

## **2.3 Основные характеристики каналов связи, их подготовка к работе, обслуживание и сопряжение.**

Каналы связи многоканальных систем передачи являются универсальными, пригодными для передачи различной информации, как в аналоговой, так и в дискретной форме с использованием дополнительной аппаратуры преобразования (аппаратура тонального телеграфирования, аппаратура передачи данных, факсимильная аппаратура и др.).

При строительстве стационарных и развертывания полевых многоканальных систем передачи далеко не всегда известно, для какого вида связи будет использован тот или иной канал, поэтому необходимо обеспечить высокое качество всех каналов, чтобы каждый был пригоден для передачи любого вида информации. С этой целью качество каналов определяется совокупностью частных электрических параметров, каждый из которых можно объективно оценить, пользуясь соответствующими измерительными приборами.

Многочисленные наблюдения показывают, что в процессе эксплуатации наиболее часто выходят за пределы допустимых норм следующие параметры:

- величина остаточного затухания канала;
- частотная характеристика остаточного затухания;
- напряжение шума на выходе канала;
- защищенность между направлениями передачи и приема канала в однокабельных системах передачи.

Эти параметры должны измеряться в первую очередь.

В специальных инструкциях, разработанных на узлах связи, для каждого типа оконечной аппаратуры должен приводиться необходимый перечень параметров канала и их значения с допустимыми отклонениями, которым они должны удовлетворять при сдаче в эксплуатацию.

### **2.3.1 Уровни передачи и их измерение.**

Для оценки мощности или напряжения сигналов в технике электросвязи введены относительные логарифмические единицы, получившие название уровней передачи. Уровни передачи измеряются либо в неперах (Нп), либо в децибелах (дБ). Так как двойные единицы неудобны, в настоящее время по рекомендациям МСЭ используются единые логарифмические меры на основе десятичных логарифмов – децибелы. Но поскольку на сетях связи вместе с новым оборудованием используется еще оборудование, нормы на электрические параметры которого даны в неперах, то временно разрешено применение и логарифмических единиц на основе натуральных логарифмов – неперов.

#### **Определение уровней передачи.**

Находят применение абсолютные и относительные уровни передачи.

##### **Абсолютные уровни.**

Различают абсолютные уровни мощности, напряжения и тока.

Абсолютным уровнем мощности называется отношение активной мощности сигнала в измеряемой точке цепи передачи к активной мощности в 1 мВт, выраженное в логарифмических единицах:

$$P_M = 10 \lg \frac{\rho}{1 \text{ мВт}}, \text{ дБ}$$

или

$$P_M = \frac{1}{2} \ln \frac{\rho}{1 \text{ мВт}}, \text{ Нп}$$

где  $P$  - активная мощность, мВт.

Абсолютным уровнем напряжения называется отношение напряжения в измеряемой точке цепи передачи к напряжению 775 мВ, выраженное в логарифмических единицах:

$$P_N = 20 \lg \frac{U}{775 \text{ Вм}}, \text{ дБ}$$

или

$$P_N = \ln \frac{U}{775 \text{ Вм}}, \text{ Нп}$$

где  $U$  – действующее значение напряжения, мВ.

Абсолютным уровнем тока называется отношение тока в измеряемой точке цепи передачи к току 1,29 мА, выраженное в логарифмических единицах:

$$P_T = 20 \lg \frac{I}{1,29 \text{ мА}}, \text{ дБ}$$

или

$$P_T = \ln \frac{I}{1,29 \text{ мА}}, \text{ Нп}$$

где  $I$  – действующее значение тока, мА.

Из приведенных выражений находим соотношение между неперами и децибелами:  $1 \text{ Нп} \cong 8,69 \text{ дБ}; 1 \text{ дБ} \cong 0,115 \text{ Нп}$

### **Относительные уровни.**

Для оценки изменения мощности и напряжения сигнала по тракту передачи используются относительные уровни мощности и напряжения.

Относительным уровнем мощности называется отношение мощности в измеряемой точке тракта передачи к мощности сигнала в начале тракта или в точке, условно принятой за начало, выраженное в логарифмических единицах:

$$P_{o.m} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}, \text{ дБ}$$

или

$$P_{o.m} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_1}, \text{ Нп}$$

где  $P_2$  – мощность в измеряемой точке тракта передачи;

$P_1$  – мощность в начале тракта передачи или в токе, условно принятой за начало.

Относительным уровнем напряжения называется отношение напряжения в измеряемой точке тракта передачи к напряжению сигнала в начале тракта или в точке, условно принятой за начало, выраженное в логарифмических единицах:

$$P_{o.n} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1}, \text{дБ}$$

или

$$P_{o.n} = \lg n \frac{U_2}{U_1}, \text{Hn}$$

где  $U_2$  – напряжение в измеряемой точке цепи;

$U_1$  – напряжение в начале тракта или в точке, условно принятой за начало.

Выражая входящие в формулы мощности и напряжения через их абсолютные уровни, находим, что относительные уровни равны разности абсолютных уровней:

$$P_{o.m} = P_{m2} - P_{m1}; P_{o.n} = P_{n2} - P_{n1},$$

где  $P_{m2}$  и  $P_{n2}$  – абсолютные уровни мощности и напряжения в измеряемой точке цепи;

$P_{m1}$  и  $P_{n1}$  – абсолютные уровни мощности и напряжения в начале тракта или в точке, условно принятой за начало.

### Измерение уровней передачи.

В практике измеряют только абсолютные уровни напряжения, и в этих значениях градуируются все измерители уровня. Однако большинство нормированных значений дается в уровнях мощности.

Для перехода от уровня напряжения к уровню мощности производится расчет по формуле:

$$P_m = P_n + 10 \lg \frac{600}{Z_n}, \text{дБ}$$

или

$$P_m = P_n + \frac{1}{2} \lg n \frac{600}{Z_n}, \text{Hn}$$

Где  $Z_n$  – сопротивление нагрузки, на котором измеряется уровень напряжения.

Обозначив добавку (второе слагаемое) через  $\Delta p$  для стандартных значений нагрузок, приведем ее значения:

$$\text{Для } Z_n = 75 \text{ Ом} \quad \Delta p = 9,0 \text{ дБ} (1,04 \text{ Hn})$$

$$\text{Для } Z_n = 135 \text{ Ом} \quad \Delta p = 6,5 \text{ дБ} (0,75 \text{ Hn})$$

$$\text{Для } Z_n = 150 \text{ Ом} \quad \Delta p = 6,0 \text{ дБ} (0,7 \text{ Hn})$$

$$\text{Для } Z_n = 600 \text{ Ом} \quad \Delta p = 0$$

Таким образом, видно, что при измерении на нагрузке 600 Ом уровень мощности численно равен уровню напряжения.

Для измерения абсолютного уровня напряжения в любой точке тракта передачи на вход его необходимо подать сигнал от измерительного генератора (ИГ), подключенного к тракту согласованно ( $Z_2 = Z_{вх}$ ).

Измеритель уровня (ИУ) может подключаться к точке измерения несколькими способами.

1. Подключение ИУ высокоомным входом параллельно тракту передачи, при этом нагрузкой предшествующего четырехполюсника (4-пол.) служит входное сопротивление последующее (рис. 2.1).

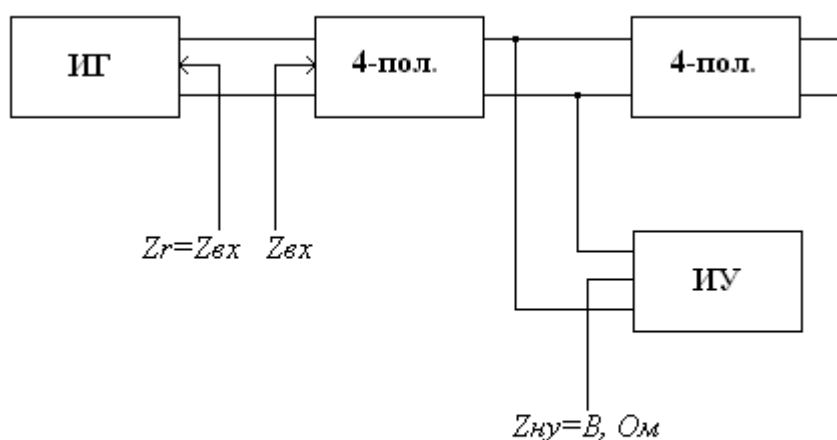


Рис. 2.1. Схема измерения уровня при параллельном подключении ИУ.

2. Подключение ИУ согласованно ( $Z_{ИУ} = Z_{вых}$ ) 600-омным или 150 (135) – омным входом, при этом входное сопротивление измерителя уровня является нагрузкой измеряемого тракта передачи (рис. 2.2).

Такое включение возможно, когда требуемое сопротивление нагрузки соответствует одному из входных сопротивлений ИУ.

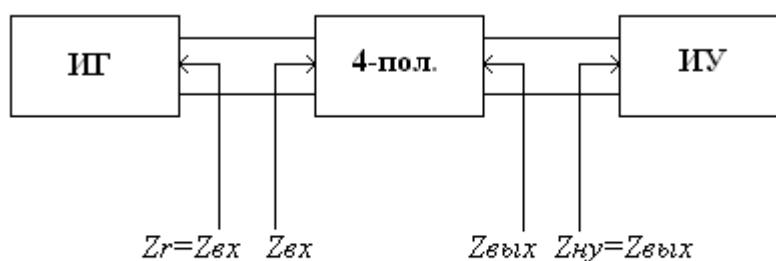


Рис. 2.2. Схема измерения уровня при согласованном подключении ИУ.

### 2.3.2 Электрические параметры каналов тональной частоты.

#### Остаточное затухание (усиление) канала тональной частоты.

##### Определение:

Остаточным затуханием канала ТЧ называется его рабочее затухание, измеренное на частоте 1020 Гц при номинальных нагрузках 600 Ом:

$$a_r = 10 \lg P_o / P_n, \quad \text{дБ}$$

где  $P_o$  – мощность, которую генератор частоты 1020 Гц отдает согласованной нагрузке;  
 $P_n$  – мощность, выделяемая в нагрузке канала.

Физическая сущность названия «остаточное затухание» видна из другого определения.

**Остаточное затухание** – это разность между суммой всех затуханий и суммой всех усилений в канале при условии согласованного включения всех его элементов:

$$a_r = \sum a_i - \sum S_j$$

где  $a_i$  – затухание  $i$ -го элемента канала;

$S_j$  – усиление  $j$ -го усилителя в канале.

Если первая сумма больше второй, то в канале остаточное затухание. Если же, наоборот, вторая сумма больше, то остаточное затухание будет отрицательным, значит, в канале не затухание, а усиление.

Третье определение остаточного затухания наиболее приемлемо в практике: остаточным затуханием канала называется разность между уровнями сигнала частотой 1020 Гц на входе и выходе канала при согласованных включениях генератора и измерителя уровня ( $Z_2 = Z_{вх}$ ,  $Z_{ИУ} = Z_{вых}$ ,  $Z_{вх} = Z_{вых} = 600 \text{ Ом}$ ):

$$a_r = P_{вх} - P_{вых}$$

Остаточное затухание и особенно его стабильность во времени является одним из основных параметров, обеспечивающих качество передачи сигналов. Снижение уровня принимаемого сигнала ухудшает слышимость телефонной передачи, в сочетании с другими мешающими факторами может вызвать ошибки в приеме сигналов тонального телеграфа, передачи данных, а при значительных снижениях уровня (ниже порога чувствительности приемных устройств) прием дискретной информации становится невозможным.

### Нормирование.

Номинальные значения уровней и остаточного затухания нормируются для различных режимов канала ТЧ на частоте 1020 Гц.

Режим канала ТЧ	Уровень на входе канала $p_{вх}$ , дБ/Нп	Уровень на выходе канала $p_{вых}$ , дБ/Нп	Остаточное затухание $a_r$ , дБ/Нп
2-проводный оконечный	0 / 0	-7,0 / -0,8	-7,0 / 0,8
2-проводный транзит	-3,5 / -0,4	-3,5 / -0,4	0 / 0
4-проводный оконечный	-13 / -1,5	4 / 0,5	-17 / -2
4-проводный транзит	4 / 0,5	4 / 0,5	0 / 0

Погрешность установки остаточного затухания должна быть не более 0,5 дБ (0,05 Нп)

Нормируется так же стабильность остаточного затухания во времени. Для существующих полевых систем отклонение величины  $a_r$  во времени от номинала должно находиться в пределах  $\Delta a_r \leq 1,75 \text{ дБ} (0,2 \text{ Нп})$ . Для каналов ТЧ, образованных в ЦСП, параметры стабильности  $a_r$  не нормируются.

### Измерение и оценка.

Схема измерения остаточного затухания (усиления) канала в режиме 4ПР ОК приведена на рис. 2.3

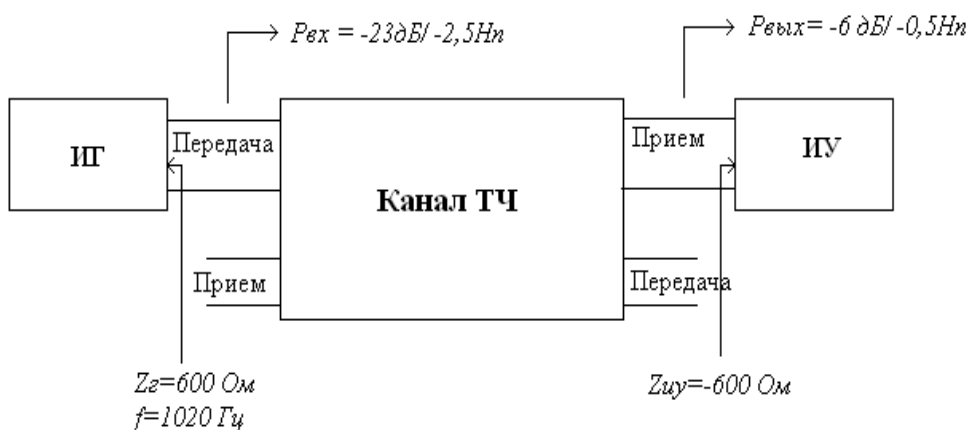


Рис. 2.3. Схема измерения остаточного затухания и частотной характеристики канала ТЧ.

Порядок измерений:

1. Подать на вход канала в точку номинального относительного уровня минус 13 дБ (-1,5 Нп) от измерительного генератора ИГ с выходным сопротивлением  $Z_g=600 \text{ Ом}$  ток частотой 1020 Гц с измерительным уровнем  $p_{вх}=-23 \text{ дБ} (-2,5 \text{ Нп})$ , т.е. на 10 дБ (1 Нп) ниже номинального.
2. На противоположной станции подключить к выходу канала в точке номинального относительного уровня плюс 4 дБ (+0,5 Нп) измеритель уровня ИУ с выходным сопротивлением  $Z_{ИУ}=600 \text{ Ом}$ . Установить регулятором канала (регулировкой усиления УТЧ на выходе канала) уровень  $p_{вых}=-6 \text{ дБ} (-0,5 \text{ Нп})$ .
3. Определить остаточное затухание по формуле  $a_r=p_{вх}-p_{вых}$  или остаточное усиление  $S_r=p_{вых}-p_{вх}$
4. Произвести измерение и установку остаточного затухания (усиления) канала ТЧ в обратном направлении передачи.

Примечание: измерение и установку остаточного затухания (усиления) канала в 4-проводном режиме можно производить одновременно в обоих направлениях передачи.

### Частотная характеристика остаточного затухания.

#### Определение:

Частотной характеристикой остаточного затухания называется зависимость его от частоты.

$$a_r = \varphi(f)$$

Этот параметр определяет амплитудно-частотные искажения сигнала, передаваемого по каналу. Они обусловлены главным образом количеством и качеством полосовых фильтров в аппаратуре канального преобразования оконечных пунктов и пунктов транзита по ТЧ.

Амплитудно-частотные искажения в канале отрицательно сказываются на качестве передачи сигналов любого вида связи, но особенно существенно влияют на передачу дискретной информации (сигналов передачи данных, тонального телеграфирования и т.п.).

Для корректирования частотной характеристики остаточного затухания канала ТЧ в аппаратуре имеются амплитудно-частотные корректоры (в усилителях тональной частоты приемной части аппаратуры канального преобразования), которые позволяют с необходимой точностью устранять амплитудно-частотные искажения.

### **Нормирование.**

Частотная характеристика остаточного затухания нормируется в эффективно передаваемой полосе частот канала (ЭППЧ), одновременно эта характеристика и определяет ее. ЭППЧ – это такая полоса частот канала, в пределах которой при максимальной дальности связи остаточное затухание превышает свое значения на частоте 1020 Гц не более чем на 8,7 дБ (1 Нп).

Нормы на частотную характеристику канала задаются в виде зависимости  $\hat{a}_r = \varphi(f)$ , т.е. отклонения между остаточным затуханием на данной частоте и остаточным затуханием на частоте 1020 Гц

$$\hat{a}_r = a_{2f} - a_{1020}$$

Нормы  $\Delta a_r(f)$  для каналов раной структуры, образованных в АСП и ЦСП приводятся в соответствующих таблицах, рекомендованных МСЭ.

Для удобства пользования на узлах связи по таблицам строятся графики-шаблоны.

### **Измерение и оценка.**

Измерение частотной характеристики остаточного затухания (усиления) производится с помощью встроенных приборов, а также с использованием измерительных приборов (панорамных или с фиксированными частотами) ИП ТЧ, П-321, П-322, П-323 ИЗВЗ, П-326 и др.

Измерение частотной характеристики при использовании измерительных приборов с фиксированными частотами производится в следующем порядке (рис. 2.3)

1. Установить номинальное остаточное затухание канала ТЧ на частоте 1020 Гц
2. Подать поочередно на вход канала от измерительного генератора с 600-омным выходом токи частот 300, 400, 600, 1200, 1400, 1600, 2000, 2400, 3000, 3400 Гц с постоянным измерительным уровнем минус 23 дБ (-2,5 Нп)
3. Измерить уровень этих частот на выходе тракта приема канала ТЧ измерителем уровня с 600-омным входом.
4. Вычислить неравномерность остаточного затухания по формуле:

$$\hat{a}_r = P_{\text{вых}1020} - P_{\text{вых}f}$$

где  $P_{\text{вых}f}$  – выходной уровень сигнала канала на измеряемой частоте;

$P_{\text{вых}1020}$  – уровень сигнала на частоте 1020 Гц;

5. Аналогично провести измерение в обратном направлении передачи.

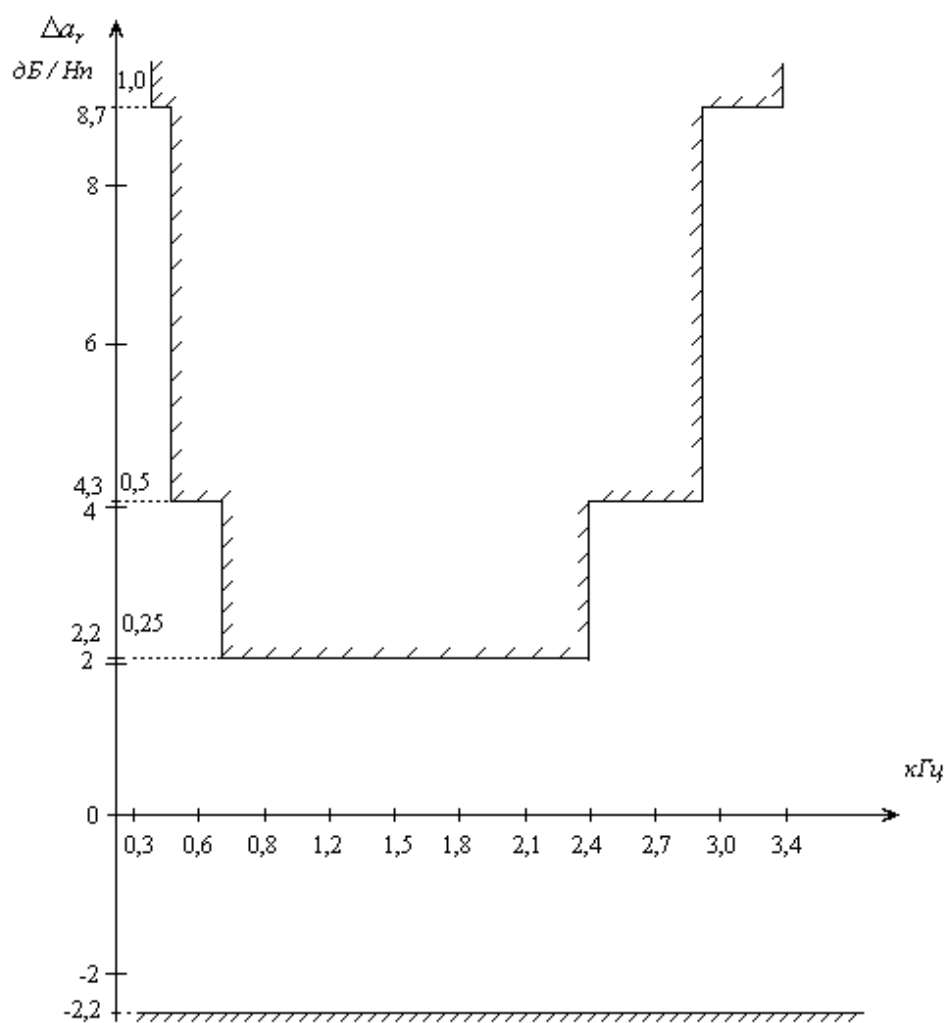


Рис. 2.4. График-шаблон нормированной частотной характеристики остаточного затухания канала ТЧ

Если неравномерность частотной характеристики канала выходит за пределы графика-шаблона, (рис. 2.4.) необходимо произвести ее коррекцию путем перепайки корректирующих контуров в цепи обратной связи усилителя тональной частоты тракта приема канала.



## Шумы в канале тональной частоты.

### Определение:

Шумы в каналах ТЧ многоканальных систем передачи являются основной причиной, которая отрицательно сказывается на качестве передачи любых видов информации.

При телефонной передаче мешающее действие отдельных частотных составляющих шума неодинаково, поэтому оценка шума производится взвешенными единицами измерения, которые получили название психофотметрических (психофотметрическая мощность, психофотметрическое напряжение). Психофотметрическим, или взвешенным, напряжением (мощностью) шума называется такое действующее значение напряжения (мощности) чистого тона с частотой 800 Гц, мешающее воздействие которого на телефонную передачу такое же, как и шума во всей полосе канала.

Для оценки влияния шума на качество передачи других видов информации необходимо знать среднее значение невзвешенных уровня, мощности или напряжения. Такие единицы называются также интегральными.

Невзвешенным (интегральным) напряжением (мощностью) шума на выходе канала называют действующее значение напряжения (мощности) шума в полосе канала.

### Нормирование.

По рекомендации МСЭ-Т норма психофотметрической мощности шума на выходе канала в ТОНУ ( $p_c = 0\text{дБ}$ ) в час наибольшей нагрузки системы передачи определена для эталонной цепи канала равной  $P_{\text{ШО}} = 10000 \text{ нВтм}0$ , что соответствует уровню шума  $P_{\text{ШО}} = -50\text{дБ}$ . В этом случае шумовая защищенность  $a_{\text{Ш}} = p_c - P_{\text{ШО}} = 50\text{дБн}0$ .

Для большинства кабельных стационарных и полевых систем передачи общая психофотметрическая мощность в точке нолевого относительного уровня канала ТЧ должна быть не более величины, определяемой по формуле, рекомендуемой МСЭ:

$$P_{\text{Ш}} = 3L + 500(K + 1) + 333m, \text{ нВтм}0$$

где L – протяженность канала, км;

k – число транзитов по ТЧ;

m – число транзитов по групповым трактам.

Из формулы видно, что на 1 км линейного тракта отводится 3 пВт, а остальной шум – за счет преобразовательного оборудования оконечных и транзитных пунктов.

Для вновь разрабатываемых стационарных и полевых систем передачи применяются нормы ЕСС, более жесткие, чем рекомендуемые МСЭ.

Определив норму мощности шума по формуле, следует вначале пересчитать ее величину для точки относительного уровня канала, где будет производиться измерение:  $p_{\text{вых}} = +4 \text{ дБ} (+0,5 \text{ Нп})$  – при 4-проводном режиме канала,  $p_{\text{вых}} = -3,5 \text{ дБ} (-0,4 \text{ Нп})$  или  $-7 \text{ дБ} (-0,8 \text{ Нп})$  – при 2-проводном транзитном или оконечном режиме канала

$$P_{\text{ш. вых}} = P_{\text{ш}} 10^{0,1 p_{\text{вых}}}, \text{ если } p_{\text{вых}} \text{ в децибелах;}$$

$$P_{\text{ш. вых}} = P_{\text{ш}} e^{2 p_{\text{вых}}}, \text{ если } p_{\text{вых}} \text{ в неперах.}$$

- Измерительные приборы позволяют измерять напряжение шума. Поэтому полученную норму мощности шума следует пересчитать для данного конкретного канала ТЧ в норму психофотметрического напряжения по формуле:

$$U_{ш} = \sqrt{P_{ш} \cdot 600 \cdot 10^{-6}}, мВ$$

Во всех приведенных формулах значение  $P_{ш}$  подставляется в пиковаттах.

Для получения нормы невзвешенного (действующего) напряжения следует

осуществить пересчет: 
$$U_{шд} = \frac{U_{ш}}{0,75}$$

### Измерение и оценка.

Измерение уровня или напряжения шума производится прибором П-323\_ИШ или псофометром УНП-60 в следующем порядке (рис. 2.5)

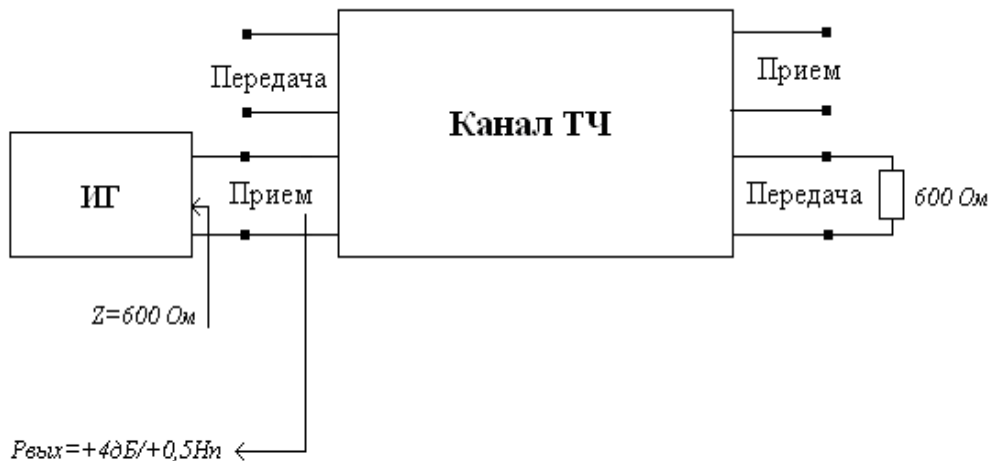


Рис. 2.5. Схема измерения шума в канале ГЧ.

1. Установить номинальное остаточное затухание канала ГЧ
2. Вход тракта передачи на противоположной станции нагрузить на 600-омную нагрузку.
3. К выходу тракта приема канала подключить прибор (вход измерителя шума ИШ). Измерить среднее псофометрическое напряжение шума в течение любого часа наибольшей нагрузки с интервалом между замерах 1 мин. Показания следует отсчитывать за период 5с. При измерениях фиксировать среднюю величину помехи и не учитывать отдельных резких отклонений стрелки прибора (за один замер допускается не более 2-3 выбросов).
4. На основании полученных результатов измерений вычислить среднюю арифметическую величину псофометрического напряжения шума за 1 ч по формуле

$$U_{ш.ср} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K U_{шi}$$

Где  $U_{ш i}$  - результат  $i$ -го измерения;

$K$ - общее число измерений.

5. При необходимости измерить среднюю величину напряжения не взвешенного шума (за 1 ч) в канале ГЧ аналогично измерению среднего псофометрического напряжения шума и сравнить с нормой.
6. Произвести аналогичные измерения напряжения (уровня) шума в обратном направлении.

Полученные в результате измерений и вычислений значения взвешенного и не взвешенного напряжений (уровней) шума считается в норме, если не превышают рассчитанные нормированные величины или величины, зафиксированные в паспортных данных на канал ТЧ.

## **Защищенность между направлениями передачи и приема в канале тональной частоты.**

### **Определение:**

Защищенностью между направлениями передачи и приема называется разность уровней сигнала и внятной помехи на выходе канала, обусловленной сигналом, передаваемым в обратном направлении этого же канала.

Причинами влияния одного направления канала на обратное являются монтажные переходы в аппаратуре, а для однокабельных систем передачи основной причиной таких помех является переходное влияние на ближнем конце кабельных усилительных участков.

При использовании канала для телефонной передачи переход энергии с передачи на прием своего же канала проявляется в виде местного эффекта и даже относительно сильное влияние не ухудшает качество телефонной связи.

При использовании канала для передачи данных, тонального телеграфирования и других типов оконечной аппаратуры, у которых передаваемые в разных направлениях канала сигналы являются независимыми, переход энергии с передачи на прием оказывает влияние на качество приема сигналов этих видов связи.

### **Нормирование.**

Защищенность между направлениями передачи и приема канала стационарных и 2-кабельных полевых систем передачи протяженностью  $L_0=2500$  км. должна быть для современных систем передачи не менее 55 дБ (6,3 Нп), для проектируемых систем передачи не менее 55 дБ (6,3 Нп).

В однополосных однокабельных стационарных и полевых системах передачи защищенность нормируется для дальности связи  $L_0=1000$  км. Она должна быть не менее 35 дБ (4 Нп), а эксплуатационная норма – не менее 26 дБ (3 Нп).

При других дальностях связи ( $L$  км) указанные нормы защищенности увеличиваются на  $10 \lg \frac{L_0}{L}, \text{дБ} \left( \frac{1}{2} \lg \frac{L_0}{L}, \text{Нп} \right)$

Настроечные нормы для конкретных полевых систем передачи следует брать из соответствующих описаний, а эксплуатационные нормы – из специального сборника.

### **Измерение и оценка.**

Измерение защищенности между направлениями передачи и приема в канале ТЧ производится с использованием измерительного генератора ИГ и селективного (избирательного) измерителя уровня СИУ.

Измерения производят в обоих направлениях передачи 4-проводного канала ТЧ в часы минимальной нагрузки системы передачи в следующем порядке (рис. 2.6)

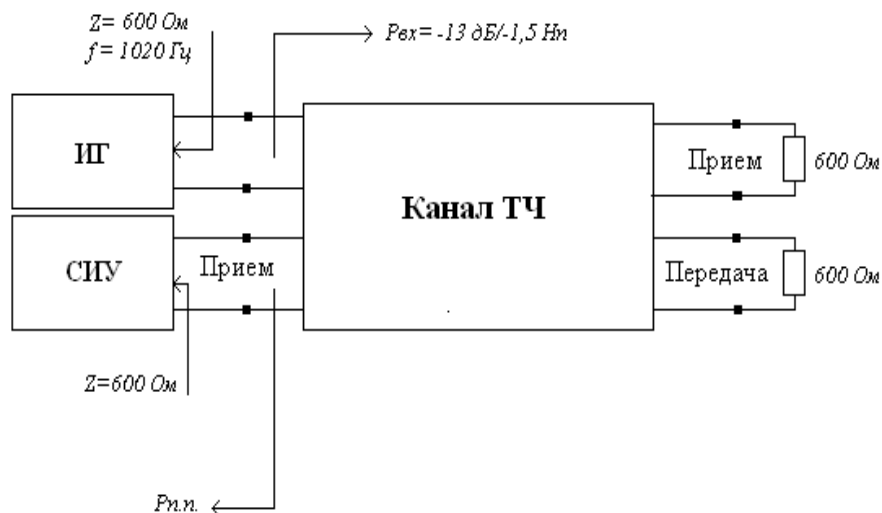


Рис. 2.6. Схема измерения защищенности между направлениями передачи и приема в канале ТЧ.

1. Установить номинальное остаточное затухание (усиление) канала ТЧ.
2. На противоположной станции выход тракта приема и вход тракта передачи измеряемого канала нагрузить на 600-омные нагрузки.
3. На вход тракта передачи канала ТЧ включить измерительный генератор ИГ ( $Z_{Г}=600 \text{ Ом}$ ) и установить ток частоты 1020 Гц с номинальным уровнем  $-13 \text{ дБ}$  ( $-1,5 \text{ Нп}$ ).
4. К выходу тракта приема канала ТЧ подключить селективный измеритель уровня СИУ ( $Z_{ИУ}=600 \text{ Ом}$ ) и измерить уровень внятной переходной помехи  $p_{n.n}$  на частоте 1020 Гц
5. Вычислить защищенность между направлениями передачи и приема по формуле

$$a_{з.о} = P_c - P_{n.n.}$$

где  $p_c$  – номинальный относительный уровень сигнала на выходе канала, равный  $+4 \text{ дБ}$  ( $+0,5 \text{ дБ}$ )

$p_{n.n}$  – уровень внятной переходной помехи на частоте 1020 Гц

6. Вычисленную величину защищенности сравнить с нормой. Канал считается в норме, если измеренное значение по величине равно или больше нормированного.

Аналогично проводится измерение в обратном направлении (на противоположном конце канала ТЧ).

## Защищенность от внятных переходных помех между каналами.

### Определение:

Внятной называется помеха, частота которой в подверженном влиянию канале равна частоте сигнала во влияющем канале. Внятные помехи могут быть между одноименными каналами систем передачи, работающих по параллельным цепям проводных линий, за счет взаимных влияний между цепями, а также между разными каналами одной и той же системы передачи за счет нелинейных взаимодействий сигналов в групповых трактах.

Внятные переходные помехи наиболее опасны при телефонной передаче, так как они проявляются в виде прослушивания посторонних разговоров и тем самым отвлекают внимание слушающего от разговора своего собеседника и нарушают скрытность переговоров.

Защищенностью от внятной помехи называется разность между уровнями сигнала и внятной помехи на выходе канала.

$$a_3 = p_c - p_{n.n},$$

### Нормирование.

Защищенность от внятных переходных помех между одноименными каналами параллельно работающих стационарных систем передачи кабельных линий протяженностью  $L_0=2500$  км, должна быть не менее 58 дБ (6,7 Нп) для 90% комбинаций каналов и не менее 52 дБ (6 Нп) для всех комбинаций каналов.

Для 2-кабельной полевой системы передачи П-300/302 эти же нормы должны выполняться в каналах протяженностью  $L_0=850$  км.

Защищенность от внятных помех между разными каналами одной системы передачи при дальности связи  $L_0=2500$  км должна быть не менее 70 дБ (8 Нп) для 90% комбинаций каналов и не менее 65 дБ (7,5 Нп) для всех комбинаций каналов.

Если параллельный пробег каналов составляет  $L$  км, то норма защищенности во всех случаях увеличивается на величину

$$10 \lg \frac{L_0}{L}, \text{ дБ} \left( \frac{1}{2} \lg \frac{L_0}{L}, \text{ Нп} \right)$$

Настроечные нормы для конкретных полевых систем передачи следует брать из соответствующих описаний.

### Измерение и оценка.

Измерение защищенности от внятных помех между каналами производится с использованием измерительного генератора и селективного (избирательного) указателя уровня.

Для измерения могут быть использованы анализатор спектра С4-48, измерительные приборы П-322, П-326.

Измерения производят в обоих направлениях передачи в часы минимальной нагрузки в следующем порядке (рис. 2.7).

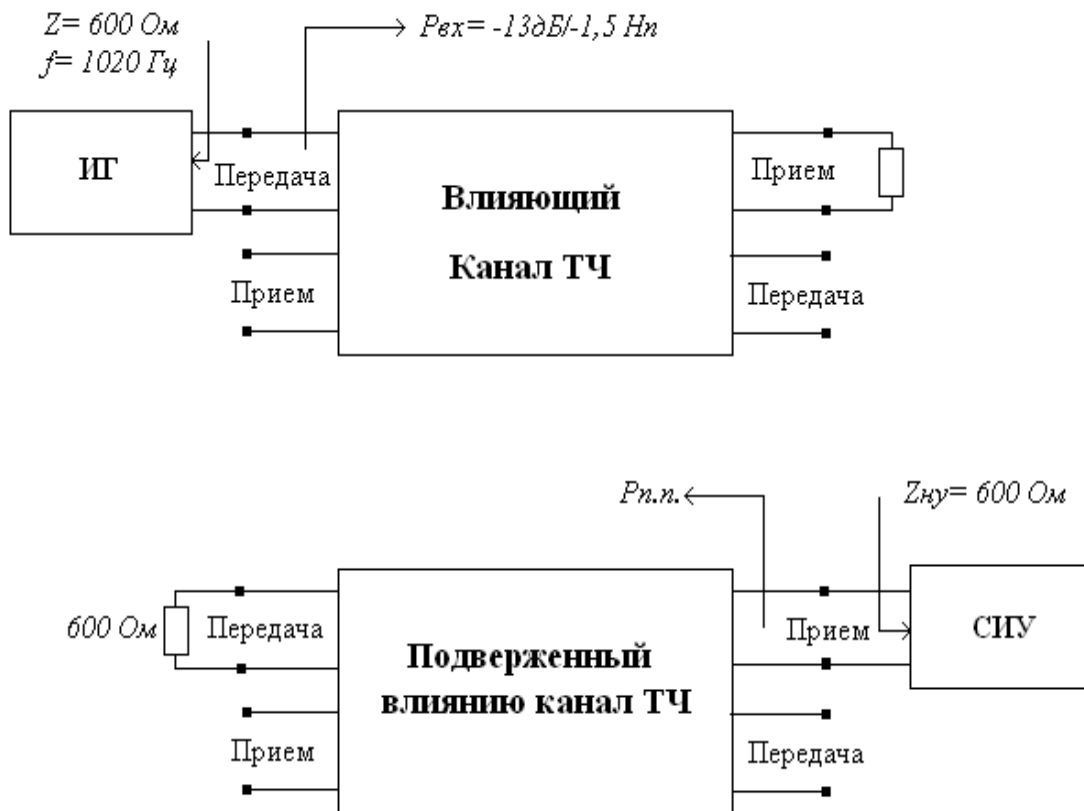


Рис. 2.7. Схема измерения защищенности от внятных переходных помех между каналами ТЧ.

1. Установить номинальное остаточное затухание (усиление) каналов ТЧ.
2. Вход подверженного влиянию канала и выход влияющего канала при измерениях нагрузить на сопротивление 600 Ом.
3. На вход влияющего канала подать от измерительного генератора ИГ ток частотой 1020 Гц с уровнем  $-13$  дБ ( $-1,5$  Нп).
4. На выходе канала, подверженного влиянию, в точке номинального относительного уровня 4 дБ (0,5 Нп) селективным измерителем уровня СИУ измерить уровень переходной помехи  $p_{n.n}$  частотой 1020 Гц.
5. Вычислить защищенность от внятного переходного влияния между каналами ТЧ по формуле  $a_z = p_c - p_{n.n}$ ,

где  $p_c$  - номинальный относительный уровень сигнала на выходе канала, равный 4 дБ (0,5 Нп)

$p_{n.n}$  - уровень внятной переходной помехи на частоте 1020 Гц.

6. Вычисленную величину защищенности сравнит с нормой. Измеренная защищенность считается в норме, если по величине она равно или больше нормированного значения.

Аналогично проводится измерение защищенности между этой же парой каналов в обратном направлении. Затем выбирается другая комбинация каналов и выполняются такие же измерения.

### 2.3.3 Цифровые каналы связи, основные параметры ЦК, их измерение

Цифровой канал передачи – комплекс технических средств и среды передачи, обеспечивающий передачу цифрового сигнала электросвязи со скоростью передачи, характеристикой для данного канала передачи.

Канал основной цифровой – типовой цифровой канал передачи со скоростью передачи сигналов 64 Кбит/с.

Перечень параметров цифровых каналов (ЦК) и групповых трактов (ЦГТ) в настоящее время остается открытым. Тем не менее, представляется возможным качество передачи сигналов по ЦК оценить следующей совокупностью основных параметров:

- достоверностью передачи;
- дрожанием фазы сигнала на выходе ЦК;
- временем прохождения сигнала по ЦК;
- проскальзыванием цифрового сигнала;
- допустимым отклонением скорости передачи сигнала на входе ЦК.

Этими параметрами можно оценить качество асинхронных ЦК и ЦГТ. В том случае, когда ЦК – синхронный, для его оценки можно использовать указанный перечень параметров, исключая два последних.

#### 2.3.3.1. Достоверность передачи

Действие помех и шумов в ЦЛТ приводит к искажению символов передаваемого по ЦК сообщения, т.е. к снижению верности передачи. Количественная оценка снижения верности передачи оценивается величиной коэффициента ошибок  $K_{ош}$ , представляющего отношение числа ошибочно принятых символов  $N_{ош}$  на выходе ЦК к общему числу переданных символов  $N$ :

$$K_{ош} = N_{ош} / N = N_{ош} / (B \times T_{изм}),$$

где  $B$  – скорость передачи символов в ЦК;  $T_{изм}$  – длительность сеанса измерения.

Поскольку ошибки в простых каналах, образующих составной ЦК, возникают независимо, то значение  $K_{ош}$  для составного ЦК пропорционально  $K_{ош}$  в каждом простом ЦК и их количеству:

$$K_{ош} = \sum_{i=1}^n K_{ош i},$$

где  $n$  – количество простых ЦК в составном.

Анализ требований оконечной аппаратуры к ЦК по величине  $K_{ош}$  показывает, что требуемое значение составляет порядка  $10^{-4}$ .

Однако известно, что ошибки имеют тенденцию к группированию. Появление группы (пакета) ошибок во время измерения может привести к неверной оценке качества ЦК по величине  $K_{ош}$ . Поэтому измерения  $K_{ош}$  должны отвечать некоторым рекомендациям. В настоящее время существуют две рекомендации МККТТ (G.821) по методике оценки ОЦК, в соответствии с которыми:

1. Определяется процент временных интервалов определенной длительности, при котором количество ошибок в них не превосходит порогового значения, обеспечивающего качественную работу по ЦК всех видов оконечной аппаратуры;
2. Определяется процент временных интервалов определенной длительности, при котором превышение некоторого порогового значения  $K_{ош доп}$  не приводит к заметному ухудшению качества телефонной связи.

В соответствии с этими рекомендациями оценка ОЦК протяженностью 27500 км может производиться по трем критериям (А, Б, В):

**А** – при оценке в одноминутных интервалах не менее, чем в 90% измерений должно быть не более 4-х ошибок. Это эквивалентно значению  $K_{ош} = 10^{-6}$ ;

**Б** – при оценках в односекундных интервалах не менее, чем в 99% измерений должно быть не более 64-х ошибок. Это эквивалентно значению  $K_{ош} = 10^{-3}$ ;

**В** – при оценках в односекундных интервалах не менее, чем в 92% измерений ошибки должны отсутствовать. Это характеризует ОЦК высокого качества.

При определении указанных параметров анализируются ошибки в односекундных интервалах, а затем из общего числа измерений исключаются измерения, содержащие более 64-х ошибок. Результаты оставшихся измерений группируются в пакеты по 60 секунд и относятся к одноминутным интервалам измерений.

В методике оценивания параметров ошибок, содержащейся в приложении D рекомендации G.821, оценки минут с ухудшением и секунд с большим ухудшением качества осуществляются непосредственно в групповом тракте. Получаемые результаты без пересчета переносятся на ОЦК.

В настоящее время окончательно не установлены принципы нормирования параметров качества, определяемых рекомендацией G.821, на отдельных участках сети.

Для ЦК военно-полевой сети выбраны следующие критерии оценки:

- для ЦК кабельных и волоконно-оптических линий  $K_{ош} = 10^{-6}$ ;
- для ЦК спутниковых линий  $K_{ош} = 10^{-5}$ ;
- для ЦК радиорелейных линий в 95%  $K_{ош} = 10^{-5}$ ;
- для ЦК тропосферных линий в 95%  $K_{ош} = 10^{-4}$ .

Для проведения измерений  $K_{ош}$  на вход канала подключают датчик рекуррентного сигнала, который точно известен на приеме. Передаваемый сигнал фазируется с тем, который имеется на приеме, и производится их поэлементное сравнение. Эти операции выполняются приборами П-331-ИЦК и П-331-ИЛТ.

### 2.3.3.2. Дрожание фазы сигнала на выходе ЦК

Дрожание фазы сигнала представляет собой отклонение значащих моментов цифрового сигнала от их идеальных положений во времени. Наличие временных сдвигов в последовательности символов на выходе ЦК приводит к ухудшению качества практически всех видов связи.

По законам накопления фазовые дрожания могут быть затухающие и накапливаемые. В ЦЛТ происходит накопление дрожаний пропорционально числу (отдельные дрожания – пропорционально корню квадратному из числа) НРП. В АВГ дрожания накапливаются пропорционально числу ступеней объединения цифровых сигналов.

По частоте дрожания выделяют НЧ и ВЧ дрожания фазы сигнала. Особенно опасны НЧ дрожания, которые проходят на выход ЦК в последовательности символов.

Оценивают фазовые дрожания в процентах от длительности тактового интервала. Нормы МККТТ для этого параметра пока не выработаны.

Для ЦК военно-полевой сети установлено, что дрожания фазы сигнала на одном участке асинхронной передачи не должны превышать 3%; в составном ЦК, содержащем 5 участков асинхронной передачи дрожания фазы не должны превышать 6%; в составном ЦК, содержащем 11 участков асинхронной передачи дрожания не должны превышать 15%.

Измерение фазовых дрожаний производится прибором П-331-ИЦК.



### 2.3.3.3. Время прохождения сигнала по ЦК

В процессе передачи сигнала по ЦК он испытывает задержку, обусловленную временем обработки на ступенях объединения-разделения, в НРП и конечным временем распространения. Для простого ЦК это время можно представить в виде:

$$t_o = 2 \times \sum_{i=1}^{n1} T_i \times m_i + \left( \sum_{j=1}^{n2} T_j / 2 + L / v \right),$$

где  $n1$  – число ступеней объединения;  $T_i$  и  $m_i$  – длительность тактового интервала и число ячеек ЗУ на  $i$ -ой ступени объединения;  $n2$  – число регенераторов в ЦЛТ;  $T_j$  – длительность тактового интервала линейного сигнала;  $L$  – протяженность ЦЛТ;  $v$  – скорость распространения сигналов в среде.

Коэффициент 2 означает, что число ступеней разделения равно числу ступеней объединения.

Нормы на этот параметр пока не выработаны. Однако, исходя из посылки нормирования ОЦК аналогично КТЧ, можно использовать в качестве допустимого значение, определенное для аналоговых каналов передачи.

Очевидно, что в составном ЦК общее время прохождения составит:

$$t_{o\text{ск}} = \sum_{i=1}^n t_{oi}.$$

Приборов, обеспечивающих измерение этого параметра в ЦК, пока нет.

### 2.3.3.4. Проскальзывание цифрового сигнала

Явление уменьшения или увеличения числа символов в цикле, приводящее к его временному сдвигу, получило название проскальзывания цифрового сигнала. Причины появления проскальзывания – ошибки в КСС, расхождения тактовых частот генераторов и изменение времени задержки в линиях. Последствия проскальзываний – сбой цикловой синхронизации в нижестоящих ступенях АВГ или в оконечной аппаратуре. Такое проскальзывание называют неуправляемым.

Если же в оконечном устройстве или в нижестоящих ступенях АВГ установить ЗУ емкостью на один цикл, то после его переполнения или незаполнения можно принимать решение о стирании данного цикла, как содержащего проскальзывание. Такое проскальзывание не приводит к сбою цикловой синхронизации и называется управляемым (УП).

В настоящее время нормируются только управляемые проскальзывания. Наименьшее влияние они оказывают на телефонную связь. Только 5% от общего их числа проявляется в виде слышимых щелчков в ЦК. Считается, что влиянием УП на качество передачи речевых сигналов можно пренебречь, если они следуют друг за другом с интервалом не менее 1 мин. В канале вещания уже каждое УП вызывает слышимый щелчок и требуется, чтобы интервал между ними был не менее 1 часа. Наиболее чувствительна к УП фототелеграфная связь – интервал между УП должен быть несколько часов.

Нормирование УП осуществляется для ОЦК 27500 км, содержащего 5 узлов на международном участке и по 4 узла на участках двух стран. В соответствии с рекомендацией G.822 в течение суток на этой цепи допускается не более 5-ти УП. Эта норма должна соблюдаться в 98,9% общего времени (не менее одного года). Из оставшихся 1,1% общего времени 1% отводится на работу с ухудшением качества (т.е. более 5-ти УП в сутки и до 30-ти УП в час) и 0,1% – на неудовлетворительную работу (более 30-ти УП в час).

Нормы работы с ухудшением качества и неудовлетворительной работой распределяются по участкам номинальной цепи. На международный участок отводится

8% продолжительности работы в указанных условиях, а на каждую из двух национальных сетей – по 46%, из которых 40% – на местную сеть.

Нормы на проскальзывание в ЦК военно-полевых сетей несколько отличаются от указанных ранее. Так в ЦК кабельных линий допускается не более 1 проскальзывания за 70 суток, а в ЦК ррл и трл – не более 1 в час.

Следует отметить, что приборы, обеспечивающие измерение величины проскальзывания цифрового сигнала, отсутствуют.

### 2.3.3.5. Допустимое отклонение скорости передачи сигнала на входе ЦК

Допустимое отклонение скорости передачи сигналов на входе ЦК определяет требования к допустимой нестабильности тактовой частоты конечных устройств, а также указывает на предельные значения, при которых еще обеспечивается устойчивая работа ЦК.

Для ЦСП с различными скоростями передачи в ЦК нормируется относительное отклонение скорости передачи на входе:

$$B = |B_{ист} - B_{цк}| / B_{цк},$$

где  $B_{ист}$  и  $B_{цк}$  – скорость передачи сигналов источника информации и номинальная скорость передачи сигналов в ЦК.

Допустимые значения этого параметра для ЦК военно-полевых сетей должны быть не более  $5 \times 10^{-5}$ . Анализ характеристик оконечной аппаратуры показывает, что всеми видами оконечных устройств обеспечивается значение  $B = (1-5) \times 10^{-5}$ .

### 2.3.4. Транзитное соединение каналов

Транзитным каналом называется – соединение одноименных типовых каналов первичной сети, обеспечивающие прохождение сигналов электросвязи без изменения полосы частот.

Необходимость в транзитах определяется двумя причинами:

1. оперативными (организационными):

- передача каналов стационарных сетей связи на полевые узлы;
- сопряжение каналов различного типа линий связи;
- соединение каналов на сетевых узлах и станциях, а также на опорных узлах связи опорной сети связи;

2. техническими:

По технической причине транзиты выполняются на линиях связи большой протяженности для более точной компенсации амплитудно-частотных искажений линейного тракта и улучшения динамики работы устройств автоматической регулировки усиления (АРУ).

### Транзиты по ТЧ

Транзиты по ТЧ применяются наиболее часто, но для составного канала ЕСЭ их допускается не более 11. Для полевых сетей связи число транзитов по ТЧ определяется конкретными системами передачи, например, в «Азуре» до 8.

При выполнении транзитов каналов ТЧ необходимо выполнить следующие условия:

- сохранение постоянства диаграммы относительных уровней в составном канале;

- согласование соединительных каналов по сопротивлению и уровням передачи;
- обеспечение заданных электрических параметров составных каналов;
- обеспечение в телефонных каналах транзита в обе стороны вызывных сигналов;

Транзиты каналов ТЧ могут быть:

- четырехпроводные;
- двухпроводные (телефонные каналы);

При двухпроводном транзите соединяются двухпроводные выходы каналов. В этом случае в каждом из каналов остаются включенными дифференциальные системы и устройства для передачи и приема вызова. Так как уровни передачи и приема на двухпроводных выходах каналов различны

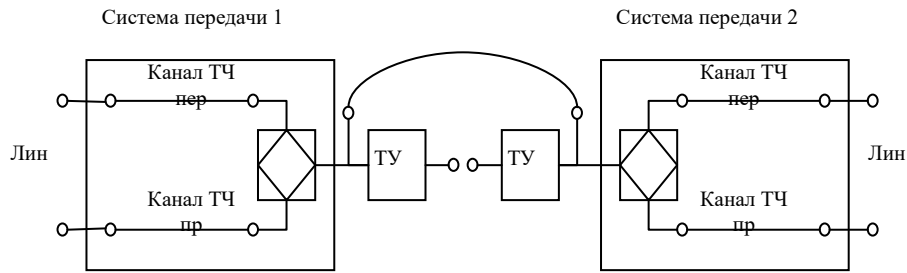


Схема выполнения двухпроводного транзита

$$(R_{вх} = 0 \text{ дБ}, R_{вых} = -7 \text{ дБ}, a_2 = 7 \text{ дБ})$$

$$(R_{вх} = 0 \text{ Нп}, R_{вых} = -0,8 \text{ Нп}, a_2 = 0,8 \text{ Нп})$$

то согласование уровней производится следующим образом. На входе каналов включаются удлинители, называемые транзитными удлинителями (ТУ), с затуханием.

$$a_{ту} = 0,5 \quad a_2 = 305 \text{ дБ}$$

Простые каналы в обе стороны регулируются при включенных ТУ (2пр.ОК), добиваются номинального  $a_2 = 7 \text{ дБ}$  (0,8 Нп). При транзитном соединении ТУ выключаются и на выходах соединяемых каналов уровни выравниваются:

$$R_{вх} = R_{вых} = -3,5 \text{ дБ}$$

$$R_{вх} = R_{вых} = -0,4 \text{ Нп}$$

В этом случае затухание составного канала имеет такую же величину, как и в простых каналах.

Двухпроводные транзиты выполняются на коммутаторах открытой связи. В оборудовании этих коммутаторов предусмотрены транзитные удлинители с возможностью их включения, когда канал сдается в оконечном режиме или включения, когда два канала соединяются транзитом. Каналы ТЧ полевых систем передачи имеют в двухпроводном оконечном режиме 2пр.ОК (ТУ выключены) и 2пр.ТР (ТУ выключены), поэтому при сдаче на коммутатор следует оговаривать его режим и соответственно включать или выключать ТУ.

Примечание: В составном канале при наличии двухпроводного транзита нельзя использовать аппаратуру тонального телеграфирования (ТТ) и передачу любых дискретных сигналов.

Основным типом транзита каналов ТЧ является четырехпроводный транзит, при котором соединяются четырехпроводные выходы простых каналов. Дифференциальная система при этом от каналов отключена.

Для согласования уровней при четырехпроводном транзите применяется удлинитель 17 дБ (2 Нп). Если между соединенными каналами используют длинные соединители линии, то их затухание должно быть учтено - затухание ТУ следует уменьшить. Если составной канал используется для телефонной связи, то в пункте транзита должна быть обеспечена трансляция вызова в обе стороны.

Как правило, при четырехпроводном транзите этой проблемы не возникает, так как вся отечественная каналобразующая аппаратура в отношении вызывных устройств унифицирована (применяется единая частота вызова 2100 Гц., транзит тонального вызова).

Однако могут встретиться случаи, когда в соединяемых каналах применяются различные частоты тонального вызова. В этих случаях трансляция вызова в пунктах транзита обеспечивается постоянным током или током индукторной частоты, т. е. в каждом из соединяемых каналов включены приборы (устройства) приема вызова, настроенные на свою частоту тонального вызова. Эта частота включают источник постоянного вызова или индукторного вызова, который подает в тракт передачи другого канала сигнал и там включает генератор тонального вызова.

Транзит по ТЧ ухудшает электрические характеристики каналов, поэтому необходимо стремиться не превышать их число, исходя из конкретного типа аппаратуры.

### Транзит групповых кагалов

В тех случаях, когда требуется осуществить передачу одновременно значительного числа каналов из одной системы в другую, целесообразно применить транзит групповых трактов.

Транзит групповых трактов есть соединение одноименных групповых трактов первичной сети, обеспечивающие прохождение сигналов без изменения полосы частот.

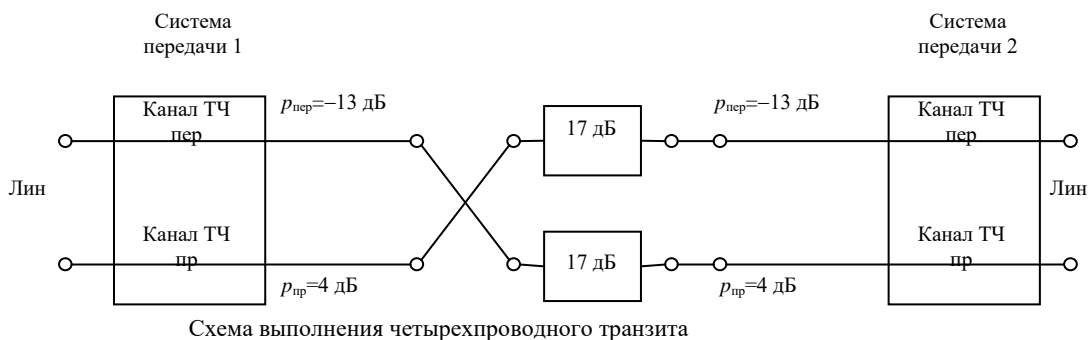
Современная каналобразующая аппаратура строится по принципу использования унифицированного преобразовательного оборудования, обеспечивающего получение типовых групповых трактов, содержащих различное число каналов ТЧ. Все стандартные групповые спектры унифицированы в отношении граничных частот.

При выполнении транзита групповых трактов необходимо выполнение следующих условий:

- обеспечение согласования уровней передачи и сопротивление нагрузок;
- устранить влияние сигналов, протекающих из соседних трактов;
- устранить влияние линейных контрольных токов одной системы на работу АРУ другой системы;

Возможно организовать транзиты:

- по предгрупповому тракту 12 – 24 КГц, 3 канала ТЧ;
- по первичному групповому тракту 60 – 108 КГц, 12 каналов ТЧ;
- по вторичному групповому тракту 312 – 552 КГц, 60 каналов ТЧ;



- на стационарных сетях по групповым трактам более высокого порядка;

Для осуществления групповых трактов следует специальное транзитное оборудование, которое должно содержать согласующие трансформаторы, удлинители, полосовые транзитные фильтры и подавляющие (режекторные) фильтры.

Примечание: Используя транзиты каналов ТЧ или групповые транзиты (в зависимости от конкретных условий) можно передавать часть каналов из стационарных узлов на полевые узлы связи.

### **Транзиты телеграфных каналов**

Транзиты телеграфных каналов – это их соединение по постоянному току.

Транзитное соединение телеграфных каналов производится в двухполосном режиме (режим 1) независимо от того, в каком режиме они будут использоваться на оконечных устройствах. Для осуществления транзита необходимо цепь передачи одного канала соединить с цепью приема другого канала, аналогично соединить цепь передачи и приема обратного направления.

Для выполнения транзита необходимо:

1. каждый простой ТТ канал должен быть отрегулирован на нейтральную работу (отсутствие преобладания);
2. согласовать цепи передачи и приема по питающему напряжению. Приемник цепи питаются от канала ТТ напряжением  $\pm 20$  В, телеграфные цепи передачи питаются от телеграфной станции. В обеих цепях номинальный рабочий ток  $20 \pm 5$  мА.
3. Для обеспечения нормальной (прямой, а не обратной) работы составного канала ТТ необходимо при транзите согласовать соответствие положительных и отрицательных посылок.

После выполнения транзита должна быть проведена регулировка всего составного канала.

### **3.1. Полевые кабели связи**

Полевые кабели связи предназначены для быстрого и многократного развертывания полевых кабельных линий, которые должны обеспечить устойчивую связь на необходимой дальности.

#### **Полевой кабель дальней связи П-296**

Кабель имеет четыре жилы (две цепи), состоящей из семи мерных проволок. Жилы изолированы полиэтиленом и свиты в звездную структуру. В четверке жил первой и второй первой и второй цепи отличаются расцветкой изоляции

Экран кабеля состоит в виде повива из 90 медных проволок диаметром 0,23 мм. Поверх экрана имеется каркасная обмотка из 36 стальных проволок диаметром 0,25 мм. Защитный шланг кабеля выполнен из поливинилхлорида. Строительная длина кабеля 500 метров, сопротивление постоянному току 55,5 Ом/км, электрическое сопротивление изоляции не менее 5000 МОм/км, масса кабеля 184 кг/км. Для работы по кабелю используется военно-полевая аппаратура комплексов «Топаз» (П-303, П-302, П-300) и «Азур» (П-330-6, П-330-24, П-330-60).

#### **Легкий полевой кабель П-274М**

Кабель состоит из двух одинаковых, свитых между собой, изолированных жил. Каждая жила состоит из четырех медных и трех стальных проволок. Для изоляции жил применяют полиэтилен. Изоляция имеет черный цвет, масса кабеля не более 15 кг/км, строительная длина 500 метров, электрическое сопротивление цепи постоянному току составляет 125 Ом/км, электрическое сопротивление изоляции не менее 1000 МОм/км. Дальность связи для низкочастотной телефонной связи 20 км. Кабель П-274М помимо

НЧ телефонной связи широко применяется для устройств абонентских линий сети внутренней связи на пунктах управления.

Кроме того, кабель П-274М может применяться для устройства линий дистанционного управления радиостанциями. Длина до 7 км. Для работы по кабелю может применяться военно-полевая аппаратура комплекса «Азур» П-330-1.