1-17 подключить ко входу полосового фильтра 1-го канала (гнездо "I-1" блока Модем-1). Вход измерителя подключить к выходу полосового фильтра 1-го канала (гнездо "I-1,2" блока Модем-1).

4.3.2. Зарисовать АЧХ полосового фильтра 1-го канала и с помощью встроенного измерителя уровня анализатора X1-17 определить величину затухания в полосе подавления. Результаты измерений привести в децибелы.

4.3.3. Повторить пп. 4.3.1 и 4.3.2 для 2-го и 3-го каналов.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и принцип действия дифсистемы.
2. Типы дифсистем, их достоинства и недостатки.
3. Чем объясняется различие между расчетными и экспериментальными значениями затуханий?
4. Назначение и классификация преобразователей частоты.
5. Работа схем пассивных преобразователей.
6. Рабочее затухание пассивных преобразователей.
7. Чем определяется соотношение уровней преобразуемого сигнала и несущей частоты?
8. Назначение полосовых канальных фильтров и их характеристики.
9. Параметры АЧХ затухания полосового канального фильтра.
10. Требования к параметрам полосовых фильтров.



## УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ О ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- структурную схему лабораторной установки;
- результаты измерений и расчетов, осциллограммы по всем пунктам исследований;
- краткий анализ проведенных исследований и выводы.

## УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Включение питания лабораторной установки производится только по разрешению преподавателя. Не оставляйте без наблюдения лабораторную установку, находящуюся под напряжением. Окончив работу, обязательно выключите все приборы лабораторной установки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гиглиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи: учеб. пособие для вузов связи. - М.: Радио и связь, 1985. - 248 с.
- Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи: учебник для вузов. - М.: Связь, 1980. - 440 с.
- Скалин Ю.В., Берштейн А.Т., Финкевич А.Д. Цифровые схемы передачи: учебник для техникумов связи. - М.: Радио и связь, 1988. - 272 с.
- Емельянов Г.А., Шварцман В.О. Передача дискретной информации и основы телеграфии: учебник для вузов связи. - М.: Связь, 1973. - 384 с.
- Аджемов А.С., Кобленц А.И., Гордиенко В.Н. Многоканальная электросвязь и каналобразующая телеграфная аппаратура: учебник для техникумов связи. - М.: Радио и связь, 1989. - 416 с.
- Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи: учебник для электротехн. ин-тов связи. - М.: Связь, 1978. - 192 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Х1-17

Перед работой с прибором необходимо тщательно ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

Прибор типа Х1-17 предназначен для визуального измерения АЧХ, симметричных и несимметричных относительно земли четырехполосников с распределенными и сосредоточенными параметрами в диапазоне 10-600 кГц.

В процессе эксплуатации с помощью прибора могут быть измерены и отрегулированы следующие параметры широкополосных каналов связи:

- относительная АЧХ;
- диаграмма уровней на любой из частот диапазона;
- остаточное затухание и усиление;
- рабочее затухание и усиление.

### ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

- Включить тумблер "Накал". При этом должна загореться сигнальная лампочка в блоке маркерного устройства.
- Через 1 мин после включения тумблера "Накал" включить тумблер "Анод".
- С помощью ручек "Яркость" и "Фокус" установить на экране необходимую яркость и сфокусировать луч.
- С помощью ручек "Размер" и "Смещение" установить изображение в центре экрана и сделать его размер по горизонтали 60-70 мм.
- С помощью ручки "Смещение" установить осциллограмму в пределах рабочей части экрана.
- Ручку "Режим работы" поставить в положение II.
- Ручку "Регулировка выходного уровня" поставить в среднее положение.
- Переключатель "-4 - 0" поставить в положение "0".
- Переключатель "-1 +3" поставить в положение "0".
- Переключатель "Выходное сопротивление" поставить в положение "135".
- Ручки "Ширина диапазона" и "Смещение диапазона" отрегулировать по виду АЧХ.

В блоке приемной части Х1-17:

- 12. Тумблер "0-4" установить в положение "0".
- 13. Тумблер "Уровень" поставить в положение "Прием".
- 14. Ручку "Вх. сопротивление W" поставить в положение "135".
- 15. Ручку "Уровень входного сигнала N<sub>p</sub>" поставить в положение "0".
- 16. Ручку "Масштаб измерения N<sub>p</sub>" поставить в положение "0,5".
- 17. Ручку "Усиление" поставить в среднее положение.
- 18. Ручку "Уровень калибровочного сигнала N<sub>p</sub>" поставить в положение "0".

**Содержание**

Лабораторная работа № 1. Изучение принципов построения МСП с ЧРК.....	3
Лабораторная работа № 2. Изучение принципов построения МСП с ВРК.....	15
Лабораторная работа № 3. Изучение принципов построения МСП с ЧВРК.....	25
Лабораторная работа № 4. Изучение и исследование характеристик основных узлов аппаратуры МСП с ЧРК.....	35
Указания к составлению отчетов о лабораторных работах.....	46
Указания по технике безопасности.....	46
Библиографический список.....	46
Приложение.....	47