

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысоких частот и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

**СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

Томск-2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысоких частот и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. Кафедрой СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2011 г.

## **СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

### **РУКОВОДСТВО**

к компьютерной лабораторной работе по дисциплине  
“Волоконно-оптические локальные сети и системы  
кабельного телевидения ”  
для студентов специальности  
210401 “Физика и техника оптической связи”

Разработчики  
Доцент кафедры СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ Н.Д. Хатьков

ассистент кафедры СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ Д.Г. Осетров

студентка гр.350-1  
\_\_\_\_\_ Е.С. Лыткина

## **1 ВВЕДЕНИЕ**

Цель работы - на примере готовых программных модулей изучить структуру, электрические параметры и основные элементов систем кабельного телевидения, ознакомиться с условиями приема телевизионного сигнала, рассчитать уровни сигнала, шумов и помех комбинационных частот,

В последнее время структурированные кабельные системы (СКС) получают все большее распространение. Объясняется это тем, что качественный прием телевидения на комнатные антенны в городских многоэтажных домах невозможен. В этих условиях радиоволны, излученные антенной ТВ передатчика, проникают в квартиры одновременно по множеству различных по протяженности путей, и суммарный сигнал становится непригодным для воспроизведения на экране кинескопа телевизора четкого изображения. Установка на крышах многоквартирных городских домов индивидуальных приемных антенн, как это стало практиковаться в начале внедрения телевидения, недопустима по техническим, экономическим и эстетическим соображениям.

Необходимое качество приема у городских жителей было достигнуто за счет создания систем коллективного приема телевидения (СКПТ), в которых от благоприятно расположенных антенн по ветвящемуся кабелю осуществляется распределение качественных ТВ сигналов всем абонентам системы. В больших городах, где из-за разновысотной застройки образуются зоны радиомачт и зоны отраженных сигналов, создаются крупные системы типа «антенна — микрорайон» (КСКПТ), в которых антенны и головные станции (СГ) предварительной обработки сигналов могут быть вынесены за пределы этих зон. Такие системы с числом абонентов до нескольких тысяч называются системами кабельного телевидения (СКТВ).

## **2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Необходимые уровни ТВ сигналов у абонентов домовых распределительных сетей (СДР) обеспечиваются включенными на их входах домовыми усилителями (УД).

В распределительных сетях (СР) СКТВ по одному коаксиальному кабелю магистральных (ЛМ) и субмагистральных линий (ЛСМ) осуществляется передача сигналов нескольких ТВ каналов на расстояние 2 ... 3 км и более. Для компенсации затухания в ЛМ и ЛСМ через определенные интервалы включаются широкополосные высокочастотные усилители (соответственно УМ, УСМ).

Распределительные сети имеют полосу пропускания частот 40... 240 МГц, в которой могут одновременно распределяться сигналы 12 каналов диапазонов I—III телевидения и ОВЧ ЧМ сигналы вещания. Сигналы ТВ каналов IV и V диапазонов на СГ преобразуются в сигналы ТВ каналов I, II или III диапазонов, так как обеспечить непосредственное их распределение невыгодно из-за большого затухания коаксиальных кабелей на этих частотах.

Серийные телевизоры пока не позволяют использовать соседние каналы, поэтому общее число распределяемых в СКТВ ТВ каналов ограничивается пятью—шестью.

Поскольку СКТВ по мере расширения городского строительства и реконструкции застройки также развивается в направлении ее укрупнения, при ее проектировании монтаже закладываются такие параметры, которые обеспечивают возможность постепенного подключения сетей нижнего порядка к сетям высшего порядка.

## 2.1 Электрические параметры СКТВ и ее элементов

Все значения напряжений в СКТВ выражаются через уровни, представляющие собой отношение действующего напряжения сигнала  $u_c$ , В, к действующему опорному напряжению  $u_0 = 1$  мкВ, выраженное в дБмкВ:

$$E_c = 20 \cdot \lg\left(\frac{u_c}{u_0}\right) \quad (2.1)$$

Уровень телевизионного сигнала определяется эффективным значением напряжения несущей частоты сигнала изображения во время передачи синхроимпульса. Уровень собственного шума на входе активного элемента определяется пересчитанным к его входу эффективным значением напряжения флуктуационных тепловых шумов в полосе частот видеосигнала 5,75 МГц, дБмкВ:

$$U_{ш} = U_{ш75} + K_{шy} \quad (2.2)$$

где  $U_{ш75} = 2,4$  дБмкВ — уровень шума на сопротивление 75 Ом в полосе частот 5,75 МГц при температуре 294 К;  $K_{шy}$  — коэффициент шума активного элемента, показывающий, на сколько децибел собственный уровень шума этого активного элемента превосходит уровень шума сопротивления 75 Ом. Отношение сигнал-шум, дБ:

$$B_{ш} = E_c - U_{ш} \quad (2.3)$$

Отношение сигнал-помеха комбинационных частот представляет собой разность между выходным уровнем сигнала при частоте несущей изображения  $f$  и максимальным выходным уровнем помехи,

образовавшейся на другой частоте в результате взаимодействия выходных сигналов в рабочем диапазоне частот при усилении сигналов с уровнями и частотами в соответствии с  $(IMA_{III(K)})$ ,  $(IMA_{III(B)})$  и  $(IMA_{II(B)})$ , дБ, где:

$IMA_{III(K)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот третьего порядка, измеренное методом трех генераторов стандартных частот (ГСС) для систем с каналными телевизионными усилителями;

$IMA_{III(B)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот третьего порядка, измеренное методом трех ГСС для систем или частей систем с диапазонными и широкополосными усилителями; считается мерой для перекрестной модуляции и определяется ТУ на усилители (будет обозначаться  $V_{спу}$ ) или системы;

$IMA_{II(B)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот второго порядка, измеренное методом двух ГСС для систем или частей систем с широкополосными усилителями; в современных усилителях обеспечивается высокая симметрия их амплитудных характеристик и с помехами вида  $IMA_{II(B)}$ , как правило, можно не считаться (Рис. 1).

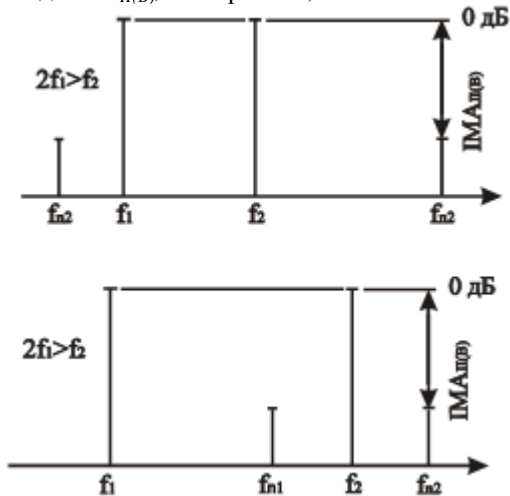


Рис.1. Измерение отношения сигнал-помеха для комбинационных частот второго порядка в РС, содержащих диапазонные и широкополосные усилители

Отношение сигнал-фоновая помеха, дБ:

$$B_{сф} = 201g(A/a) \quad (2.4)$$

$a$  — размах одной из огибающих.

Затухание элементов или частей СКТВ обозначается  $-A$  дБ, а усиление.  $+A$  дБ.

Затухание экранирования  $G_{\Sigma}$  дБ, представляет собой разность между уровнем нежелательного сигнала на входе (выходе) объекта экранирования и уровнем этого сигнала на полуволновом вибраторе, размещенном вместо объекта экранирования и ориентированного на максимум принимаемого сигнала.

Субъективная визуальная оценка наблюдателями качества изображения на экране телевизионных приемников производится в соответствии с табл.1

Таблица 1

Степень качества	Качество изображения	Ухудшение качества
5	Отличное	Незаметное
4	Хорошее	Чуть заметное (пороговое значение)
3	Удовлетворительное	Немного мешающее
2	Неудовлетворительное	Мешающее
1	Непригодное	Сильно мешающее

## 2.2 Условия приема телевизионного сигнала

Можно полагать, что у ТВ передатчиков, расположенных в черте города, основной лепесток ДН их антенн наклонен к поверхности Земли под углом порядка  $\xi = 1^\circ = 0,0175$  рад по отношению к горизонтали. При этом ось ДН встречается с поверхностью Земли на расстоянии, км:

$$= R_3 \cdot \left\{ \arcsin \left[ \frac{R_3 + H_A}{R_3} \cdot \sin \left( \arcsin \frac{R_3}{R_3 + H_A} - \xi \right) \right] - \arcsin \frac{R_3}{R_3 + H_A} + \xi \right\} \quad (2.5)$$

где  $R_3 = 6366$  км — радиус Земли;  $H_A$  — высота центра передающей антенны, км. Напряженность поля на уровне крыш высоких домов на этом расстоянии, дБмкВ/м:

$$E_{\Sigma A} = 107 + 10 \cdot \lg P_A + \varepsilon_{\text{пер}A/2} \quad (2.6)$$

где  $P_A$  — мощность в антенне, кВт;  $\mathcal{E}_{пер\lambda/2}$  — коэффициент усиления передающей антенны по отношению к полуволновому вибратору, дБ.

Напряжение на выходе приемной антенны (АП) на расстоянии  $R_A$ , км, от передатчика, дБмкВ:

$$U_{сАП} = E_{РА} + 33,57 - 20 \cdot 1g f - \mathcal{E}_{АП} \quad (2.7)$$

где  $f$  — частота ТВ канала, МГц;  $\mathcal{E}_{АП}$  — коэффициент усиления приемной антенны по отношению к полуволновому вибратору, дБ.

Напряжение  $U_{сАП}$ , за вычетом затухания кабеля  $A_k$  между приемной антенной и СГ, подводится к входу СГ, дБмкВ:

$$U_{сГ} = U_{сАП} - A_k \quad (2.8)$$

По мере приближения к передатчику напряженность поля будет определяться значениями коэффициента усиления его антенны  $\mathcal{E}_{\alpha\lambda/2}$ , где  $\alpha$  — угол наклона направления от центра антенны передатчика на точку приема. Значения  $\mathcal{E}_{\alpha\lambda/2}$  последовательно будут при этом проходить основной лепесток и ряд боковых лепестков ДН по углу места. Подобная картина будет и при изменении направления на точку приема по азимуту, где ДН также имеет переменное значение  $\mathcal{E}_{\alpha\lambda/2}$ .

В первом приближении можно принять, что истинная напряженность поля в месте установки приемных антенн ГС и при расположении передатчика на территории города не будет отличаться от определенной для  $R_A$  более чем на  $\pm 10$  дБмкВ/м.

Более достоверные результаты получают при предпроектном обследовании путем конкретных измерений.

В условиях застройки современных городов высотными зданиями и отражения от них радиоволн ТВ передатчиков в приемную антенну кроме основного поступают и запаздывающие по времени отраженные сигналы. Наличие одного такого, отстающего по времени сигнала вызывает появление на экране телевизора (справа от основного) ослабленного повторного позитивного или негативного изображения.

Интервал, на который сдвинуто изображение, пропорционален времени запаздывания или разности путей прямого и отраженного сигналов. Если изображение на экране сдвинуто на  $\Delta L$ , а длина строки на кинескопе  $L$ , то время запаздывания, мк:

$$t_3 = 52 \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad (2.9)$$

Разность путей прямого и отраженного сигналов, м:

$$\Delta l = 15600 \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad (2.10)$$

Если прямой сигнал прошел расстояние  $l_1$ , м, то отраженный сигнал прошел расстояние, м:

$$l_2 = l_1 + \Delta l \quad (2.11)$$

Объект, от которого отразился запаздывающий сигнал, обязательно лежит на эллипсе, у которого фокусы расположены в точках приема и излучения, а расстояние от первого фокуса до любой точки, лежащей на эллипсе, составляет, м:

$$\rho = l_2 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{l_1}{l_2} \right)^2 \right]^{1/2} / 1 + \left( \frac{l_1}{l_2} \right) \cdot \cos \varphi \quad (2.12)$$

где  $\varphi$  — угол между большой осью эллипса и направлением на эту точку (Рис. 2). Если угол между векторами основного и повторного сигналов  $\pm \beta_1 < \pi/2$ , то повторное изображение будет позитивным, если  $\pm \beta_1 > \pi/2$  — то негативным (Рис. 3).

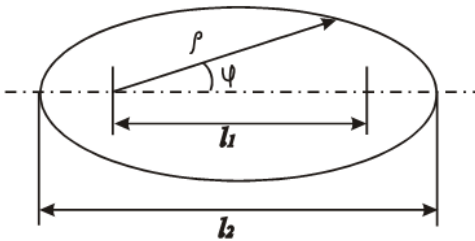


Рис. 2. Возникновение повторных сигналов при отражении от высотных зданий.

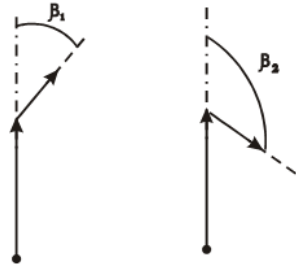


Рис. 3. Зависимость позитивности и негативности повторных изображений от углов между основным и отраженным сигналами

Зависимость порога заметности помех от интенсивности и времени запаздывания повторных сигналов была установлена экспериментально, и ею пользуются при проектировании и наладке СКТВ.



Количественному расчету уровни отраженных сигналов не поддаются, и их интенсивность выявляется при предпроектном обследовании возможных мест установки приемной антенны. Известно, что относительно более высокие уровни отраженных сигналов возникают на низкочастотных ТВ каналах.

Для исключения мешающих отраженных сигналов в СКТВ принимаются следующие меры:

отыскивается в допустимых пределах удаления от центра района СКТВ место установки приемных антенн СГ с минимальным уровнем отраженных сигналов;

применяются канальные приемные антенны с ДН, обладающими более высокой помехозащищенностью, чем диапазонные антенны;

используются сложные антенные системы, обеспечивающие компенсацию отраженных сигналов.

В перспективе радикальным способом избавления от помех при приеме сигналов ТВ на СГ СКТВ является подача этих сигналов по стекловолоконным или специальным радиорелейным линиям.

Существенное влияние на систему использования ТВ каналов в СКТВ оказывает недостаточное экранирование телевизоров. В СКТВ недопустимо наличие даже единиц процентов абонентов с некачественными сигналами. Этими абонентами могут оказаться жители верхних этажей домов, окна квартир которых обращены в сторону передающей ТВ антенны. Внутри этих квартир ослабление внешнего поля ТВ передатчика может не превышать 10 дБ.

Согласно ТУ на телевизоры уровень их экранирования  $G_3 > 40$  дБ для I и  $G_3 > 50$  дБ для II и III диапазонов.

Уровень поля мощных ТВ передатчиков на территории города может быть близким к  $E=110$  дБмкВ/м. При этом на входе телевизора возникнет напряжение, дБмкВ:

$$U_{ТВ} = 23,57 - 20 \cdot \lg f - G_3 \quad (1.13)$$

Для первого ТВ канала на входе ТВ приемника наводится мешающий сигнал  $U_{ТВ}=60$  дБмкВ при норме ГОСТа на основной сигнал 57 ... 84 дБмкВ. Наведенный сигнал на много микросекунд будет опережать основной, переданный по СР от СГ, и его мешающее действие выразится в появлении на экране телевизора так называемого «левого повтора». При существующем уровне экранирования телевизоров единственным путем избавления в СКТВ от помех вида «левых повторов» является изменение номера ТВ канала в СР путем конвертирования на СГ частоты принимаемого ТВ канала с заменой его частоты частотой ТВ канала, не занятой передачей телевидения в данном городе. Такое конвертирование необходимо осуществлять для

всех распределенных в СКТВ каналов, во всех крупных городах, где ТВ передатчики расположены на их территории. Избежать конвертирования в метровом диапазоне будет возможно лишь тогда, когда коэффициент  $G_3$  телевизоров будет увеличен до 70 ... 80 дБ.

## 2.3 Расчет уровней сигнала, шумов и помех комбинационных частот в СКТВ

### 2.3.1 Приемная ТВ антенна

Эффективная температура шумов приемной ТВ антенны  $T_A$  с учетом тепловых шумов окружающей среды, шумов радиоизлучения Галактики и шумов сопротивления потерь антенны зависит от частоты (Рис.4). Антенна приемная (АП) всегда согласована с сопротивлением 75 Ом. Эффективное напряжение шумов АП на этом сопротивлении (т. е. на входе антенного фидера), дБмкВ:

$$U_{шАП} = U_{ш75} + 10 \cdot \lg \left( \frac{T_A}{T_0} \right) \quad (1.14)$$

где  $U_{ш75} = 2,4$  дБмкВ – напряжение шумов сопротивления 75 Ом в полосе ТВ канала при температуре  $T_0 = 300$  К.

Отношение сигнал-шум на входе антенного фидера, дБ:

$$B_{сшАП} = U_{сАП} - U_{шАП} \quad (1.15)$$

### 2.3.2 Головная станция (СГ)

Конкретное место размещения аппаратуры СГ определяется экспериментально выбранным пунктом установки ее антенн, в котором качество принимаемых ТВ каналов было бы не ниже четырех баллов.

На основании данных проекта известны протяженность и затухание фидеров  $A_{\phi}$  между антеннами и аппаратурой СГ. Отсюда определяется напряжение полезного ТВ сигнала на входе СГ, дБмкВ:

$$U_{сСГж} = U_{сАП} - A_k \quad (1.16)$$

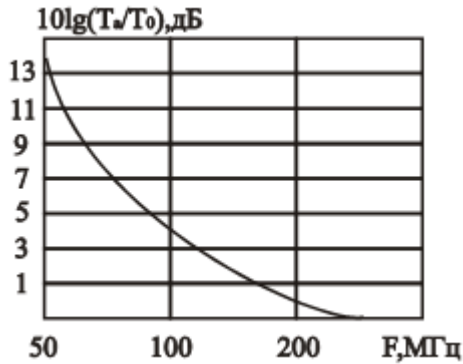


Рис. 4. Зависимость отношения  $10\lg(T_a/T_o)$  от частоты принимаемого ТВ радиосигнала

Если  $U_{cCG\text{вх}}$  больше номинального входного сигнала  $U_{cCG\text{вхн}}$ , то на входе СГ включается аттенуатор, снижающий уровень  $U_{cCG\text{вх}}$  до значения  $U_{cCG\text{вхн}}$ . Если уровня полезного сигнала не хватает, то около приемной антенны устанавливается усилитель антенный (УА).

При отсутствии УА от приемной антенны на вход СГ поступает полезный сигнал с уровнем  $U_{cCG\text{вхн}}$  и шум антенны с уровнем, дБмкВ:

$$U_{\text{шАПТСГ}} = U_{cCG\text{вхн}} - U_{c\text{шАП}} \quad (1.17)$$

Пересчитанный к входу собственный уровень шума СГ, дБмкВ:

$$U_{\text{шСГж}} = 2,4 + K_{\text{шСГ}} \quad (1.18)$$

Суммарный уровень шума на входе СГ, дБмкВ:

$$U_{\text{шСГж}\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1U_{\text{шАПТСГ}}} + 10^{0,1U_{\text{шСГж}}}) \quad (1.19)$$

Отношение сигнал-шум на входе (и на выходе) СГ, дБ:

$$B_{c\text{шСГ}} = U_{cCG\text{вхн}} - U_{\text{шСГж}\Sigma} \quad (1.20)$$

Уровень полезного сигнала на выходе СГ, дБмкВ:

$$U_{cCG\text{вхн}} = U_{cCG\text{вхн}} + A_{\gamma\text{СГ}} \quad (1.21)$$

где  $A_{\gamma\text{СГ}}$  — затухание усилителей СГ, дБ.

При наличии УА полагаем, что уровень полезного сигнала на его входе может быть установлен равным его номинальному значению  $U_{сУАВХН}$ . При этом от приемной антенны на вход УА поступает напряжение шума с уровнем дБмкВ:

$$U_{шАТТ\УА} = U_{с\УА\ВХН} - B_{сшАТТ} \quad (1.22)$$

Пересчитанный к входу УА уровень его собственного шума, дБмкВ:

$$U_{ш\УА\ВХ} = 2,4 + K_{ш\УА} \quad (1.23)$$

Суммарный уровень шума на входе УА, дБмкВ:

$$U_{ш\УА\ВХ\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot U_{шАТТ\УА}} + 10^{0,1 \cdot U_{ш\УА\ВХ}}) \quad (1.24)$$

Отношение сигнал-шум на входе (и на выходе) УА, дБ:

$$B_{сш\УА} = U_{с\УА\ВХН} - U_{ш\УА\ВХ\Sigma} \quad (1.25)$$

Уровень полезного сигнала на выходе УА, дБмкВ:

$$U_{с\УА\В\У\У\В\У\В\У\В} = U_{с\УА\ВХН} + A_{у\УА} \quad (1.26)$$

Полагаем, что этот уровень достаточен, чтобы установить на входе СГ номинальный входной уровень полезного сигнала, дБмкВ:

$$U_{сСГ\В\У\В} = U_{с\УА\В\У\У\В\У\В\У\В} - A_{\phi} - A_{\lambda} \quad (1.27)$$

где  $A_{\lambda}$  — дополнительное затухание аттенюатора.

Уровень внешнего шума, дБмкВ:

$$U_{шСГ\В\У\В} = U_{сСГ\В\У\В} - B_{сш\УА} \quad (1.28)$$

Суммарный уровень шума на входе СГ при этом, дБмкВ:

$$U_{шСГ\В\У\В\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot U_{шСГ\В\У\В}} + 10^{0,1 \cdot U_{ш\УА\ВХ}}) \quad (1.29)$$

Отношение сигнал-шум на входе (на выходе) СГ, дБ:

$$B_{сшСГ} = U_{сСГвхл} - U_{шСГвхл} \quad (1.30)$$

Выходной уровень сигнала каждого ТВ канала у СГ равен номинальному, дБмкВ:

$$U_{сСГвхл} = U_{сСГвхл} + A_{уСГ} \quad (1.31)$$

Запасы в выполнении норм ГОСТов на отношения сигнал-шум  $\Delta_{ш}$  и сигнал-помеха  $\Delta_{п}$  при сложении сигналов на выходе СГ фильтровым методом, дБ:

$$\Delta_{сшСГ} = B_{сшСГ} - B_{сшГОСТ} \quad (1.32)$$

При сложении сигналов на мостовых схемах с последующим их усилением на выходе СГ групповым усилителем должны быть учтены шумы и помехи комбинационных частот, вносимые этим усилителем.

### 2.3.3 Магистральные линии (ЛМ) распределительной сети

Изложенное ниже справедливо и для субмагистральных линий. Магистральные линии представляют собой отдельные интервалы (ИЛМ), каждый из которых состоит из магистрального усилителя и отрезка высокочастотного кабеля с затуханием на высшей частоте диапазона (240 МГц), равным в первом приближении усилению усилителя.

В СКТВ принято обеспечивать на выходе усилителей СР равные между собой уровни сигналов всех распределяемых ТВ каналов. Для достижения такого равенства на входе каждого УМ включен входящий в его состав регулятор наклона АЧХ (РН) с АЧХ, обратной АЧХ отрезка кабеля. Затухание РН на частоте 240 МГц при изменении наклона его АЧХ не изменяется. Установка необходимого наклона АЧХ (РН) у всех УМ при наладке смонтированной ЛМ осуществляется вручную, начиная от СГ, при этом выходные уровни всех распределяемых ТВ каналов для каждого УМ уравниваются между собой. Кроме РН на входе каждого усилителя включен аттенюатор для уточнения уровня ТВ каналов. Затухание отрезков кабеля ИЛМ для обеспечения возможности регулировки принимается при проектировании несколько меньшим усиления  $A_y$  усилителей (в том числе учитывается возрастание затухания кабелей при старении).

Уровень шума усилителя, пересчитанный к его входу, не зависит от уровня сигнала, дБмкВ:

$$U_{\text{шy}} = U_{\text{ш75}} + K_{\text{шy}} = 2,4 + K_{\text{шy}} \quad (1.33)$$

Уровень помех комбинационных частот возрастает с увеличением уровня сигналов ТВ каналов. Эти помехи возникают как результат нелинейности 3-й степени амплитудной характеристики усилителей, В:

$$u_{\text{сск}} = \alpha_y \cdot u_{\text{сск}} + \alpha_2 \cdot u_{\text{сск}}^2 + \alpha_3 \cdot u_{\text{сск}}^3 \quad (1.34)$$

В технических условиях на усилитель определены: усиление, дБ:

$$A_y = 20 \cdot \lg \alpha_y \quad (1.35)$$

отношение сигнал-помеха комбинационных частот, дБ:

$$B_{\text{скy}} = 20 \cdot \lg(u_y / u_{\text{скy}}) = 20 \cdot \lg b_{\text{скy}} \quad (1.36)$$

при номинальном выходном сигнале:

$$U_y = 20 \cdot \lg u_y \quad (1.37)$$

и измерении помех комбинационных частот по методу трех ГСС (имитирующих два ТВ канала); коэффициент шума, дБ:

$$K_{\text{шy}} = U_{\text{шy}} - U_{\text{ш75}} \quad (1.38)$$

где  $U_{\text{шy}}$  - уровень собственных шумов усилителя, пересчитанный к его входу;  $U_{\text{ш75}}$ -уровень собственных шумов сопротивления 75 Ом. Исходя из этих значений

$$\alpha_3 = 8 \cdot \alpha_y^3 / 3 \cdot b_{\text{скy}} \cdot u_{\text{сск}}^2 \quad (1.39)$$

откуда отношение сигнал-помеха

$$b_{сн} = b_{снy} \cdot u_y^2 / \alpha_y^2 \cdot u_{сн}^2 \quad (1.40)$$

в логарифмическом масштабе, дБ:

$$B_{сн} = -2 \cdot U_c + B_{снy} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y \quad (1.41)$$

При  $V_{сн} = V_{снy}$  уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_{сн} = U_y - A_y \quad (1.42)$$

Напряжение  $U_y$  и отношение  $V_{снy}$  приводятся в ТУ на усилитель для двух каналов, а для  $m$  каналов, дБ:

$$B_{сн} = -2 \cdot U_c + B_{снy} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y - 20 \cdot \lg(m/2) \quad (1.43)$$

При этом если  $V_{сн} = V_{снy}$ , то уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_{сн} = U_y - A_y - 10 \cdot \lg(m/2) \quad (1.44)$$

Таким образом, чтобы при каждом удвоении числа ТВ каналов  $V_{сн}$  оставалось бы неизменным, необходимо снижать уровень сигнала каждого из каналов на 3 дБ. Эта рекомендация имеется в ГОСТ 11216—83. Однако в этом же ГОСТе указывается, что в этом случае надлежит снижать уровень  $U_c$  на  $7,51g(m-1)$  дБ. Это объясняется тем, что  $7,51g(m-1) \sim 101g(m/2)$ .

При последовательном включении ИЛМ пересчитанные к входам их усилителей шумы будут суммироваться по мощности, а помехи комбинационных частот на выходах усилителей — по напряжению. Для  $n$  последовательно включенных ИЛМ, дБ:

$$B_{сш} = U_c - U_{шy} - 10 \cdot \lg n \quad (1.45)$$

$$B_{сн} = -2 \cdot U_c + B_{снy} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y - 20 \cdot \lg(m/2) - 20 \cdot \lg n \quad (1.46)$$

Следовательно, при каждом возрастании уровня сигнала на 1дБ отношение  $V_{сш}$  улучшается на 1 дБ, а  $V_{сн}$  ухудшается на 1дБ и, наоборот,

при убывании уровня сигнала на 1 дБ отношение  $V_{сш}$  ухудшается на 1 дБ, а  $V_{сш}$  улучшается на 2 дБ. Отсюда вытекает, что уровень сигнала  $U_c$  следует выбирать таким, при котором запас в выполнении нормы ГОСТа по шумам  $\Delta_{сш}=V_{сш}-V_{сшГОСТ}$  гост был бы в 2 раза меньше запаса по помехам комбинационных частот  $\Delta_{сш}=V_{сш}-V_{сшГОСТ}$ . Имея в виду, что  $V_{сш} = V_{сшГОСТ}$ , получаем, дБ:

$$\Delta_{сш} = 0,5 \cdot (U_y - U_{сш} - 10 \cdot \lg(m/2) - A_y - 20 \cdot \lg n - B_{сшГОСТ}) \quad (1.47)$$

$$\Delta_{сш} = 2 \cdot \Delta_{сш} \quad (1.48)$$

При этом имеем уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_c = 0,5 \cdot [U_y - A_y + U_{шy} + B_{сшГОСТ} - 10 \cdot \lg(m/2)] \quad (1.49)$$

Уровень такого оптимизированного по запасам в выполнении норм на  $V_{сшГОСТ}$  и  $V_{сшГОСТ}$  сигнала не зависит от числа ИЛМ в ЛМ и определяется только параметрами данного типа усилителя:  $A_y$ ;  $U_y$ ;  $U_{шy}$  и числом ТВ каналов  $m$ . Распределительные сети, в которых для каждого усилителя выбран оптимальный уровень сигнала, удовлетворяют требованиям ГОСТа о возможности их развития или присоединения к более крупным СКТВ без изменения режима работы. При этом должны лишь выполняться условия обеспечения необходимых уровней  $U_c$  на стыках сетей.

Мера совершенства современных УМ (УСМ) определяется достигнутыми в заданном диапазоне частот (40 ... 240 МГц) малым значением  $K_{шy}$  их входных каскадов и большим выходным уровнем  $U_y$  каскадов выходных. Усиление усилителей  $A_y$  может быть обеспечено различным практически без изменения  $K_{шy}$  и  $U_y$  за счет изменения усиления промежуточных каскадов. Необходимо определить, при каком  $A_y$  будет достигнута наибольшая протяженность ЛМ с заданными  $V_{сш}=V_{сшГОСТ}$  и  $V_{сш}=V_{сшГОСТ}$ . При этом, очевидно,  $\Delta_{сш}=0$  и  $\Delta_{сш}=0$ , т. е.

$$U - B - U - 10 \cdot \lg(m/2) - A - 20 \cdot \lg n = 0 \quad (1.50)$$

Значение  $U_y - B_{сшГОСТ} - U_{шy} - 10 \lg(m/2) = G$  задано и постоянно. Тогда  $G - A_y - 20 \lg n = 0$  и  $n = 10^{0,05(G - A_y)}$ . Затухание ЛМ, дБ:



$$A_{\text{ЛМ}} = n \cdot A_y = 10^{0,05(G-A_y)} \cdot A_y \quad (1.51)$$

Максимум  $A_{\text{ЛМ}}$  будет тогда, когда  $dA_{\text{ЛМ}}/dA_y = 1/A_y \lg 10 - 1/20 = 0$ , откуда  $A_{y_{\text{max}}} = 0,868$  дБ или  $\alpha_{y_{\text{max}}} = e = 2,718$  дБ.

Полученный результат свидетельствует о невыгодности применять при больших затуханиях ЛМ усилители с большими коэффициентами усиления. В то же время нет достаточных оснований иметь усилители с  $A_y = 8,686$  дБ, так как окажется необходимым применить их неоправданно много. Компромиссным является использование для ЛМ и ЛСМ усилителей с усилением, лежащим между 15 и 26 дБ, что и реализовано у УМ нового выпуска.

Задавшись определенным запасом в выполнении на участке ЛМ норм ГОСТа на отношение сигнал-шум  $A_{\text{сшЛМ}}$  и приняв в ЛМ оптимизированный уровень сигнала  $U_{\text{сЛМ}}$  можно определить протяженность ЛМ с таким запасом при заданных характеристиках УМ и затухании кабеля  $A_k$ , дБ/км.

Число усилителей в ЛМ:

$$n = 10^{0,05(U_y - A_{\text{сшГОСТ}} - U_{\text{шУ}} - 10 \lg(m/2) - A_y - A_{\text{сшЛМ}})} \quad (1.52)$$

Затухание ЛМ, дБ:

$$A_{\text{ЛМ}} = n \cdot A_y \quad (1.53)$$

Протяженность ЛМ, км:

$$L_{\text{ЛМ}} = A_{\text{ЛМ}} / A_k \quad (1.54)$$

### 2.3.4 Домовая распределительная сеть (СДР)

Указанная сеть может выполняться в двух вариантах: с распределительным кабелем, проложенным непосредственно через квартиры, когда абонентские коробки (КА) установлены вблизи абонентских разветвителей (РА), включенных в этот кабель, и абонентских кабелей между РА и КА по существу нет;

с распределительным кабелем, проложенным вдоль лестничной клетки каждого подъезда, когда от установленных на каждом этаже РА в каждую квартиру к КА отходят абонентские кабели протяженностью порядка 20 м.

Для осуществления контроля исправности и ремонта СДР, постоянной по первому варианту, необходимо проникать в квартиры, по второму — этого не требуется. В нашей стране принято выполнять СДР только с распределительным кабелем, проложенным вдоль лестничных клеток.

Общим принципом устройства РА является обеспечение защиты СДР от вредных последствий замыкания или обрыва абонентского кабеля в квартирах абонентов. С этой целью используются направленные ответвители с различными коэффициентами ослабления в отводы, выполненные либо на отрезках длинных линий (РА старой конструкции), либо на мостовых схемах с трансформаторами на ферритах (РА новой конструкции).

Абонентские распределители на отрезках длинных линий имеют частотно-зависимые коэффициенты ослабления в отводы, у РА на мостовых схемах такой зависимости нет.

Простейшее исполнение СДР — это использование РА с неизменными коэффициентами ослабления на всех этажах, однако при этом число абонентов, которое можно обеспечить сигналами от одного УД, сокращено из-за излишнего расхода энергии абонентами, подключенными в начале распределительного кабеля. Оптимальным было бы такое распределение, при котором на каждом этаже обеспечивался бы у абонента сигнал номинального уровня. Однако это нереально, так как требует наличия неограниченного числа градаций ослабления в отводы у РА. Расчеты показывают, что вполне удовлетворительный результат дает выпуск РА на три-четыре значения ослабления в отводы, что и реализовано в новых типах РА.

Расчет уровней сигналов ТВ каналов, шумов и помех комбинационных частот в СДР проводится, начиная с определения входного и выходного сигналов выбранного типа УД. Входной сигнал УД, дБмкВ:

$$U = 0,5 \left[ U_{уД} - A_{уД} - U_{шУД} + B_{смГОСТ} - 10 \cdot \lg(m/2) \right] \quad (1.55)$$

Выходной сигнал, дБмкВ:

$$U_{сУДэк} = U_{сУДк} + A_{уД} \quad (1.56)$$

Запасы в выполнении норм ГОСТа на участие СДР, дБ:

$$\Delta_{смУД} = U_{сУДк} - U_{шУД} - B_{смГОСТ}; \quad \Delta_{снУД} = 2 \cdot \Delta_{смУД} \quad (1.57)$$

Расчеты уровней сигналов ТВ каналов у абонентов проводятся для ТВ канала, имеющего высшую частоту из распределяемых в СКТВ. Для выбранного типа распределительного кабеля определяется затухание  $A_3$  его отрезка между соседними РА, т. е. между этажами. Рекомендуемый минимально допустимый уровень на отводе РА  $U_{\text{отв min}}=70$  дБмкВ.

Составляется таблица значений  $U_{\text{отв}}$  для всех  $l$  этажей здания, начиная от ближайшего к УД, причем для каждого этажа выбирается такой РА, при котором с минимальным запасом выполнялось бы требование  $U_{\text{отв}} \geq U_{\text{отв min}}$ .

Проходное затухание  $PA_k$ , равное  $A_{PAk}$ , учитывается при определении входного сигнала  $PA_{(k+1)}$  следующего этажа, дБмкВ:

$$U_{PA_{\text{вх}}(k+1)} = U_{PA_{\text{вх}}k} - A_{PAk} - A_3 \quad (1.58)$$

Уровень сигнала на отводе  $PA_{(k+1)}$ , дБмкВ:

$$U_{PA_{\text{отв}}(k+1)} = U_{PA_{\text{вх}}(k+1)} - A_{PA_{\text{отв}}(k+1)} \quad (1.59)$$

Таблица заполняется до последнего этажа, если выполняется условие  $U_{PA_{\text{отв}l}} \geq 70$  дБмкВ. В случае, если  $U_{PA_{\text{отв}l}}$  значительно больше 70 дБмкВ, то проверяется, возможно ли осуществить питание от одного УД двух соседних подъездов.

Если оказалось, что на  $k$ -м этаже ( $k < l$ ) уже не удастся получить на отводе РА уровень напряжения 70 дБмкВ, то проверяется вариант установки около УД разветвителя мощности на два направления. По одному из отводов подается питание на возможное число ближайших этажей. На остальные этажи питания поступает по отдельному распределительному кабелю от второго отвода. Такая схема питания позволяет увеличить число питаемых абонентов на 20... 25%.

Если и это решение не обеспечивает питанием всех абонентов данного подъезда, то в конце первого распределительного кабеля, когда от него уже не удастся получить нужного уровня напряжения на абонентском отводе РА, устанавливается второй УД, от которого осуществляется питание остальных абонентов. Для этих абонентов необходимо дополнительно учесть шумы и помехи, вносимые вторым УД.

### 2.3.5 Порядок определения общих запасов СР и СКТВ в выполнении норм ГОСТа на $V_{\text{сшГОСТ}}$ и $V_{\text{снГОСТ}}$ .

На основании данных о протяженности ЛМ и ЛСМ и выбора типа кабеля для их исполнения определяются затухания  $A_{\text{ЛМ}}$  и  $A_{\text{ЛСМ}}$ . При этом к затуханию кабеля добавляется 5% на его старение, а также проходное затухание всех ответвителей, включенных в СР в соответствии с принятой планировкой разводки кабеля по территории города.

Для расчета общих запасов СР в выполнении норм на  $V_{\text{сш}}$  и  $V_{\text{сн}}$  выбирается максимальное суммарное затухание части ЛМ от СГ до ответвления ЛСМ и полного затухания ответвившейся ЛСМ ( $A_{\text{ЛМ}}$  и  $A_{\text{ЛСМ}}$  соответственно). Далее для ЛМ выбираются усилители УМ с усилением  $A_{\text{ум}}$ , для ЛСМ — усилители УСМ с усилением  $A_{\text{усм}}$  и для СДР — усилители УД с усилением  $A_{\text{ууд}}$ . Находится число ИЛМ и ИЛСМ (с округлением до целого в сторону увеличения):

$$\begin{aligned} n_{\text{ЛМ}} &= A_{\text{ЛМ}} / A_{\text{ум}} \\ n_{\text{ЛСМ}} &= A_{\text{ЛСМ}} / A_{\text{усм}} \end{aligned} \quad (1.60)$$

Определяются уровни сигналов  $U_{\text{М}}$ ;  $U_{\text{ССМ}}$  и  $U_{\text{ССДР}}$  (с учетом параметров выбранных усилителей и числа распределяемых ТВ каналов). Проектом предусматривается обязательная установка этих уровней на стыках СГ и ЛМ, ЛМ с ЛСМ и ЛСМ с СДР, для чего закладываются необходимые запасы уровней сигналов на этих стыках.

Находятся раздельно для ЛМ, ЛСМ и СДР запасы в выполнении норм на  $V_{\text{сшГОСТ}}$  и  $V_{\text{снГОСТ}}$ ;  $\Delta_{\text{сш м}}$  и  $\Delta_{\text{сн м}}$ ,  $\Delta_{\text{сш см}}$  и  $\Delta_{\text{сн см}}$ ,  $\Delta_{\text{сш сдр}}$  и  $\Delta_{\text{сн сдр}}$ .

Определяются общие запасы СР в выполнении норм на шумы и помехи комбинационных частот:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{сш СР}} &= -10 \cdot \lg(10^{-0,1 \Delta_{\text{сш ЛМ}}} + 10^{-0,1 \Delta_{\text{сш ЛСМ}}} + 10^{-0,1 \Delta_{\text{сш СДР}}}) \\ \Delta_{\text{сн СР}} &= 2 \cdot \Delta_{\text{сш СР}} \end{aligned} \quad (1.61)$$

Учитываются шумы и помехи комбинационных частот СГ, дБ:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{сш СКТВ}} &= -10 \cdot \lg(10^{-0,1 \Delta_{\text{сш СР}}} + 10^{-0,1 \Delta_{\text{сш СГ}}}) \\ \Delta_{\text{сн СКТВ}} &= -20 \cdot \lg(10^{-0,05 \Delta_{\text{сн СР}}} + 10^{-0,05 \Delta_{\text{сн СГ}}}) \end{aligned} \quad (1.62)$$

Полученные запасы  $\Delta_{\text{смСКТВ}}$  и  $\Delta_{\text{смСКТВ}}$  должны обеспечить выполнение норм ГОСТа при изменении параметров кабеля под влиянием перепадов температуры окружающей среды и воздействии других дестабилизирующих работу сети факторов.

В расчетах уровней сигналов не учитывались помехи из-за сигналов, отраженных от мест рассогласованных соединений элементов СКТВ и кабелей. Это объясняется тем, что все широкополосные активные и пассивные элементы и кабели СКТВ обеспечивают необходимую меру точности равенства их входных и выходных сопротивлений номинальному значению (75 Ом), исключаящую возникновение заметных амплитуд отраженных сигналов.

### 2.3.6 Влияние изменения затухания высокочастотных кабелей на характеристики распределительной сети

Наибольшее влияние на характеристики СР оказывает изменение затухания высокочастотных кабелей под воздействием перепадов температуры внешней среды на высшей частоте диапазона СКТВ ( $f_v=240$  МГц). Дальнейший анализ проводится с учетом этой частоты.

Затухание кабеля одного ИЛМ протяженностью  $l_n$ , м, на частоте  $f_x$ , МГц, при температуре  $t_y^0$  С, дБ:

$$A_{\text{зху}} = A_0 \cdot l_x \sqrt{f_x/f_0} [1 + 0,0015(t_y - t_0)] \quad (1.63)$$

где  $A_0$ - затухание 1 м кабеля на частоте  $f_0$ , МГц, при температуре  $t_0$ , град.

Затухание РН в зависимости от частоты определяется по формуле, дБ:

$$A_{\text{РЗ}} = A_0 \cdot l_x [1 + 0,0015(t_p - t_0)] \cdot (\sqrt{f_z} - \sqrt{f_x}) / \sqrt{f_0} \quad (1.64)$$

где  $t_p$ - расчетная температура внешней среды, равная среднему арифметическому максимальной ( $t_+$ ) и минимальной ( $t_-$ ) температур:

$$t_p = 0,5(t_+ - t_-) \quad (1.65)$$

Суммарное затухание кабеля и РН одного ИЛМ при расчетной температуре  $t_p$  не зависит от частоты и определяется по формуле, дБ:

$$A_{\text{ур}} = A_{\text{урр}} + A_{\text{рлж}} = A_0 \cdot l_{\text{л}} \cdot \left[ 1 + 0,0015(t_{\text{р}} - t_0) \cdot \sqrt{f_{\text{с}}/f_0} \right] \quad (1.66)$$

Для ТВ канала, имеющего  $t_{\text{в}}$ , максимальное изменение суммарного затухания одного ИЛМ при изменении температуры от  $t_{\text{р}}$  до  $t_{\pm}$ , дБ:

$$H_{\text{ухр}} = A_0 \cdot l_{\text{л}} \sqrt{f_{\text{с}}/f_0} \left[ 1 + 0,0015(t_{\text{р}} - t_0) \right] \quad (1.67)$$

При  $t_{\text{р}}$  затухание ИЛМ равно усилению  $A_{\text{у}}$  УМ и при  $t_{\pm}$  изменение затухания составит, дБ:

$$H_{\text{у}\pm} = \pm A_{\text{у}} \cdot 0,0015 \cdot 0,1(t_{\pm} - t_{\text{р}}) \quad (1.68)$$

Если принять, что при прокладке кабеля в телефонной канализации  $t_{+} - t_{-} = 20^{\circ}\text{C}$ , а  $A_{\text{у}} = 20$  дБ, то  $H_{\text{у}\pm} = \pm 0,3$  дБ.

При подвеске кабеля на открытом воздухе  $t_{+} - t_{-} = 100^{\circ}\text{C}$  и  $H_{\text{у}\pm} = 1,5$  дБ.

Изменение уровня сигнала на выходе ЛМ из  $n_{\text{л}}$  ИЛМ составит, дБ:

$$\delta_{\text{лм}} = n_{\text{л}} H_{\text{у}\pm} = A_{\text{урр}} \cdot 0,0015 \cdot 0,5(t_{\pm} - t_{\text{р}}) \quad (1.69)$$

где  $A_{\text{урр}}$  - затухание ЛМ на частоте  $f_{\text{в}}$  при температуре  $t_{\text{р}}$ . Выходной уровень ЛСМ изменится подобным образом, дБ:

$$\delta_{\text{лсм}} = n_{\text{лсм}} H_{\text{у}\pm} = A_{\text{лсм}} \cdot 0,0015 \cdot 0,5(t_{\pm} - t_{\text{р}}) \quad (1.70)$$

Общее изменение уровня СР, равное сумме изменений ЛМ (до ответвления ЛСМ) и ЛСМ, дБ:

$$\delta_{\text{лср}} = \delta_{\text{лм}} + \delta_{\text{лсм}} \quad (1.71)$$

Приняв для приблизительной оценки допустимое изменение уровня на выходе СР равным 3 дБ, имеем максимально допустимое суммарное затухание СР без пилотного регулирования (РП), дБ:

$$A_{\text{српмж}} = 3,2 / 0,0015(t_{\pm} - t_{\text{р}}) \quad (1.72)$$

При прокладке кабеля в телефонной канализации  $A_{CPmax}=200$  дБ, при подвеске на открытом воздухе  $A_{CPmax}=30$  дБ, т.е. в первом случае возможно выполнять СР без пилотного регулирования до 10 ИЛМ, во втором- только в составе одного ИЛМ.

Мера  $q$  пилотного регулирования (РП) усиления усилителя определяется отношением изменения выходного напряжения усиливаемого им пилот-сигнала  $\Delta U_{РПвых}$  дБ, к изменению его входного напряжения  $\Delta U_{РПвх}$  их, дБ:

$$q = \Delta U_{РПвых} / \Delta U_{РПвх} \quad (1.72)$$

Кроме параметра  $q$  ТУ на усилитель определяется также пределы изменения входного уровня пилот-сигнала  $\Delta U_{РП\pm}$ , дБ, в которых действует РП с параметром  $q$ . Для усилителя УМ-222  $q=0,1$  при  $\Delta U_{РП\pm}=\pm 5$  дБ.

Усилители магистральные с РП включаются в ЛМ через такое число ИЛМ, на котором накапливается  $\Delta U_{UM\pm}$ , близкое к  $\Delta U_{РП\pm}$ , но с некоторым запасом.

### 2.3.7 Условия эксплуатации СКТВ

При проектировании СКТВ наибольшие трудности вызывает определение места размещения приемных антенн головной станции. Предпроектное обследование не всегда возможно, так как бывает, что дома, для которых проектируется СКТВ, еще не построены. Может быть и так, что правильно выбранное место позднее окажется непригодным из-за влияния вновь возведенных зданий. Во многих случаях в районе создания СКТВ всеобщее не удастся отыскать место, где можно принять ТВ сигнал высокого качества. Логическим выходом при таких сложившихся условиях является получение ТВ программ на СГ непосредственно из студий телецентра по РРЛ или ВОЛС, минуя эфир.

В варианте использования РРЛ на опоре антенн телецентра города дополнительно устанавливаются несколько антенн, на каждую из которых подается один и тот же суммарный сигнал нескольких (по числу ТВ каналов) передающих комплектов стволов РРЛ. Диаграммы направленности антенн РРЛ ориентируются в выбранных оптимизированных направлениях, определяемых планировкой города.

На базовых СГ, находящихся в секторах ДН антенн РРЛ, осуществляется прием переданных сигналов, которые затем с выходов приемных комплектов стволов РРЛ подводятся к модуляторам-

передатчикам, создающим в СР сигналы ТВ каналов нужных номеров ТВ диапазонов I—III.

Высококачественные сигналы этих ТВ каналов с базовых СГ передаются на соседние СГ, находящиеся в радиусе до 3 км при использовании кабельных линий связи и до 10 км при ВОЛС. Таким образом, может быть телефицирована вся территория большого города.

Благодаря малому затуханию ВОЛС позволяют обеспечить ТВ сигналами без промежуточного усиления все СГ города. Путем модуляции света ЧМ сигналом промежуточной частоты РРЛ 70 МГц в режиме ограничения по одному волокну пока может быть организован только один ТВ канал. Такое решение позволит унифицировать системы распределения ТВ каналов по РРЛ и ВОЛС.

Полная замена в СКТВ коаксиальных кабелей волоконно-оптическими встречает целый ряд возражений. Стоимость коаксиальных медных кабелей не превышает 10% стоимости всего оборудования СКТВ, следовательно, существенной экономии такой заменой достичь нельзя, тем более что стекловолоконный кабель стоит в настоящее время дороже коаксиального медного кабеля. Кроме того, в ветвящейся СР СКТВ теряется преимущество ВОЛС в затухании и, наоборот, возникают серьезные трудности в ветвлении сигналов. Усложняется монтаж: если коаксиальный кабель присоединяется к элементам под зажим, то стекловолокно требует сварки. Стекловолоконные разъемы представляют собой изделия точной механики.

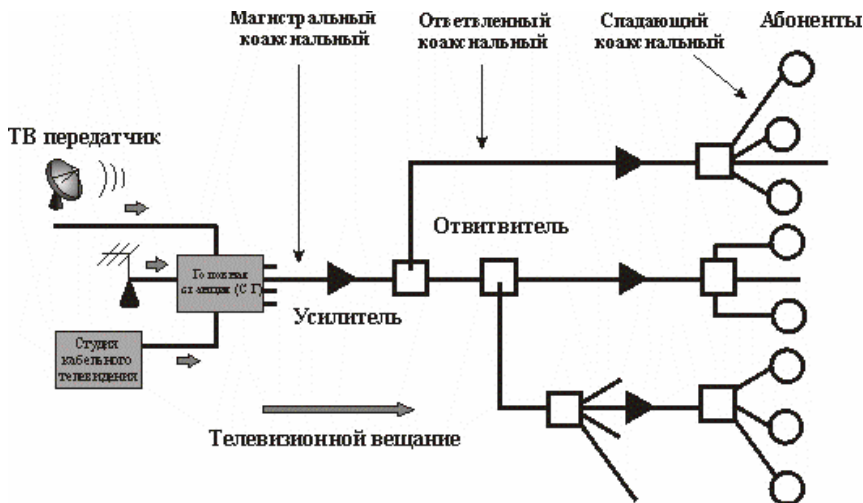
Другим направлением развития СКТВ является увеличение числа одновременно распределяемых ТВ каналов. На СГ уже существующего типа возможно в принципе сформировать суммарный сигнал всех 12 ТВ каналов диапазонов I—III, а в СР — довести их до абонентов. Однако принять такое число каналов на ТВ приемники невозможно, так как согласно ТУ на них они не обеспечивают прием соседних ТВ каналов. Таким образом, при существующем парке ТВ приемников возможность передачи в СКТВ ограничивается пятью—шестью каналами.

Увеличение числа ТВ каналов в СКТВ без улучшения *избирательности* приемников возможно путем использования свободного участка диапазона 104 ... 174 МГц. На СГ сигналы ТВ каналов будут формироваться на этих частотах. Распределительные сети обеспечат их доведение до абонентов. К каждому телевизору необходимо будет добавить приставку-конвертор с хорошей избирательностью, преобразующую частоты принимаемых в диапазоне 104 ... 174 МГц ТВ каналов в стандартные частоты существующих ТВ каналов диапазонов I—III.

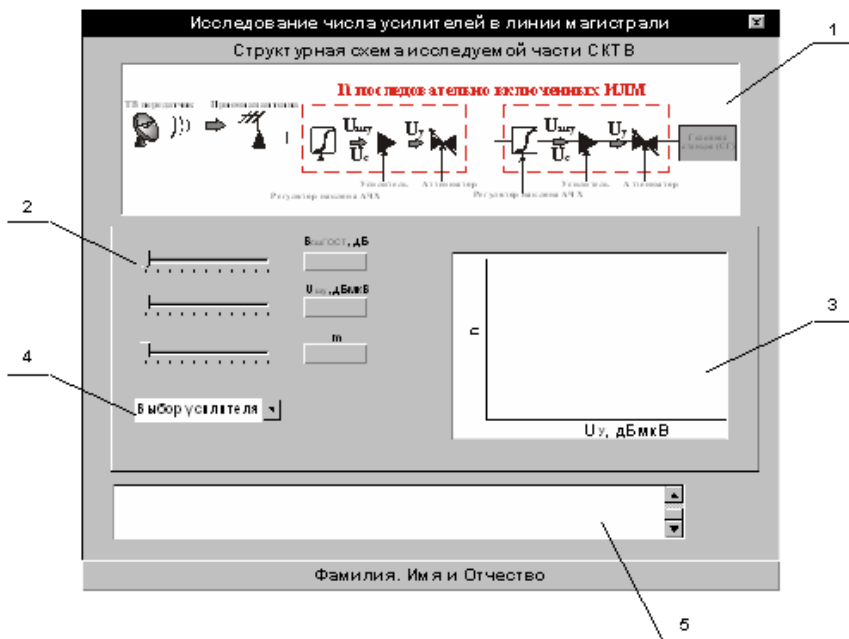


### 2.3.8 Структурная схема СКТВ

На рис. 3.1 показана структурная схема СКТВ. Головная телевизионная станция принимает телевизионные спутниковые и эфирные каналы, а также каналы от локальной студии кабельного телевидения, выполняет их частотное мультиплексирование и направляет комбинированный широкополосный спектральный сигнал по *магистральному коаксиальному кабелю* - такой поток телевизионных передач от головного узла к абонентам принято называть *нисходящим потоком*. От магистрального кабеля на узлах ответвления - *ответвителях* - могут отделяться один или несколько ответвленных коаксиальных кабелей - *коаксиальных ветвей* - при этом ответвитель может содержать встроенный распределительный усилитель. Дальнейшее ответвление кабель испытывает, приходя в абонентский ответвитель, от которого непосредственно в квартиры абонентов следуют *спадающие коаксиальные кабели*.



### 3 ОБЩИЙ ВИД ЛАБОРАТОРНОГО СТОЛА



- 1 – структурная схема исследуемой части СКТВ
- 2 – изменяемый параметр
- 3 – график исследуемой зависимости
- 4 – выбор усилителя (кабеля)
- 5 – сценарий выполнения лабораторной работы

### 4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- 4.1 Ознакомиться со структурной схемой исследуемой части СКТВ.
- 4.2 Получить у преподавателя свой вариант задания.
- 4.3 Выбрать тип кабеля (или усилителя), если это требуется для выполнения данной работы.
- 4.4 Исследовать изменение физической величины от параметра, указанного в варианте задания.
- 4.5 Выполнить измерения для других типов кабелей (или усилителей).
- 4.6 По результатам измерения определить затухание кабеля  $A_{\text{к}}$  (или усиление усилителя  $A_{\text{у}}$ ).

- 4.7 Результаты по проделанной работе занести в отчет и сделать соответствующие выводы.

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 5.1 Определить вид данной зависимости.
- 5.2 Указать, как меняется измеряемая величина в зависимости от изменяемого параметра.
- 5.3 Сравнить измерения, полученные при различных типах кабеля (или усилителя). Описать в чем состоит их отличия. Объяснить почему.
- 5.4 Записать значения затухания кабеля (усиления усилителя), полученные по результатам лабораторной работы.

## 6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1 Какие меры принимают для исключения мешающих отраженных сигналов в СКТВ?
- 6.2 Чему равно отношение сигнал-помеха комбинационных частот  $V_{ш}$ ?
- 6.3 Чему равен уровень шума на сопротивление 75 Ом в полосе частот 5,75 МГц при температуре 294 К?
- 6.4 В какой полосе частот видеосигнала определяется уровень собственного шума на входе активного элемента?
- 6.5 Что показывает коэффициент шума активного элемента?
- 6.6 Чем может быть вызвано появление на экране телевизора (справа от основного) ослабленного повторного позитивного или негативного изображения?
- 6.7 Что такое затухание экранирования?
- 6.8 В чем преимущество канальных приемных антенн перед антеннами диапазонного типа?
- 6.9 Чем определяется конкретное место размещения аппаратуры СГ?
- 6.10 Для чего на входе СГ устанавливают аттенюатор?
- 6.11 Как изменяется уровень помех комбинационных частот с увеличением уровня сигналов ТВ каналов?
- 6.12 В каком случае возможно обеспечение различного усиления усилителей практически без изменения коэффициента шума усилителя  $K_{ш}$  и номинального выходного сигнала  $U_y$ ?
- 6.13 За счет чего возможно изменение затухания высокочастотных кабелей?
- 6.14 Каким путем можно избавиться от помех вида «левых повторов»?
- 6.15 Что вызывает наибольшие трудности при проектировании СКТВ?

## 7 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

Лабораторный стол 1

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	e, дБ	f, МГц	Eап, дБмкВ	e, дБ	Eап, дБмкВ	f, МГц

Лабораторный стол 2

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	f, МГц	Ge, дБ	E, дБмкВ	Ge, дБ	E, дБмкВ	f, МГц

Лабораторный стол 3

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	УсУАвых, дБмкВ	Ад, дБ	Аф, дБ/км	Ад, дБ	УсУАвых, дБмкВ	Аф, дБ/км

Лабораторный стол 4

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	Вспу, дБ	Вспу, дБ	Ау, дБ	Ау, дБ	Ус, дБмкВ	Ус, дБмкВ

Лабораторный стол 5

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	Уу, дБмкВ	м, каналов	Ау, дБ	м, каналов	Уу, дБмкВ	Ау, дБ

Лабораторный стол 6

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	Ушу, дБмкВ	n	Ус, дБмкВ	n	Ус, дБмкВ	Ушу, дБмкВ

Лабораторный стол 7

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	Уу, дБмкВ	Уу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	ВсшГО СТ, дБ	ВсшГО СТ, дБ

Лабораторный стол 8

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	ВсшГОСТ, дБ	ВсшГОСТ, дБ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	м, каналов	м, каналов

Лабораторный стол 9

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	УуУД, дБмкВ	УуУД, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	ВсшГОСТ, дБ

Лабораторный стол 10

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	УшУД, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	УсУДвх, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	УшУД, дБмкВ	УсУДвх, дБмкВ

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. **Ефанов В.И.** Электрические и волоконно-оптические линии связи. 2-е изд., доп. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с. [25]
2. **Ефанов В.И.** Основы проектирования сетей кабельного телевидения: Учеб. Пособие. Томск, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 104 с. [25]

### Дополнительная

3. **Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев, А. Д. Моченов, М. С. Тверецкий,** Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей: – М.: Горячая Линия - Телеком, 2008
4. Ведомственные нормы технологического проектирования объектов телевидения, радиовещания и телекинопроизводства.— М.: гостелерадио СССР, 1987.