

# 3. Типовые каналы и тракты

Каналы подразделяются на аналоговые, цифровые и смешанные (аналого-цифровые).

Канал передачи, параметры которого соответствуют принятым нормам, называют ТИПОВЫМ.

**Стандартный канал ТЧ.** Канал тональной частоты (ТЧ) является единицей измерения емкости *аналоговых* систем передачи и используется для передачи телефонных сигналов, а также сигналов данных, факсимильной и телеграфной связи, в полосе частот 300...3400 Гц. В *цифровых* системах передачи аналоговым является основной цифровой канал (ОЦК) со скоростью передачи 64 Кбит/с.

Групповой тракт— это комплекс технических средств, предназначенный для передачи сигналов электросвязи нормализованного числа каналов ТЧ или ОЦК в полосе частот или со скоростью передачи, соответствующей данному групповому тракту.

Основой общегосударственной первичной сети связи являются **сетевые тракты**, которые организуются между двумя сетевыми станциями.

Сетевые тракты могут быть получены из трактов более высоких порядков несколькими способами:

- тракт более высокого порядка разделяется на тракты данного порядка, часть из которых и предоставляется на этой станции потребителю, а оставшиеся включаются в транзитное оборудование станции для дальнейшей передачи по сети.
- посредством оборудования выделения из линейных трактов. Чаще всего используется на ОУП.
- с помощью аппаратуры выделения из трактов высшего порядка. Данный способ используется на узлах, где потребность в каналах и трактах небольшая.

## Соответственно различают:

\*предгрупповой широкополосный канал с полосой частот 12...24 кГц на основе трех каналов ТЧ;

\*первичный широкополосный канал (ПШК) с полосой частот 60...108 кГц на основе 12 каналов ТЧ;

\*вторичный широкополосный канал (ВШК) с полосой частот 312...552 кГц на основе 60 каналов ТЧ;

\*третичный широкополосный канал (ТШК) с полосой частот 812...2044 кГц на основе 300 каналов ТЧ;

В зависимости от полосы частот первичных сигналов, которые нужно передать, выбирается тот или иной широкополосный канал

**Аппаратура цифровых плездохронных систем передачи (ЦСП PDH)** – европейский стандарт, обеспечивает создание типовых цифровых каналов передачи со следующими градациями скоростей, Кбит/с:

- \* основной цифровой канал (ОЦК) – 64;
- \* субпервичный канал (СЦК) – 480;
- \* первичный тракт – 2048;
- \* вторичный тракт – 8448;
- \* третичный тракт – 34368;
- \* четверичный тракт – 139264.

В американской системе PDH предусмотрены следующие градации скоростей (уровней иерархии), Кбит/с:

- основной цифровой канал (ОЦК) -64;
- первый уровень – 1544;
- второй уровень – 6312;
- третий уровень – 44736.

Чтобы создать единую цифровую сеть и удовлетворить как американским требованиям, так и европейским, предусматривающим передачу сигнала на скорости 139,268 Мбит/с, был определен основной иерархический уровень новой структуры синхронного мультиплексирования, равный 155,520 Мбит/с.

Это означает, что все предыдущие PDH сигналы должны быть включены в базовый сигнал SDH при помощи процедуры, называемой «Mapping» (размещение).

Синхронное мультиплексирование, стандартизированное Рекомендациями комитета по стандартизации ITU-T, определяет четыре иерархических синхронных уровня:

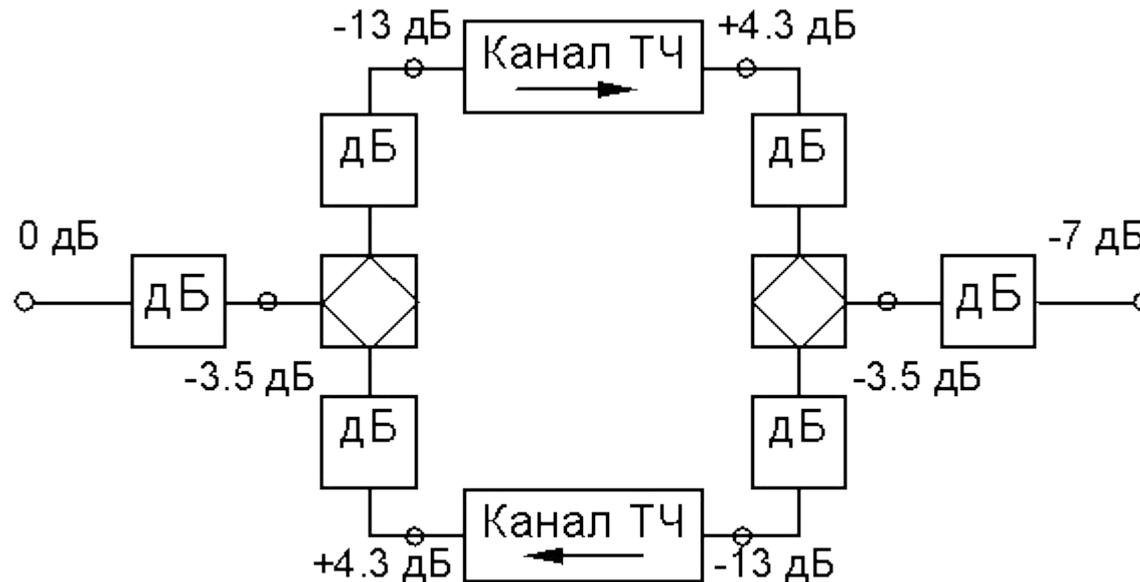
### Синхронная цифровая иерархия

Уровни иерархии	Скорость цифрового потока
<b>STM-1</b>	155, 520 Мбит/с
<b>STM-4</b>	$4 \times 155,520 = 622,080$ Мбит/с
<b>STM-16</b>	$16 \times 155,520 = 2\,488,320$ Мбит/с
<b>STM-64</b>	$64 \times 155,520 = 9\,953,280$ Мбит/с

Телефонный канал включает в себя двухпроводное окончание и четырехпроводный тракт.

Дифсистема (ДС) служит для перехода с

четырёхпроводного тракта к двухпроводному окончанию



дБ - удлинитель

Рисунок 3.1 – Упрощённая схема организации канала ТЧ.

Средняя длительная мощность сигналов, передаваемых по каналу ТЧ, должна быть не более **32 мкВт**. Номинальное значение остаточного затухания канала  **$A_{\text{ост}} = 7$  дБ** при двухпроводном и  **$A_{\text{ост}} = -17$  дБ** при четырёхпроводном окончаниах. Входное  $Z_{\text{вх}}$  и выходное  $Z_{\text{вых}}$  сопротивления канала ТЧ равны 600 Ом.

**Многоканальные системы передачи с частотным и временным разделением каналов** – это сложный комплекс технических средств, включающий в себя оконечную аппаратуру, устанавливаемую на оконечных пунктах (ОП), промежуточную аппаратуру, размещаемую в обслуживаемых (ОУП) или необслуживаемых (НУП) усилительных пунктах, а также линий связи.

## Структурная схема построения систем передачи

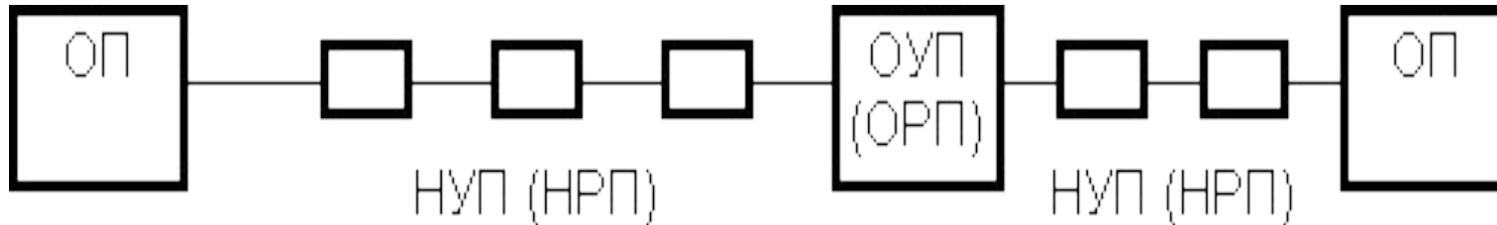


Рисунок 3.2-Структурна схема построения систем передачи

В отличие от аналоговых систем во временных (цифровых) системах на ОУП и НУП устанавливается аппаратура для восстановления (**регенерации**) импульсных сигналов линейного тракта. Отсюда пункты в этих системах принято называть регенерационными (ОРП, НРП).

Дальность передачи сигналов по физическим цепям (средам) определяется, прежде всего, затуханием сигнала из-за того, что в цепи теряется часть энергии. Конкретные электрические параметры цепи и чувствительность приемного устройства определяют допустимую дальность связи.

**Например:** при передаче речи мощность сигнала на выходе микрофона телефонного аппарата

$P_{\text{ПЕР}} = 1$  мВт, а чувствительность телефона приемного аппарата  $P_{\text{ПР}} = 0.001$  мВт. Максимально допустимое затухание цепи не должно быть больше

$A_{\text{max}} = 10 \lg(P_{\text{ПЕР}}/P_{\text{ПР}}) = 10 \lg(1/0.001) = 30$  дБ. Зная затухание

$A_{\text{max}}$  и километрический коэффициент затухания  $a$ , можно определить дальности передачи  $l = a_{\text{max}}/a$ .

В системах передачи применяется способ **компенсации затухания** сигналов повышением мощности сигнала в нескольких равномерно расположенных точках тракта. Часть канала связи между соседними промежуточными усилителями называется **усилительным участком**.

Изменение уровней сигнала вдоль магистрали описывается **диаграммой уровней**

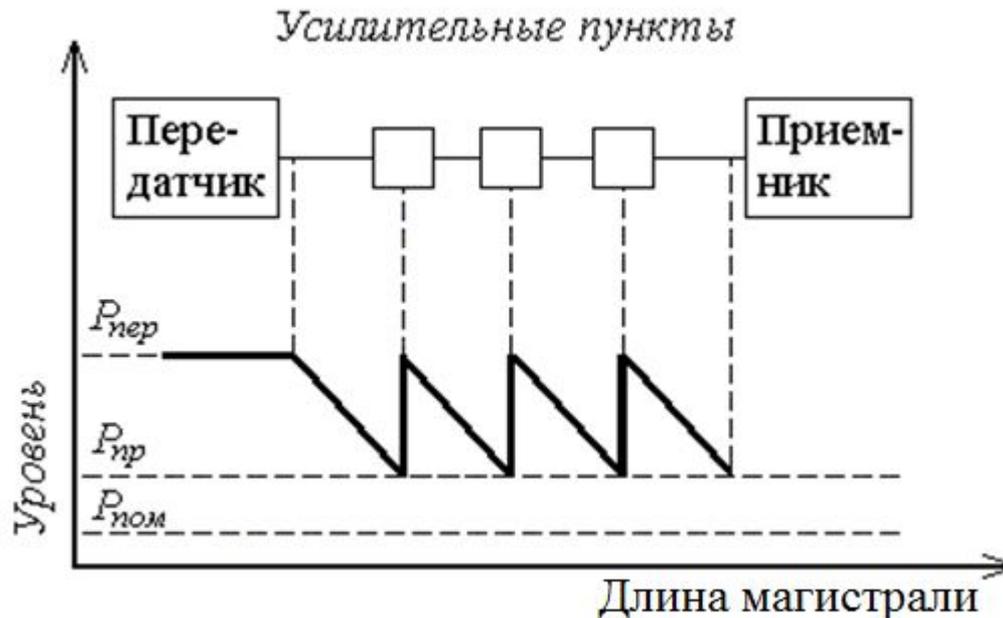


Рисунок 3.3- Диаграмма уровней

**Аппаратура ОУТТ и НУТТ** служит не только для усиления аналогового сигнала, но и для коррекции (выравнивания) амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик линейного тракта.

**Аппаратура НРТТ и ОРТТ** предназначена для восстановления амплитуды, длительности и временного интервала между импульсами сигнала цифровых систем.

**Остаточное затухание канала** – рабочее затухание (усиление) канала, определяемое в условиях замыкания входа и выхода канала на активные сопротивления нагрузок, равные номинальным значениям входного и выходного сопротивлений канала как четырёхполюсника.

Частотная характеристика отклонения канала ТЧ от номинала 7 дБ должна оставаться в пределах шаблона:

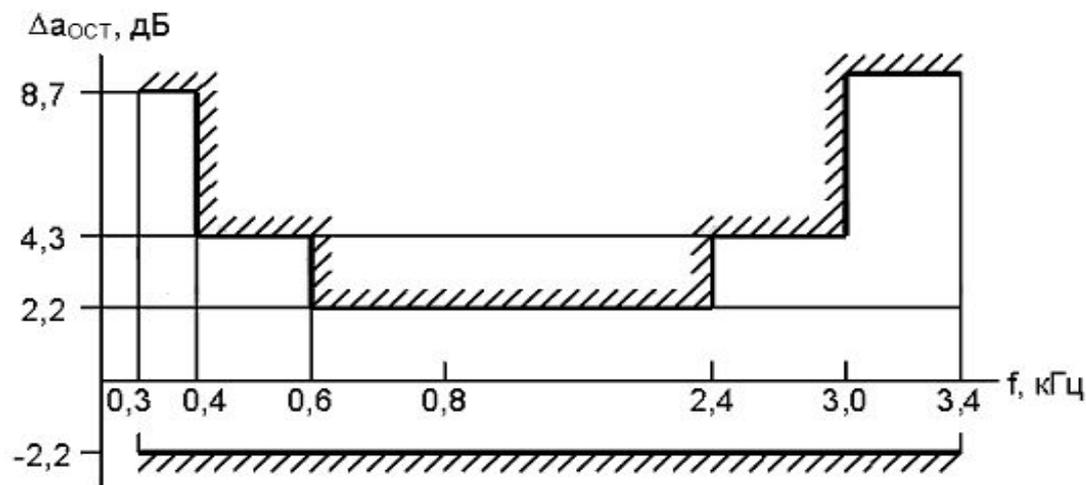


Рисунок 3.4-Шаблон отклонения остаточного затухания аналогового канала ТЧ

**Фазочастотные искажения** не являются существенным не при передаче речи, а при передачи данных и факсимильной связи. Поэтому нормируется отклонение группового времени передачи (ГВП) от его значения на частоте 1900 Гц.

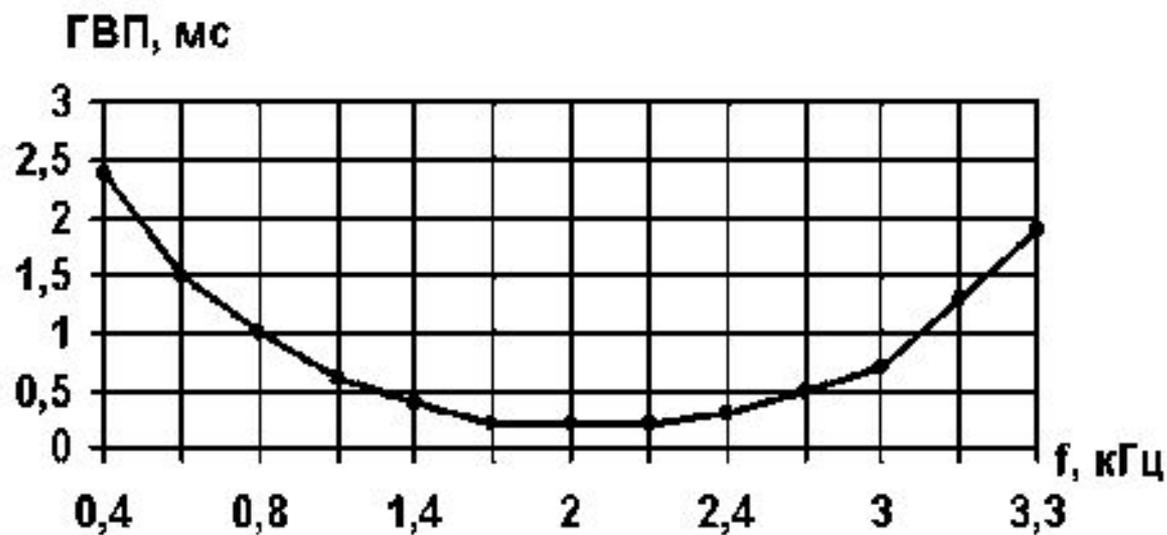


Рисунок 3.4-Допустимые отклонения ГВП канала ТЧ

Коэффициент нелинейных искажений канала ТЧ на одном транзитном участке не должен превышать 1.5% при номинальном уровне передачи тока частотой 800 Гц.

**Помехи в каналах ТЧ.** На выходе канала ТЧ кроме информационного сигнала присутствуют помехи, которые определяются на приемном конце в точке с относительным уровнем  $-7$  дБ.

Средняя величина напряжения помех в канале в течение любого часа на одном переприемном участке не должна превышать **1.1 мВ псоф**.

Стандартные каналы ТЧ, организованные с помощью цифровых и оптических систем передачи, являются более высококачественными. Поэтому ряд характеристик цифровых каналов ТЧ имеют следующие отличия:

Нормы на амплитудно-частотные искажения заданы МСЭ-Т в виде шаблона. Если сравнить допустимые отклонения остаточных затуханий цифровых и аналоговых каналов ТЧ, можно отметить, что нормы для цифровых каналов более жесткие.

То же можно сказать и о фазочастотных искажениях.

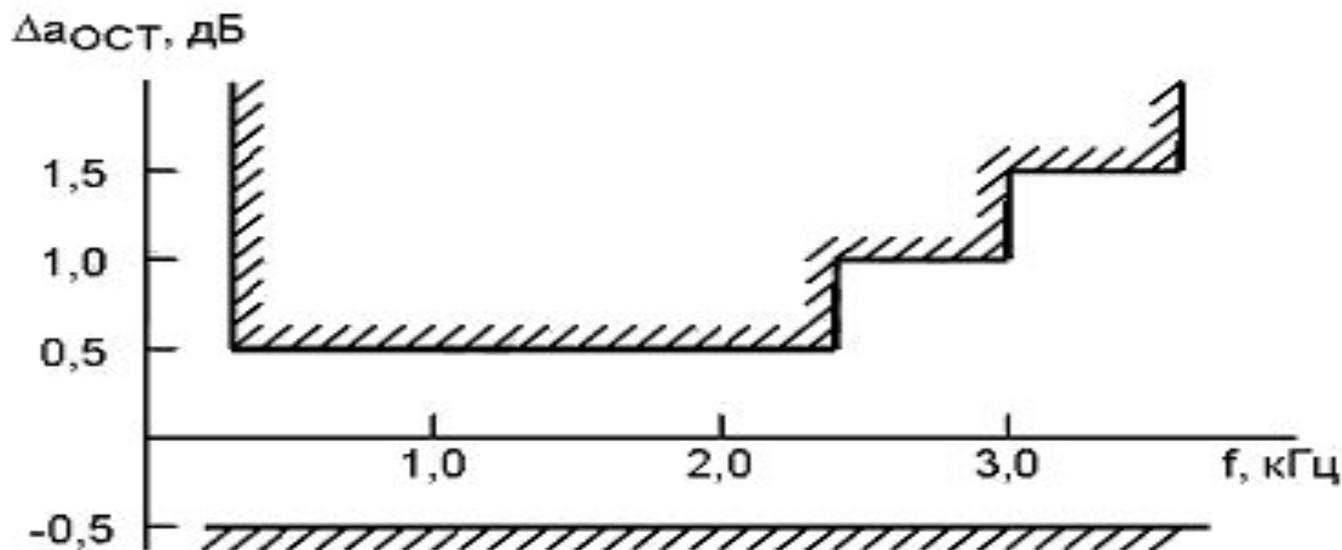


Рисунок 3.5-Шаблон отклонений остаточного затухания цифрового канала ТЧ

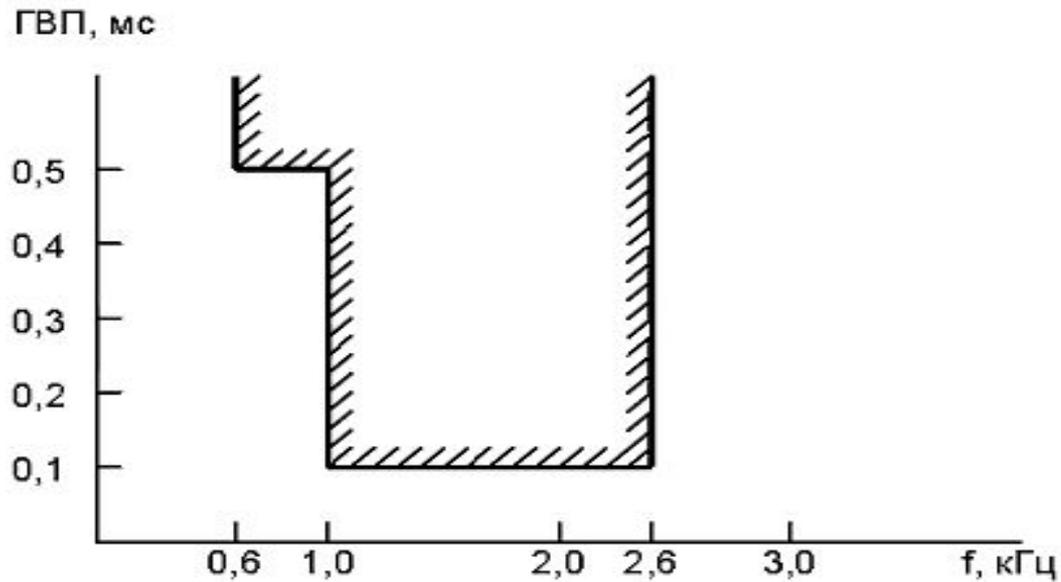


Рисунок 3.6-Шаблон на допустимую  
неравномерность ГВП цифрового канала  
ТЧ

Для цифровых каналов ТЧ вводится дополнительная характеристика, которая оценивает шумы квантования

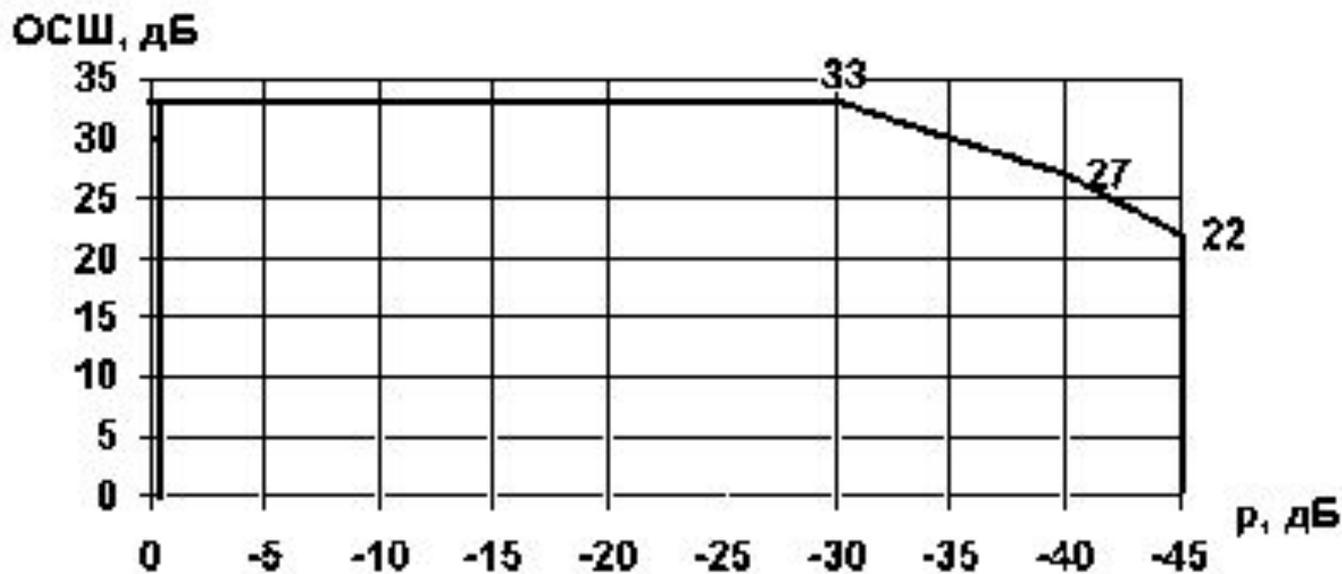


Рисунок 3.7- оценка шумов квантования

## Широкополосные каналы.

Современные системы передачи позволяют организовать каналы с более высокой, чем канал ТЧ пропускной способностью. Увеличение пропускной способности достигается расширением эффективно передаваемой полосы частот (ЭППЧ), причем широкополосные каналы образуются объединением определённого количества каналов ТЧ.

Полосы частот широкополосных каналов несколько уже за счёт полосовых фильтров КФО: внутри рабочих полос имеются области «всплесков» затухания и фазы из-за содержания в КФО заграждающих фильтров на частотах контрольных сигналов.

# Рабочие полосы частот сетевых трактов

## И каналов

Вид канала или тракта	Тракт	Канал
Предгрупповой	12,3...23,4	
Первичный	60,6...107,7	65...103
Вторичный	312,3...551,4	330...530
Третичный	812,6...2943,7	900...1900

**Организация двусторонних каналов.** Обеспечение одновременной и независимой передачи сигналов в двух направлениях – это двусторонняя связь. Для ее организации используются два канала однонаправленного действия, образующих **двухнаправленный четырехпроводный канал**

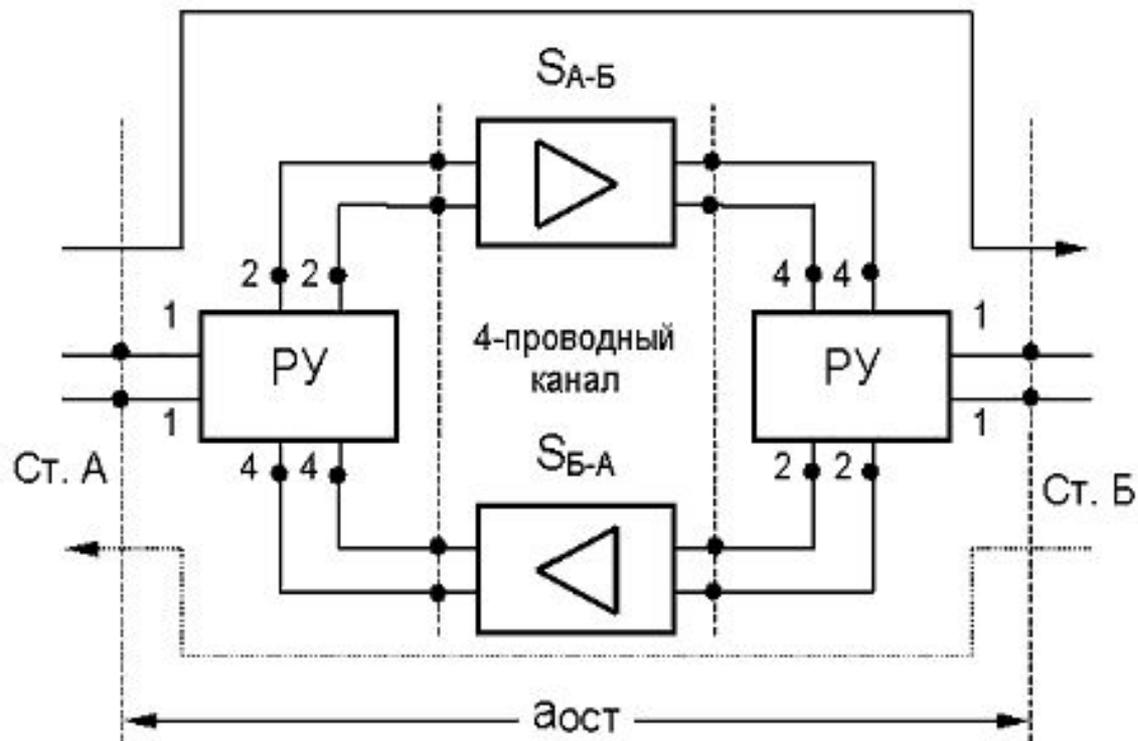


Рисунок 3.8-схема организации двухнаправленного четырехпроводного канала

Двунаправленный двухпроводный канал образуется из четырехпроводного при помощи **развязывающих устройств (РУ)**. Основная трудность в появлении **петли обратной связи (ОС)**. Сигнал, попадая в двухпроводный канал, начинает циркулировать по петле ОС, что приводит к искажениям формы сигналов и в пределе – к самовозбуждению канала.

Затухание, которое претерпевает сигнал, проходя от зажимов 4-4 к зажимам 2-2 РУ, называется **переходным**  $a_{ПЕР}$ .

Затухание по петле ОС, равное сумме всех затуханий и усилений,  $a_{ОС} = a_{ПЕР1} + a_{ПЕР2} - S_{А-Б} - S_{Б-А}$  носит специальное название – **запас устойчивости**.

Если  $a_{ОС} \leq 0$ , то канал неустойчив и самовозбуждается.

В качестве РУ в современных системах передачи широко используется дифференциальная система (ДС), выполненная на основе симметричного **трансформатора** со средней точкой

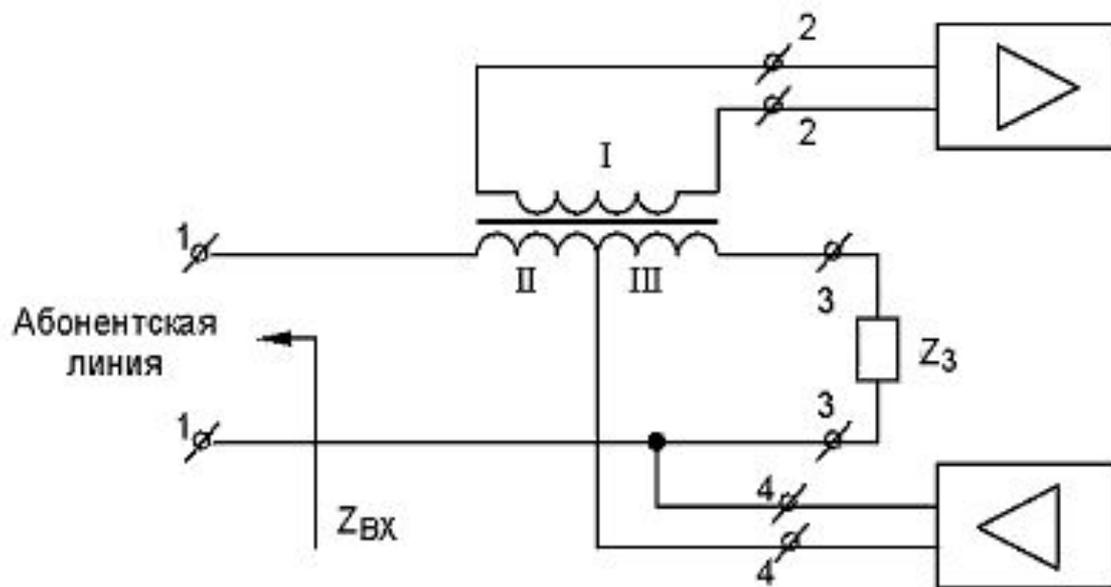


Рисунок 3.9-Схема трансформаторной ДС

К ДС предъявляются требования минимального затухания в рабочих направлениях и максимального переходного затухания. Они выполняются при соблюдении условия баланса ДС: в направлении 4-4 – 2-2 - равенство входного сопротивления абонентской линии и балансного сопротивления  $Z_{ВХ}=Z_3$ .

В направлении 1-1 – 3-3 - равенство входного сопротивления 1-ой полуобмотки трансформатора и входного сопротивления направления приема четырехпроводного канала  $Z_{ВХ.ТР.}=Z_4$ .

Мощность сигналов передается на выходные зажимы 2-2 и 1-1 не полностью, а частично, и входные сигналы испытывают **рабочие затухания ДС в ЗдБ**. В реальных ДС за счет неидеальности трансформатора рабочие затухания несколько больше.

## Схемы организации двусторонних трактов.

Различают две основные схемы:

**Однополосная четырехпроводная.** Линейные тракты имеют совпадающие спектры. При использовании симметричных кабелей во избежание значительных взаимных влияний линейные тракты размещаются в различных кабелях.

Такая схема называется двухкабельной. При использовании коаксиального кабеля взаимные влияния практически отсутствуют, поэтому коаксиальные пары могут размещаться в одном кабеле. Такая схема называется однокабельной.

**Двухполосная двухпроводная.**

Используется один и тот же линейный тракт. При этом связь в противоположных направлениях передачи организуется в разных полосах частот при помощи пары направляющих фильтров ФВЧ и ФНЧ.

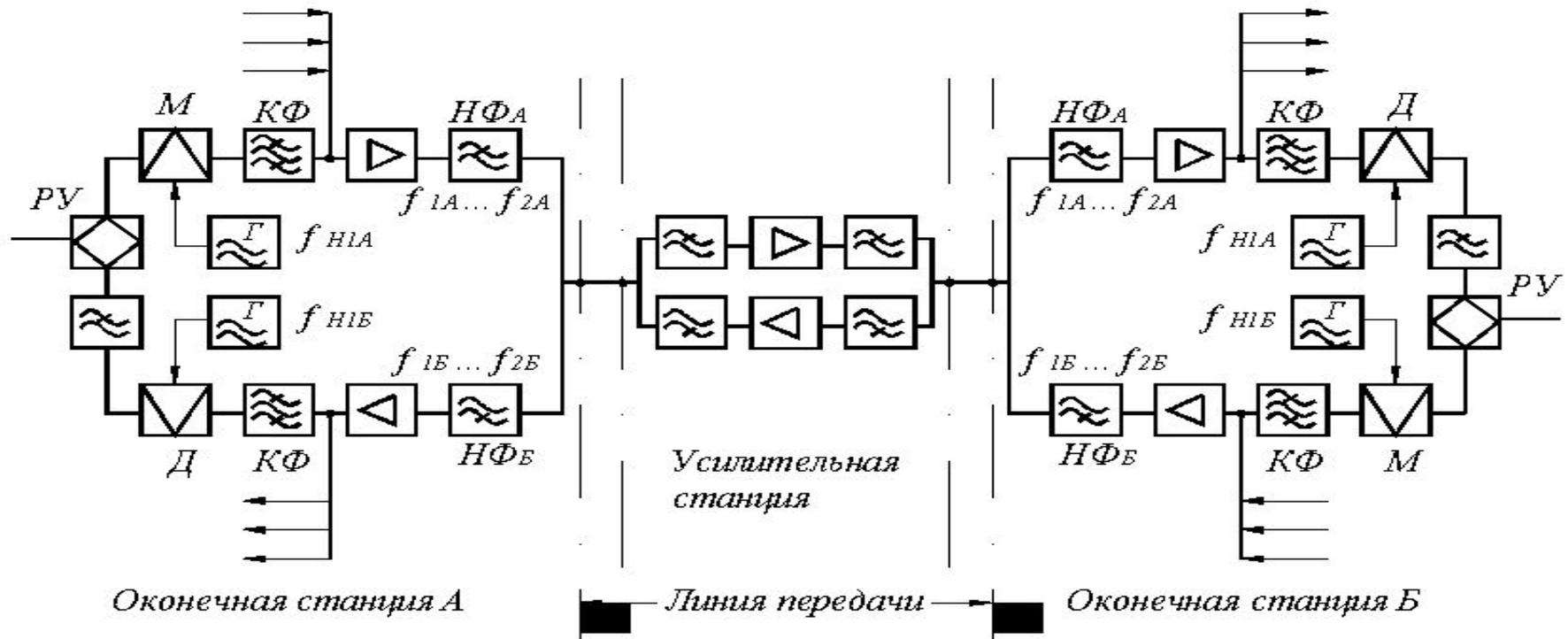
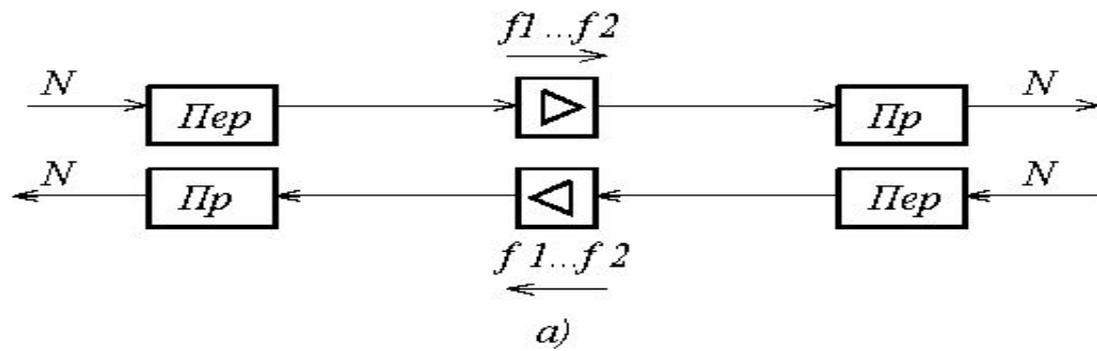


Рисунок 3.10-Однополосный <sup>бλ</sup> четырехпроводный (а) и двухполосный двухпроводный (б) линейные тракты

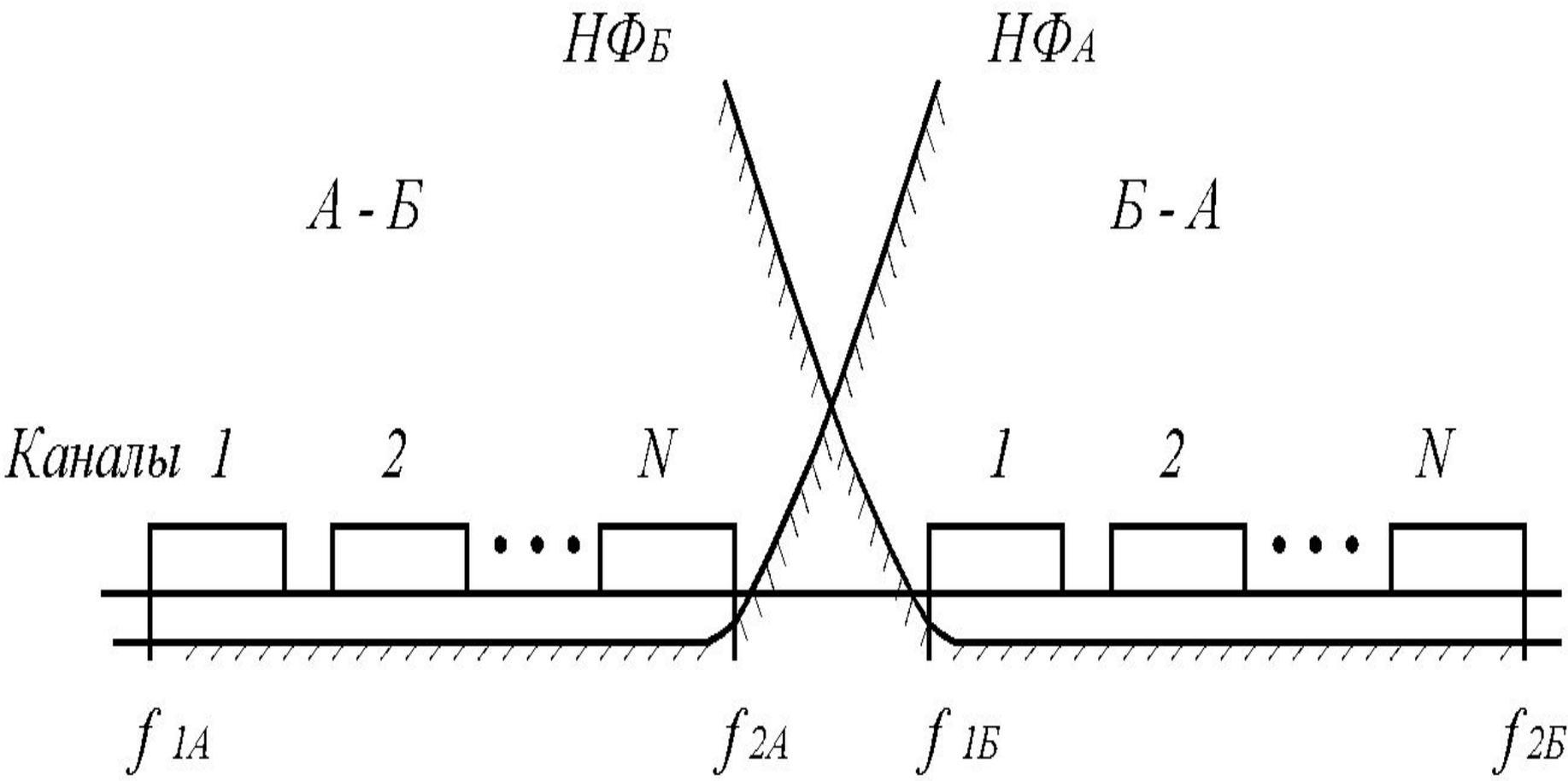


Рисунок 3.11-Разделение спектров направлений передачи в двухполосных системах.