

ГЛАВА 1

ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА И КАЧЕСТВО ИЗОБРАЖЕНИЯ

При трансляции телевизионных программ происходит преобразование изображения в электрический сигнал, который после преобразований и передачи снова преобразуется в изображение.

Качество оптического изображения определяется рядом факторов и не имеет единой, обобщенной количественной оценки. Выходным сигналом телевизионных приемников является репродукция оптического изображения, подаваемого на вход преобразователя свет-сигнал.

В общем случае телевизионное изображение, наблюдаемое на экране приемника, должно обеспечивать восприятие передаваемого образа таким, каким его воспринимает зритель при непосредственном наблюдении. Основными качественными характеристиками зрительного образа являются:

- геометрические формы и относительные размеры;
- различимость деталей;
- распределение яркости;
- цветность;
- расположение предметов по глубине;
- восприятие относительного движения предметов.

Параметры телевизионного изображения выбираются так, чтобы подробно воспроизвести в сознании зрителя все характеристики образа. Согласование со зрительной системой обеспечивают масштабные, яркостные и цветовые параметры телевизионного изображения.

К масштабным параметрам телевизионного изображения относятся:

- размер изображения;
- геометрическое подобие;
- детальность.

Опыт показывает, что наилучшим условием наблюдения изображения является удаление его от глаз на расстояние, равное пяти-шести высотам изображения. Это условие соответст-

вует углу ясного зрения глаза человека. С такого расстояния наблюдатель перестает ощущать строчную структуру изображения при числе строк разложения изображения 500...600 [1].

Для телевизионного изображения был выбран формат кадра 4 : 3.

Геометрическое подобие является одним из важнейших параметров, определяющих качество телевизионного изображения. Обеспечить геометрическое подобие – значит сохранить масштаб координат точек изображения. Нарушение подобия носит название растровых искажений. Кроме того, встречаются дифференциальные нарушения подобия, которые приводят к искажениям отдельных участков изображения.

Детальность телевизионного изображения определяется минимальным относительным размером участка изображения, внутри которого воспроизводится средняя яркость и числом различимых ступеней градации яркости. При заданном угле рассмотрения детальность определяется числом элементов в изображении.

В основе передачи телевизионных изображений заложен принцип последовательной передачи и синтеза изображений. Он осуществляется при условии согласования временных параметров зрительной и телевизионной систем.

В телевизионном вещании принята частота смены яркости экрана равная 50 и 60 Гц. Это сделано из соображений равенства ее частоте промышленного тока с целью устранения динамических искажений геометрии и яркости изображения.

Масштабные несоответствия растра, при передаче и приеме, приводят к геометрическим искажениям. Еще большую роль играет стабильность масштабных параметров во времени, к ним относятся:

- стабильность размеров растров и их формы;
- стабильность положения растров;
- стабильность фаз разверток;
- стабильность синхронизации;

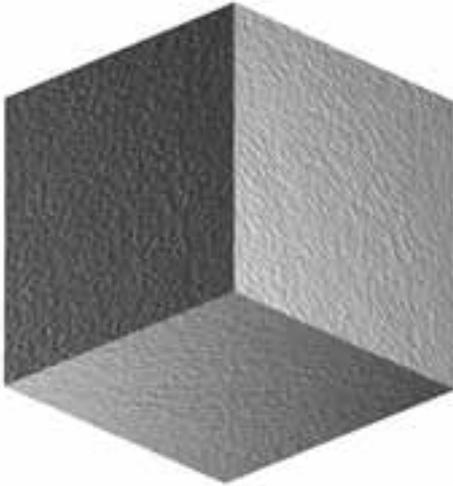


Рис. 1.1. Куб Неккера

— стабильность коэффициентов передачи каналов связи и т. д.

Динамические искажения (масштаба, яркости и цветности) изображения вызваны плавными или скачкообразными изменениями параметров изображения за время передачи одного изображения. Восприятие динамических искажений на порядок выше в сравнении со статическими. Так, если нелинейность по строке незаметна при 10%, то дрейф раstra во времени заметен при изменении на доли процента. Поэтому требования стабильности параметров во времени и нормы на их отклонения очень жесткие.

Искажения передачи яркости и цветности деталей изображения сказываются и на иллюзии пространства. Так, повышение или понижение яркости переднего плана (фона) приводит к эффекту удаления или приближения фона (переднего плана). Явление одновременного яркостного или цветового контраста также может вызвать искаженную иллюзию глубины. Психологически за фон наблюдатель принимает большее по площади поле и при этом объект всегда приподнят над фоном.

При недостаточной освещенности глаз не способен воспринять увиденное, в частности, не может оценить текстуру поверхностей. Когда человек стоит перед белой, гладко окрашенной и равномерно освещенной стеной, он, в зависимости от освещенности, видит то клубящийся туман, то сферу, в центре которой он находится. И только когда освещенность возрастает до такой, что проявляются подробности окраски, говорит: «Плоская вертикальная стена».

В начале прошлого века натуралист Неккер нарисовал куб (рис. 1.1), который обладает свойством выворачиваться наизнанку: одна и та же плоскость кажется то фронтальной, то тыльной. Нет, ряби на гранях нет и у мозга возможности решить эту задачу.

Существующие системы вещания, отличающиеся стандартами разложения были приняты в то время, когда возможности радиоэлектронных средств были весьма ограничены. Поэтому воспроизводимое на экране телевизора изображение уступает по четкости изображению на киноэкране.

Принятые в телевизионном вещании системы цветного телевидения разрабатывались в условиях больших ограничений сигнала цветности в сравнении с сигналом цветности (полоса частот сигнала цветности в 4 раза меньше полосы сигнала яркости). Кардинальным решением проблемы качества является внедрение телевидения высокой четкости.

Но быстрый переход к телевидению высокой четкости невозможен из-за консервативности приемной сети телевидения [2].

Переходный этап характерен распространением телевидения повышенного качества (ТПК). Оно основано на действующих стандартах разложения изображения (626 или 525) строк при обычном (4:3) или расширенном (16:9) формате кадра. Разработан вариант улучшенной системы PAL-plus. Ведутся исследования по созданию системы SECAM-plus.

1.1. ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СИГНАЛ

Телевизионный сигнал представляет собой сумму сигналов, обеспечивающих передачу:

- геометрической формы и относительных размеров объектов изображения;
- распределения яркости изображения;
- окраски предметов.

Полным телевизионным сигналом называют сигнал изображения с введенными в него импульсами синхронизации и гашения.

Полный видеосигнал (рис. 1.2) содержит строчные и кадровые синхроимпульсы. Они передаются во время обратного хода, соответственно, строчной и кадровой разверток.

Чтобы не нарушалась синхронизация во время обратного хода кадровой развертки, кадровый синхроимпульс имеет врезки длительностью 4,7 мкс, а перед ним и после него передаются уравнивающие импульсы длительностью 2,35 мкс. Частота следования уравнивающих импульсов и врезок в 2 раза выше строчной частоты.

Из-за такого расположения передаваемых синхроимпульсов возможен небольшой сдвиг по фазе кадровых синхроимпульсов двух смежных полей, выделяемых соответствующей интегрирующей цепью телевизора. Это приводит к нарушению взаимного положения строк рас-

тра, выражающемуся в ухудшении вертикальной четкости изображения.

Для устранения отмеченного явления в синхросигнал введены уравнивающие импульсы. При их наличии выделенные кадровые синхроимпульсы двух смежных полей идентичны по фазе и форме.

При упрощенной синхросмеси (без врезок и уравнивающих импульсов), например, от игровых приставок, вертикальная четкость изображения заметно ухудшается.

Несмотря на применение эффективных АРУ в приемном тракте, видеосигнал на выходе видеодетектора может значительно изменяться по размаху, особенно при работе телевизора на сравнительно больших расстояниях от передающей станции. При этом должна обеспечиваться надежная синхронизация при значительных изменениях размаха входного видеосигнала.

В процессе эксплуатации видеосигнал, поступающий на вход устройств синхронизации, претерпевает определенные искажения. Например, они могут возникнуть из-за отражений в высокочастотном блоке телевизора, из-за неточной настройки гетеродина селектора каналов и т. п. В результате искажается также форма

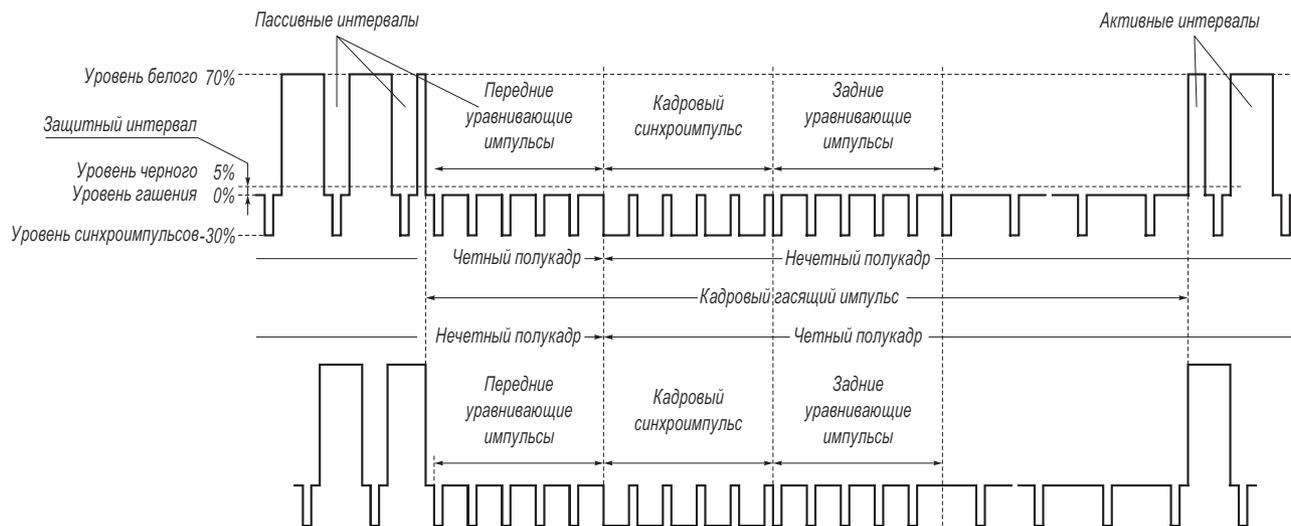


Рис. 1.2. Полный видеосигнал

синхросигнала. Эти искажения не должны вызывать заметного ухудшения качества синхронизации, поэтому в устройствах синхронизации приняты меры по ослаблению их влияния на качество синхронизации.

Особенности синхронизации генераторов развертки телевизоров определяются параметрами синхросигнала, присущим конкретному телевизионному стандарту и условиями эксплуатации телевизоров.

В видеосигнале различают:

- активный интервал – в течение которого передается изображение;
- пассивный интервал – в котором передаются гасящие и синхронизирующие импульсы, сигналы опознавания цвета, сигналы теле-текста, тест-сигналы изображения и пр.

На рис. 1.2 показана форма полного видеосигнала двух смежных полей изображения для отечественного телевизионного стандарта, которая регламентируется ГОСТ 7845-92.

Форма синхросигнала в телевизионных стандартах такова, что для выделения и разделения строчных и кадровых синхроимпульсов в при-

емнике могут применяться простейшие дифференцирующие и интегрирующие цепи.

Устройства синхронизации обеспечивают стабильную и помехоустойчивую работу задающих генераторов развертки на частотах, которые задают строчные и кадровые синхроимпульсы. Они являются составной частью принимаемого полного видеосигнала.

Амплитудные значения сигнала изображения (рис. 1.2) соответствуют мгновенной яркости передаваемого элемента изображения. Для синхронного воспроизведения сигнала изображения видеосигнал разделен на активные и пассивные интервалы. Во время активных интервалов передается изображение, а во время пассивных – синхросигнал (гасящие и синхроимпульсы).

Нулевым уровнем в видеосигнале считается уровень гашения. В активной части видеосигнала выше уровня гашения находятся уровни «белого» и «черного». Интервал между уровнем гашения и нулевым уровнем называется защитным интервалом.

1.1.1 СПЕКТР ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Телевизионным каналом называют совокупность устройств, управляющих процессом образования сигнала изображения. Основным требованием к нему является прохождение полного телевизионного сигнала с минимальными искажениями.

Спектр сигнала условно изображается в координатах «амплитуда-частота». Он показывает соответствие между мгновенными значениями частот, составляющих сложный сигнал, и мощ-

ностью соответствующих частотных составляющих.

Спектр может условно изображаться непрерывной линией (сплошной спектр) или набором дискретных спектральных линий (дискретный спектр).

Спектр полного телевизионного сигнала показан на рис. 1.3, спектры полных телевизионных сигналов для стандартов G, M, N, В, L показаны на рис. 1.4...1.7. Нижняя граница

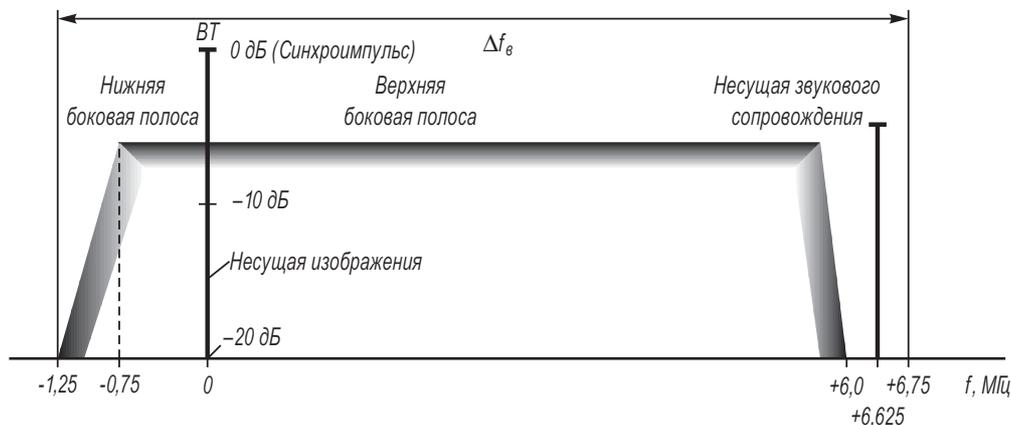


Рис. 1.3. Спектр полного телевизионного сигнала

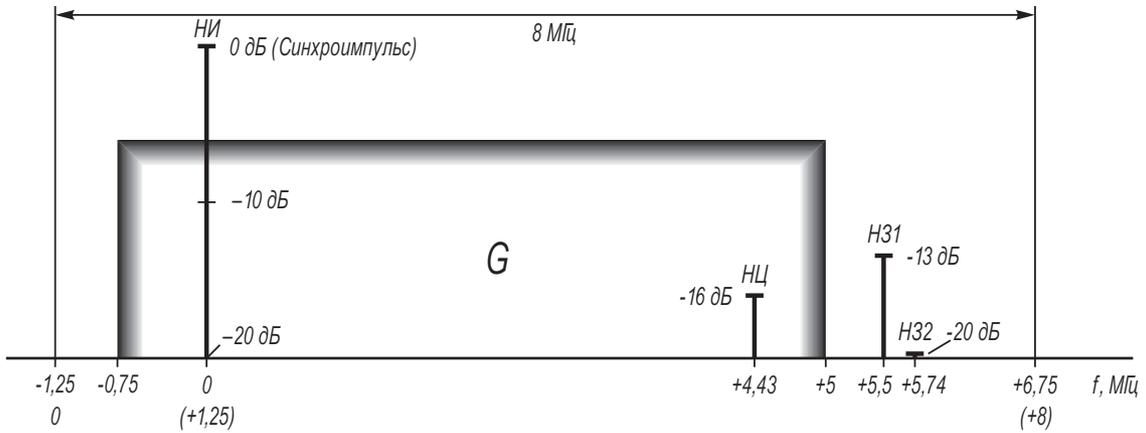


Рис. 1.4. Спектр телевизионного стандарта G

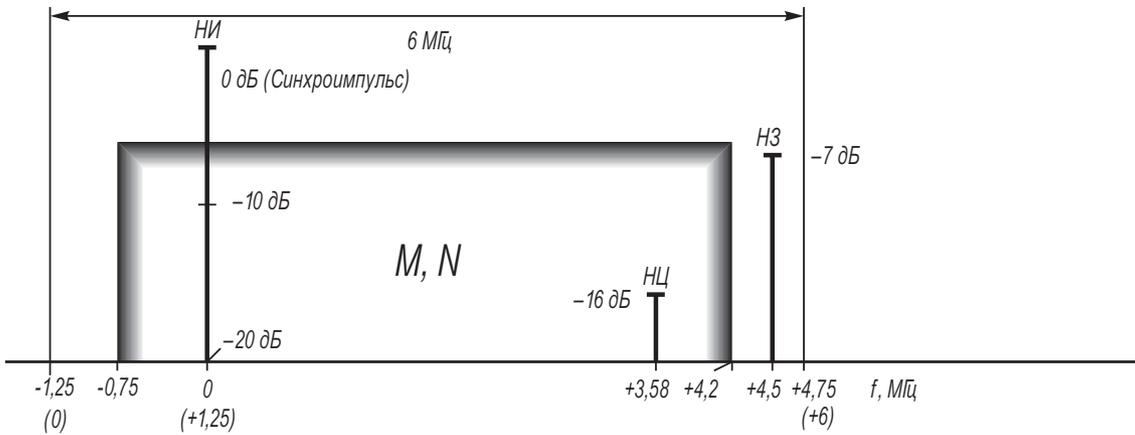


Рис. 1.5. Спектр телевизионных стандартов M, N

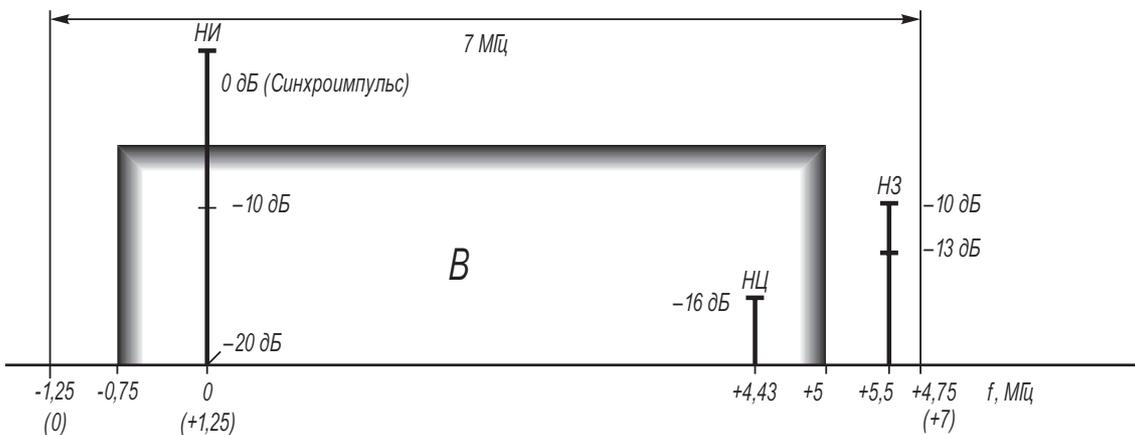


Рис. 1.6. Спектр телевизионного стандарта B

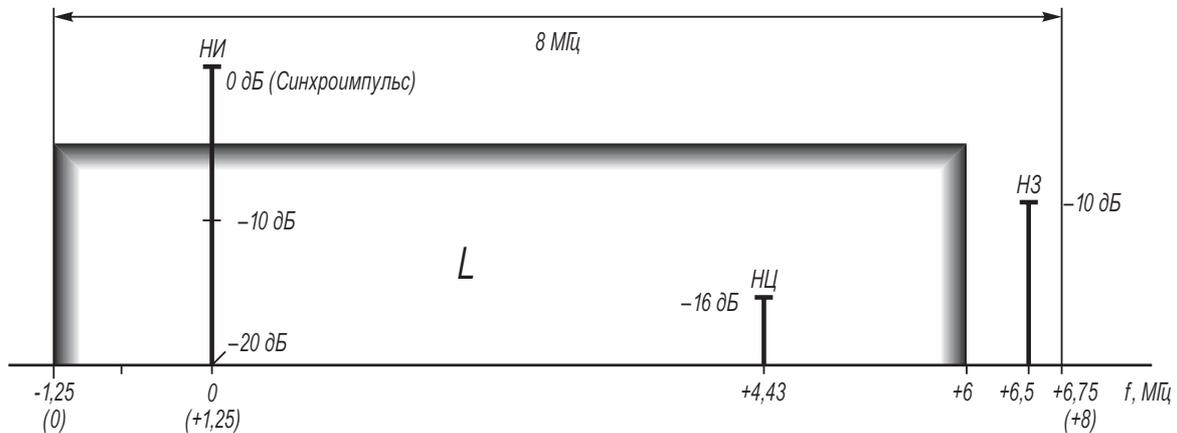


Рис. 1.7. Спектр телевизионного стандарта *L*

спектра определяется кадровой частотой передачи изображения и составляет 50 Гц для отечественного вещания. Верхняя — минимальным размером элемента изображения и составляет 6 МГц.

Следует отметить, что полоса частот видеосигнала определяет горизонтальную разрешающую способность изображения, тогда как вертикальную — частота кадровой развертки.

Реальная четкость по вертикали для стандарта 625 строк составляет 575 строк, так как 50 строк приходится на обратное движение луча по кадру и на экране не воспроизводится.

Полоса частот сигналов цветовой синхронизации определяется принципом модуляции цветоразностных сигналов и полосой видеочастот национальных стандартов.

Во всех совместимых системах, соответствующих разным стандартам, информация о цвете передается на поднесущей в спектре яркостного сигнала. Отличием является способ модуляции поднесущей сигнала цветности и выбор сигналов кодирования.

Для совмещения частотных спектров сигналов яркости и цветности поднесущая цветности должна быть нечетной гармоникой половины строчной частоты. Наивысшая частота сигналов цветности не должна превышать половину частоты цветовой поднесущей.

Поднесущая цветности располагается в верхней части спектра видеосигнала с тем, чтобы оказывать минимальное влияние на сигнал яркости.

Видеосигнал передается по каналу связи только во время прямого хода развертки изображения. Чтобы сигнал при обратном ходе развертки по строкам и кадрам не создавал на изображении помех, вводят гасящие импульсы.

Спектр радиосигнала

Амплитудно-частотная характеристика радиосигнала определяется свойствами частотного спектра полного телевизионного сигнала.

Низкочастотные сигналы изображения и звука передаются путем модуляции несущих частот соответственно изображения ($f_{и}$) и звука ($f_{з}$). При этом во всех телевизионных стандартах принята амплитудная модуляция (АМ) сигнала несущей частоты изображения видеосигналом яркости. В процессе передачи частично подавляется одна боковая полоса сигнала изображения, что позволяет сузить полосу телевизионного канала.

Каналы передачи телевизионных сигналов образуются посредством сдвига частотных спектров сигналов так, чтобы они занимали непрерывающиеся частотные полосы.

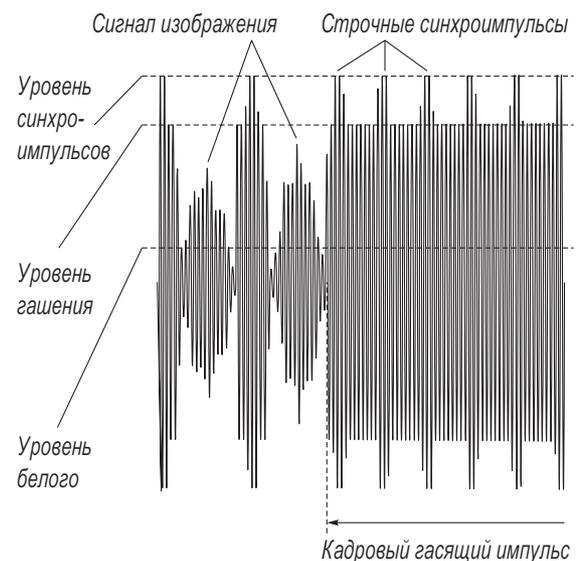


Рис. 1.8. Телевизионный радиосигнал

Разные виды модуляции радиосигналов телевизионного вещания облегчают их разделение в телевизионных приемниках. Частичное подавление нижней боковой полосы спектра радиосигнала изображения производится с целью сокращения полосы частот, занимаемой одним телевизионным каналом. Это дает возможность в одном и том же диапазоне разместить большее число каналов, а также упростить передатчики и приемники. Составляющие спектра каждой боковой полосы – нижней и верхней – содержат всю информацию о передаваемом сигнале.

В большинстве стран принята негативная полярность модуляции радиосигнала изображения, при которой максимальная амплитуда модуляции несущей частоты соответствует уровню сигнала синхронизации, а минимальная – уровню белого. В этом случае:

- ❑ амплитудные помехи чаще всего появляются в виде черных точек и визуально менее заметны;
- ❑ повышается помехоустойчивость системы синхронизации из-за того, что при передаче сигнала синхронизации передатчик излучает максимальную (пиковую) мощность;
- ❑ облегчается построение схем АРУ приемников.

В качестве опорного уровня АРУ используется сигнал синхронизации разверток приемников, так как он не зависит от содержания изображения. Опорный сигнал, при негативной полярности, модуляции соответствует максимальному размаху несущей, и поэтому для его выделения можно использовать простые схемные решения.

Сдвиг частотного спектра выполняется посредством умножения полного телевизионного сигнала на синусоидальное колебание. Частота этого колебания равна той, на которую требуется перенести спектр. Это колебание называется несущим, а частота f_n – несущей. Таким образом, несущая изображения модулируется полным телевизионным сигналом.

Спектр каждого канала сдвигается так, чтобы перекрытие спектров соседних каналов отсутствовало. На приемной стороне сигналы разделяются частотными фильтрами.

Распределение каналов по частоте показано на рис. 1.9.

Метровый диапазон длин волн состоит из трех поддиапазонов. Между первым и вторым и выше второго метрового диапазона находятся УКВ-ЧМ сигналы радиовещания. Каналы ка-

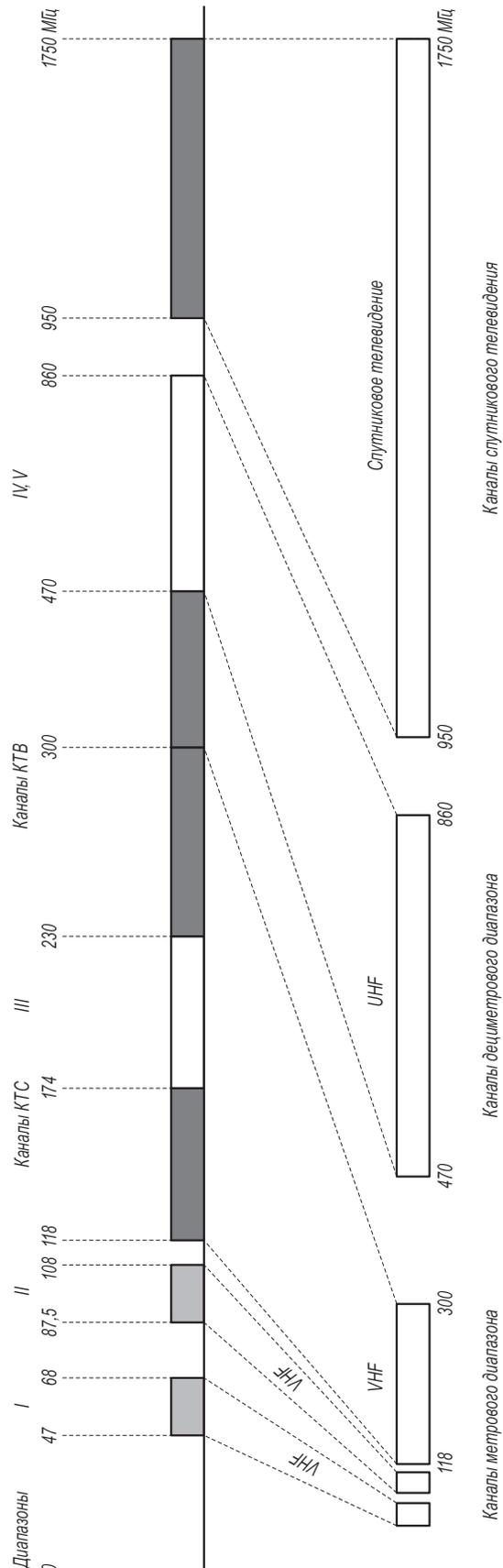


Рис. 1.9. Распределение эфирных сигналов

бельного телевидения находятся ниже и выше третьего метрового диапазона (табл. П.4 в приложениях). Кабельные каналы метрового диапазона занимают полосу частот от 118 до 300 МГц. В полосе от 300 до 470 МГц находятся высокочастотные кабельные каналы.

Диапазон дециметровых волн занимает полосу частот от 470 до 860 МГц. Выше дециметровых каналов в полосе от 0,95 до 1,75 ГГц расположены каналы спутникового телевидения.

Для передачи сигнала звукового сопровождения на несущей $f_{нз}$ применяется узкополосная частотная (ЧМ) модуляция.

Частотная модуляция является частным случаем угловой модуляции. При частотной модуляции амплитуда сигнала остается постоянной, а пропорционально модулирующему сигналу звукового сопровождения изменяется мгновенная частота несущей. Полоса частот, которая требуется для передачи сигнала частотной модуляции, равна удвоенному наибольшему отклонению частоты $2 \Delta f$.

Частичное подавление нижней боковой полосы

Большинство стандартов предусматривает частичное подавление нижней боковой полосы высокочастотного сигнала изображения.

В диапазоне $\pm 0,75$ МГц передаются обе боковые полосы, а в диапазоне 1,25...6 МГц — одна. Сигнал с таким спектром (рис. 1.10а), будучи продетектированным линейным детектором, преобразуется в спектр видеочастот показанный на рис. 1.10б [3].

Остаток нижней боковой полосы в спектре искажает характеристику тракта. Для получения на выходе детектора равномерной кривой (рис. 1.10г), его АЧХ должна иметь форму, показанную на рис. 1.10в.

Расстояние между несущими частотами звукового сопровождения и изображения определяет ширину полосы видеоканала Δf_v (рис. 1.3).

Радиосигнал изображения, для большинства стандартов, имеет негативную полярность модуляции (рис. 1.8). При этом максимальная амплитуда несущей частоты соответствует уровню

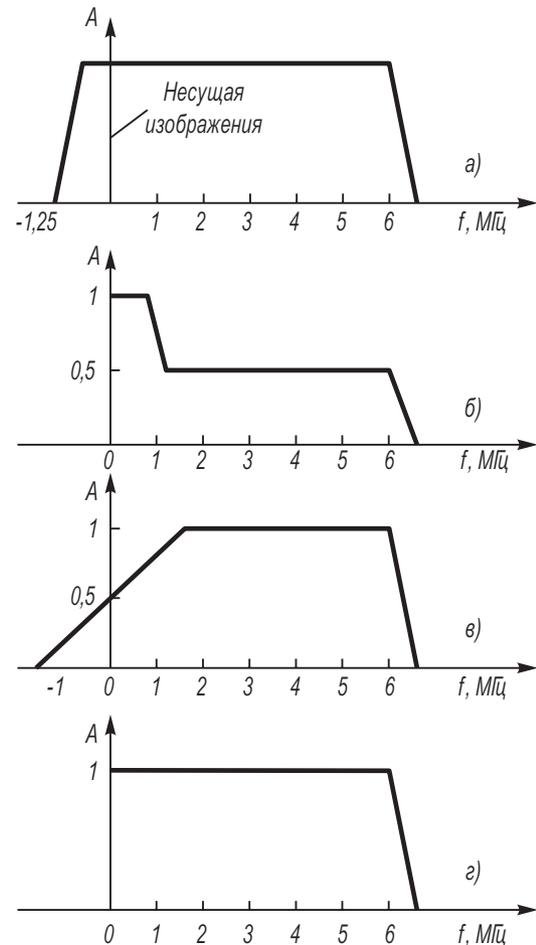


Рис. 1.10. Формирование АЧХ видеодетектора

сигналов синхронизации, а минимальная — уровню «белого».

Поляризация электрического поля излучения радиопередатчиков телевизионных программ принята горизонтальной. При этом возможна работа некоторых передающих станций в вертикальной поляризации с целью уменьшения взаимных помех передатчиков.

Это следует учитывать при дальнем приеме телевизионных программ. Для сигналов с вертикальной поляризацией антенну следует повернуть на 90° в вертикальной плоскости. Не соответствие поляризации электромагнитной волны и положения антенны приводит к потере коэффициента усиления антенны примерно на 10 дБ.

1.2. СТАНДАРТЫ И СИСТЕМЫ ВЕЩАТЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Телевизионные системы характеризуются рядом характеристик и параметров, определяющих способы формирования, передачи и приема ТВ программ. Они реализуются соответствующими аппаратными средствами.

Определяющим признаком телевизионной системы может быть:

- ее назначение – вещательная, замкнутая, прикладная и пр.;
- одна из характеристик – черно-белая, цветная, малокадровая и т. д.

1.2.1 ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СТАНДАРТЫ

Телевизионные стандарты регламентируют:

- частотные диапазоны метровых и дециметровых волн;
- распределение каналов в этих диапазонах;
- частотные параметры АЧХ канала по высокой и промежуточной частотам;
- параметры разложения изображения и частоты кадровой и строчной разверток;
- вид модуляции несущих изображения и звука;
- четкость изображения и пр.

В мире действуют 10 стандартов – В, D, G, H, I, K, K1, L, M, N и три системы цветного телевидения – SECAM, PAL, NTSC. Ранее действовали стандарты А (405 строк, Англия) и Е (819 строк, Франция).

Наиболее употребимые стандарты:

- в системе SECAM – В, D, М;
- в системе PAL – G, H, K, L;
- в системе NTSC – М.

Использование стандартов и систем в ряде стран мира приведено в табл. 1.1.

Стандарты В и G различаются лишь шириной полосы частот радиоканала. Стандарт В применяется в I и III диапазонах, а G – в IV и V.

Стандарты D и K полностью идентичны. D применяется в I и III диапазонах (за исключением КНР, где он используется и в IV, и V диапазонах). K – только в IV и V.

Нормативно-технический документ устанавливающий нормы параметров называется **стандартом**.

Понятие телевизионного стандарта сложилось до появления цветного телевидения, поэтому в документах МККР стандарты определяют параметры развертки, синхронизации, радиоканала, общие для черно-белого и цветного телевидения.

Таблица 1.1.

Телевизионные стандарты и системы цветного телевидения		
МВ	ДМВ	Страна
SECAM		
<i>B</i>	<i>G</i>	Германия
<i>B</i>	<i>H</i>	Греция
<i>D</i>	<i>K</i>	Польша
<i>D</i>	<i>K</i>	СНГ
<i>D</i>	<i>K</i>	Венгрия
<i>D</i>	<i>K</i>	Румыния
<i>D</i>	<i>K</i>	Чехословакия
<i>E</i>	<i>L</i>	Франция
PAL		
<i>A</i>	<i>I</i>	Англия
<i>B</i>	<i>G</i>	Югославия
<i>B</i>	<i>G</i>	Австрия
<i>B</i>	<i>G</i>	Италия
<i>B</i>	<i>G</i>	Финляндия
<i>B</i>	<i>G</i>	Швейцария
<i>B</i>	<i>G</i>	Швеция
<i>B</i>	<i>H</i>	Бельгия
NTSC		
<i>M</i>	<i>M</i>	Южная Корея
<i>M</i>	<i>M</i>	Япония
<i>M</i>	<i>M</i>	США
<i>M</i>	<i>M</i>	Канада
<i>M</i>	<i>M</i>	Мексика

Таблица 1.2.

Распределение несущих частот изображения и звука каналов метрового диапазона				
Диапазон	Канал	Полоса	Несущая изображения	Несущая звука
Стандарт В (7 МГц), Европа				
НК*	0	33,15...40,15	38,90	33,40
I	E2	47...54	48,25	53,75
I	E3	54...61	55,25	60,75
I	E4	61...68	62,25	67,75
III	E5	174...181	175,25	180,75
III	E6	181...188	182,25	187,75
III	E7	188...195	189,25	194,75
III	E8	195...202	196,25	201,75
III	E9	202...209	203,25	208,75
III	E10	209...216	210,25	215,75
III	E11	216...223	217,25	222,75
III	E12	223...230	224,25	229,75
Стандарт В (7 МГц), Европа				
НК*	0	33,15...40,15	38,90	33,40
<III (Su)	S2	113...123	Цифровые каналы	
<III (Su)	S3	113...123		
<III (Su)	S4	125...132	126,25	131,75
<III (Su)	S5	132...139	133,25	138,75
<III (Su)	S6	139...146	140,25	145,75
<III (Su)	S7	146...153	147,25	152,75
<III (Su)	S8	153...160	154,25	159,75
<III (Su)	S9	160...167	161,25	166,75
<III (Su)	S10	167...174	168,25	173,75
>III (So)	S11	230...237	231,25	236,75
>III (So)	S12	237...244	238,25	243,75
>III (So)	S13	244...251	245,25	250,75
>III (So)	S14	251...258	252,25	257,75
>III (So)	S15	258...265	259,25	264,75
>III (So)	S16	265...272	266,25	271,75
>III (So)	S17	272...279	273,25	278,75
>III (So)	S18	279...286	280,25	285,75
>III (So)	S19	286...293	287,25	292,75
>III (So)	S20	293...300	294,25	299,75
Стандарт D (8 МГц), Китай (VR)				
НК*	0	33,25...39,25	38,00	31,50
I	1	48,5...56,5	49,75	56,25
I	2	56,5...64,5	57,75	64,25
I	3	64,5...72,5	65,75	72,25
I	4	76,0...84,0	77,25	83,75
I	5	84,0...92,0	85,25	91,75
III	6	167...175	168,25	174,75
III	7	175...183	176,25	182,75
III	8	183...191	184,25	190,75
III	9	191...199	192,25	198,75
III	10	199...207	200,25	206,75
III	11	207...215	208,25	214,75
III	12	215...223	216,25	222,75

Продолжение табл. 1.2.

Диапазон	Канал	Полоса	Несущая изображения	Несущая звука
Стандарт В (7 МГц), Италия				
НК*	0	33,15...40,15	38,90	33,40
I	A	52,5...59,5	53,75	59,25
I	B	61...68	62,25	67,75
(II)	C	81...88	82,25	87,75
(III)	D	174...181	175,25	180,75
(III)	E	182,5...189,5	183,75	189,75
(III)	F	191...198	192,25	197,75
(III)	G	200...207	201,25	206,75
(III)	H	209...216	210,25	215,75
(III)	H1	216...223	217,25	222,75
(III)	H2	223...230	224,25	229,75
Стандарт D (8 МГц), OIRT				
НК*	0	32,15...40,15	38,90	32,40
I	R I	48,5...56,5	49,75	56,25
I	R II	58...66	59,25	65,75
I	R III	76...84	77,25	83,75
(II)	R IV	84...92	85,25	91,75
(II)	R V	92...100	93,25	99,75
III	R VI	174...182	175,25	181,75
III	R VII	182...190	183,25	189,75
III	R VIII	190...198	191,25	197,75
III	R IX	198...206	199,25	205,75
III	R X	206...214	207,25	213,75
III	R XI	214...222	215,25	221,75
III	R XII	222...230	223,25	229,75
Стандарт M (6 МГц), Япония				
НК*	0	41,0...47,0	45,75	41,25
(II)	J1	90...96	91,25	95,75
(II)	J2	96...102	97,25	101,75
(II)	J3	102...108	103,25	107,75
III	J4	170...176	171,25	175,75
III	J5	176...182	177,25	181,75
III	J6	182...188	183,25	187,75
III	J7	188...194	189,25	193,75
III	J8	192...198	193,25	197,75
III	J9	198...204	199,25	203,75
III	J10	204...210	205,25	209,75
III	J11	210...216	211,25	215,75
III	J12	216...222	217,25	221,75
Стандарт M (6 МГц), США				
НК*	0	41,0...47,0	45,75	41,25
I	A 02	54...60	55,25	59,75
I	A 03	60...66	61,25	65,75
I	A 04	66...72	67,25	71,75
I	A 05	76...82	77,25	81,75
I	A 06	82...88	83,25	87,75
III	A 07	174...180	175,25	179,75
III	A 08	180...186	181,25	185,75
III	A 09	186...192	187,25	191,75
III	A 10	192...198	193,25	197,75
III	A 11	198...204	199,25	203,75
III	A 12	204...210	205,25	209,75
III	A 13	210...216	211,25	215,75

* НК – нулевой канал

Таблица 1.3.

Распределение несущих частот изображения и звука каналов дециметрового диапазона. Стандарт G, H, I, K, L (CCIR, 8 МГц)							
Диапазон	Канал, Европа	Канал, Китай	Полоса	Несущая изображения	Несущая звука, G, H	Несущая звука, I	Несущая звука, K, L
IV	21	13	470...478	471,25	476,75	477,25	477,75
IV	22	14	478...486	479,25	484,75	485,25	485,75
IV	23	15	486...494	487,25	492,75	493,25	493,75
IV	24	16	494...502	495,25	500,75	501,25	501,75
IV	25	17	502...510	503,25	508,75	509,25	509,75
IV	26	18	510...518	511,25	516,75	517,25	517,75
IV	27	19	518...526	519,25	524,75	525,25	525,75
IV	28	20	526...534	527,25	532,75	533,25	533,75
IV	29	21	534...542	535,25	540,75	541,25	541,75
IV	30	22	542...550	543,25	548,75	549,25	549,75
IV	31	23	550...558	551,25	556,75	557,25	557,75
IV	32	24	558...566	559,25	564,75	565,25	565,75
IV	33		566...574	567,25	572,75	573,25	573,75
IV	34		574...582	575,25	580,75	581,25	581,75
IV	35		582...590	583,25	588,75	589,25	589,75
IV	36		590...598	591,25	596,75	597,25	597,75
IV	37		598...606	599,25	604,75	605,25	605,75
V	38	25	606...614	607,25	612,75	613,25	613,75
V	39	26	614...622	615,25	620,75	621,25	621,75
V	40	27	622...630	623,25	628,75	629,25	629,75
V	41	28	630...638	631,25	636,75	637,25	637,75
V	42	29	638...646	639,25	644,75	645,25	645,75
V	43	30	646...654	647,25	652,75	653,25	653,75
V	44	31	654...662	655,25	660,75	661,25	661,75
V	45	32	662...670	663,25	668,75	669,25	669,75
V	46	33	670...678	671,25	676,75	677,25	677,75
V	47	34	678...686	679,25	684,75	685,25	685,75
V	48	35	686...694	687,25	692,75	693,25	693,75
V	49	36	694...702	695,25	700,75	701,25	701,75
V	50	37	702...710	703,25	708,75	709,25	709,75
V	51	38	710...718	711,25	716,75	717,25	717,75
V	52	39	718...726	719,25	724,75	725,25	725,75
V	53	40	726...734	727,25	732,75	733,25	733,75
V	54	41	734...742	735,25	740,75	741,25	741,75
V	55	42	742...750	743,25	748,75	749,25	749,75
V	56	43	750...758	751,25	756,75	757,25	757,75
V	57	44	758...766	759,25	764,75	765,25	765,75
V	58	45	766...774	767,25	772,75	773,25	773,75
V	59	46	774...782	775,25	780,75	781,25	781,75
V	60	47	782...790	783,25	788,75	789,25	789,75
V	61	48	790...798	791,25	796,75	797,25	797,75
V							
V	68	55	846...854	847,25	852,75	853,25	853,75
V	69	56	854...862	855,25	860,75	861,25	861,75
V		57	862...870	863,25			869,75
V		58	870...878	871,25			877,75
V		59	878...886	879,25			885,75
V		60	886...894	887,25			893,75
V		61	894...902	895,25			901,75
V		62	902...910	903,25			909,75

Таблица 1.4.

Распределение несущих частот изображения и звука каналов дециметрового диапазона. Стандарт M (6 МГц), США, Япония					
Диапазон	Канал, Америка, Канада	Канал, Япония	Диапазон	Несущая изображения	Несущая звука
IV	14	13	470...476	471,25	475,75
IV	15	14	476...482	477,25	481,75
IV	41	40	632...638	633,25	637,75
IV	42	41	638...644	639,25	643,75
V	43	42	644...650	645,25	649,75
V	44	43	650...656	651,25	655,75
V	45	44	656...662	657,25	661,75
V	46	45	662...668	663,25	667,75
V	47	46	668...674	669,25	673,75
V	48	47	674...680	675,25	679,75
V	49	48	680...686	691,25	695,75
V	50	49	686...692	687,25	691,75
V	51	50	692...698	693,25	697,75
V	52	51	698...704	699,25	703,75
V	53	52	704...710	705,25	709,75
V	54	53	710...716	711,25	715,75
V	55	54	716...722	717,25	721,75
V	56	55	722...728	723,25	727,75
V	57	56	728...734	729,25	733,75
V	58	57	734...740	735,25	739,75
V	59	58	740...746	741,25	745,75
V	60	59	746...752	747,25	751,75
V	61	60	752...758	753,25	757,75
V	62	61	758...764	759,25	763,75
V	63	62	764...770	765,25	769,75
V	64		770...776	771,25	775,75
V	82		878...884	879,25	883,75
V	83		884...890	885,25	889,75

Таблица 1.5.

Распределение несущих частот изображения и звука каналов дециметрового диапазона. Стандарт В, Австралия				
Диапазон	Канал	Полоса	Несущая изображения	Несущая звука
HK*	0	33, 15...40, 15	38,9	33,40
IV	28	526...533	527,25	532,75
IV	29	533...540	534,25	539,75
IV	30	540...547	541,25	546,75
IV	31	547...554	548,25	553,75
IV	32	554...561	555,25	560,75
V	33	561...568	562,25	567,75
V	34	568...575	569,25	574,75
V	35	575...582	576,25	581,75
V	36	282...589	583,25	588,75
V	37	589...596	590,25	595,75
V	38	596...603	597,25	602,75

Таблица 1.6.

Обозначение стандартов и основные параметры					
Стандарт	<i>B/G CCIR</i>	<i>D/K OIRT</i>	<i>H</i>	<i>K'</i>	<i>M/FSS</i>
Число каналов <i>MB</i>	11/12	12	12	12	12
Число каналов <i>DMB</i>	69	61	69	61	83(62)
Частотный диапазон	<i>MB/DMB</i>	<i>MB/DMB</i>	<i>MB</i>	<i>MB/DMB</i>	<i>MB/DMB</i>
Число строк	625	625	625	625	525
Частота полей, Гц	50	50	50	50	60
Частота строк, Гц	15625	15625	15625	15625	15750
Четкость изображения по горизонтали	400	500	550	350	
Четкость изображения по вертикали	450	550	450	450	450
Длительность строки, мкс	64	64	64	64	63,5
Длительность синхроимпульса, мкс	4,7±0,2	4,7±0,2	4,7±0,2	4,7±0,2	4,19-5,71±0,2
Длительность гасящего строчного импульса, мкс	12	12	12	12	10,2-11,4 (10,9±0,2)
Длительность кадра, мс	40	40	40	40	33,3
Интервал между фронтом строчного и гасящего импульса, мкс	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9(1,75)
Длительность кадрового гасящего импульса (длит. строки)	25	25	25	25	19... 21
Ширина полосы видеосигнала, МГц	5	6	5	6	4,2
Разнос частот видео-звук, МГц	5,5	6,5	5	6,5	4,2
Ширина полосы канала, МГц	7 (B), 8 (G)	8	8	8	6
Ширина нижней боковой полосы, МГц	0,75	0,75	1,25	1,25	0,75
Соотношение мощности несущих звука и изображения	10:1, 20:1	10:1, 5:1	5:1, 10:1	10:1	10:1, 5:1

Стандарт К1, используемый в странах южной Африки отличается от К значениями параметров радиоканала.

Основные параметры стандартов приведены в табл. 1.6.

Стандарт М предусматривает развертку на 525 строк и 60 полей, а все остальные используют развертку на 625 строк и 50 полей.

Стандарт N появился в результате принятия системы PAL в Аргентине. Он сочетает параметры развертки европейского стандарта и радиоканала американского стандарта. По своим параметрам он похож на стандарты В и G, но отличается полосой видеочастот (4,2 МГц).

Параметры его радиосигнала совпадают с параметрами стандарта М.

Стандарт Н близок к G, но отличается шириной частично подавленной боковой полосы (1,25 МГц), уровнем пьедестала в излучаемом сигнале (0...7%) и отношением мощностей радиосигналов изображения и звука (5/1...10/1).

Частотные диапазоны стандартов и каналов представлены в табл. 1.2...1.5.

Там же приведено распределение каналов кабельного телевидения стандарта В.

Общими для всех телевизионных стандартов являются следующие параметры:

- чересстрочное разложение;
- формат кадра 4:3;
- направление развертки изображения.

Для нормирования уровней видеосигналов применяют шкалы (А, Б, В) с относительными и абсолютными единицами (рис. 1.12) [4].

В ряде стандартов предусмотрена дополнительная несущая частота звукового сопровождения.

В ФРГ, Италии и Нидерландах – на дополнительной звуковой несущей передается стерео или двухканальное звуковое сопровождение.

В Великобритании, Швеции, Норвегии, Финляндии, Дании и Исландии – дополнительная несущая модулируется цифровыми сигналами. При этом несущая модулируется посредством фазовой манипуляции.

Стандарт М отличается от остальных стандартов следующим:

- началом поля считается начало первого строчного синхроимпульса в интервале гашения полей;
- с середины строки второго поля начинается интервал гашения.

Выбор основных параметров телевизионного стандарта обусловлен параметрами разверток и шириной полосы канала.

1.2.2 ПАРАМЕТРЫ РАЗВЕРТОК

Чересстрочная развертка, принятая повсеместно в телевизионном вещании, осуществляется передачей одного кадра двумя полями рис. (1.11). При этом строки одного поля располагаются посередине между строками другого поля. Так как количество строк в кадре нечетное – начала двух смежных полей сдвинуты по фазе. Фронт кадрового синхроимпульса одного поля совпадает с фронтом строчного синхроимпульса, а фронт другого – приходится на середину периода строчной развертки.

Выбор частоты полей привел к разделению мира на два региона со стандартами разложения изображения на 525 и 625 строк. Значения вертикального и горизонтального разрешения в черно-белом телевидении однозначно определяются числом активных строк и частотой полей.

Параметры развертки были установлены изначально для черно-белого телевидения. В их значениях обеспечен компромисс в четкости изображения между требованиями зрительного восприятия и техническими возможностями:

- полоса частот видеотракта была ограничена значением 4...6 МГц;
- частота полей для устранения сетевой помехи была выбрана равной частоте питающей сети.

Горизонтальная разрешающая способность зависит и от полосы видеочастот. Оптимальным считается выбор такой полосы, при которой значения разрешающих способностей по вертикали и горизонтали примерно одинаковы.

Отношение шага строчной развертки $\Delta_{\text{верт.}}$ к оптимальному размеру горизонтального элемента $\Delta_{\text{гор. опт.}}$, при котором достигается визуальное равенство значений четкости по вертикали и горизонтали, называют коэффициентом Келла:

$$K_{\text{келл}} = \frac{\Delta_{\text{верт.}}}{\Delta_{\text{гор. опт.}}}$$

где $K_{\text{келл}} = 0,42...0,65$.

Величину 1/K можно рассматривать как формат элемента разложения. В настоящее время установлена единая для всех стандартов частота дискретизации – 13,5 МГц для яркостного сигнала. Она однозначно определила формат элемента разложения при формировании и обработке телевизионных сигналов цифровыми методами.

В активной части строки стандарта 525 строк укладывается 710, а стандарта 625 строк – 702 яркостных цифровых элемента.

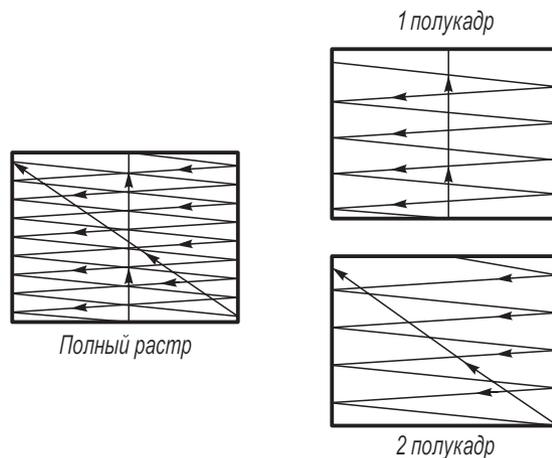


Рис. 1.11. **Ход лучей кинескопа при чересстрочной развертке**

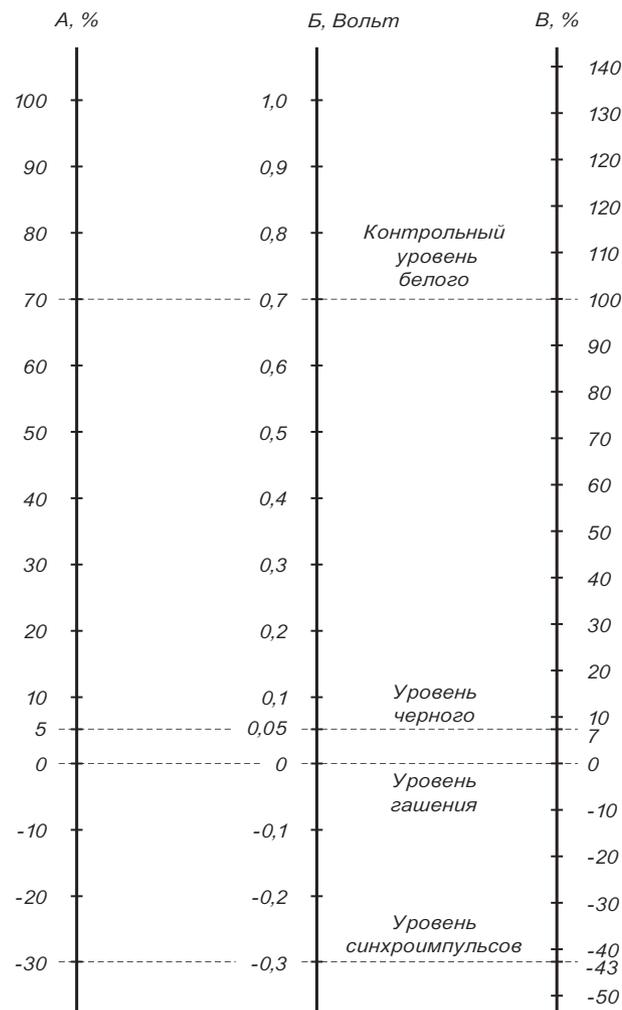


Рис. 1.12. **Шкалы для контроля уровней видеосигналов**

1.2.3 СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Системы цветного телевидения характеризуются совокупностью параметров, определяющих способ кодирования цветовой информации при формировании телевизионного сигнала. Системы телевидения обеспечивают прием цветных передач на черно-белые телевизоры и черно-белых передач — на цветные, а также передачу сигналов по одним и тем же каналам связи. Во всех этих системах используют одновременное воспроизведение цветоделенных изображений трех основных цветов и аддитивное сложение цветов. Три изображения совмещают в одно растровым путем на трехцветных кинескопах.

Для передачи по каналу связи используют три сигнала, получаемых из трех основных цветов путем линейного пересчета — яркостный и два цветоразностных.

В табл. 1.7 представлены основные соотношения для цветоразностных сигналов трех систем телевидения. Штрих над символом обозначает, что сигналы подвергнуты γ -коррекции. Весовые коэффициенты в табл. 1.7 соответствуют относительно вкладу основных цветов системы в яркость белого цвета. Использование их в других системах не вызывает каких-либо искажений цветного и черно-белого изображений.

Яркостный сигнал отвечает требованиям совместимости, имеет полную полосу видеочастот, определяемую стандартом, и обеспечивает заданную четкость изображения.

Цветоразностные сигналы имеют в 3-4 раза более узкую полосу частот, чем яркостный. Это возможно, благодаря понижению разрешающей способности зрения в насыщенных цветах. В результате суммарная полоса частот цветоразностных сигналов получается в 1,8-2 раза уже, чем сигналов основных цветов. Помехи и искажения, возникающие при передаче и приеме цветоразностных сигналов, слабо влияют на яркость изображения, сказываясь в основном лишь на цветности, что менее заметно при использовании принципа постоянной яркости.

Компенсация помех обеспечивается тем, что третий цветоразностный сигнал формируют из двух принятых, взятых в обратной полярности.

Этот принцип и сокращение полосы частот цветоразностных сигналов позволяют повысить помехоустойчивость воспроизведения цвета. Цветоразностные сигналы обращаются в нуль на белом и сером и малы на слабонасыщенных цветах, что улучшает совместимость систем.

Они биполярны, причем для каждой пары цветов, дающих в сумме белый, они равны и обратны по знаку. Из них не полностью исключена информация о яркости.

При неизменной цветности они изменяются пропорционально изменениям яркости так, что два цветоразностных сигнала определяют не колориметрическую цветность, а окраску или «хроматичность». Хроматичность — колориметрическая разность между данным цветом и белым той же яркости. Поэтому часть яркости изображения передается цветоразностными сигналами.

Воспроизведение цвета в телевидении

Воспроизведение цвета в системе SECAM осуществляется следующим образом. Три первичных сигнала основных цветов (E_R , E_G , E_B) формируются в передающей камере.

После γ -коррекции и матрицирования формируется сигнал яркости:

$$E'_Y = 0,299E'_R + 0,587E'_G + 0,114E'_B$$

и цветоразностные сигналы:

$$D'_{R-Y} = E_R - E'_Y;$$

$$D'_{B-Y} = E_B - E'_Y.$$

Цветоразностный сигнал — это сигнал, равный разности сигнала основного цвета и сигнала яркости.

Сигнал цветности формируется посредством частотной модуляции двух цветовых поднесущих D'_R и D'_B и передается с построчным чередованием в «красных» и «синих» строках.

Чередование «красных» и «синих» строк осуществляется непрерывно. Период полного цикла чередования цветов в строках равен двум кадрам. Нечетным считается кадр, в котором первая строка «красная».

Из-за чересстрочной передачи сигналов цветности цветовая четкость по вертикали снижена в два раза.

Строчные защитные пакеты немодулированных поднесущих передаются в неактивной части строки, на задней площадке гасящего строчного импульса. Кадровые — в кадровом гасящем промежутке в виде девяти импульсов, длительность которых равна активному интервалу строки. В нечетных строках они занимают с 7-й по 15-ю строку, а в четных — с 320-й по 328-ю.

Таблица 1.7

Основные расчетные соотношения и допуски параметров видеосигналов									
Система	NTSC			PAL			SECAM		
	М	В, G, H	I	M	N	В, G, H	D, K, K1	L	
Сигнал яркости					$E'_Y = 0,3E'_R + 0,59E'_G + 0,114E'_B$				
Цветоразностные сигналы	$E'_I = -0,27(E'_B - E'_Y) + 0,74(E'_B - E'_Y)$		$E'_U = 0,493(E'_B - E'_Y)$						$D'_R = -1,9(E'_R - E'_Y)$
Цветоразностные сигналы	$E'_O = -0,41(E'_B - E'_Y) + 0,48(E'_B - E'_Y)$		$E'_V = 0,877(E'_R - E'_Y)$						$D'_B = -1,5(E'_B - E'_Y)$
Сигнал «яркость+цветность»	$E'_M = E'_Y + E'_I(\cos\omega_f t + 33^\circ) + E'_O(\sin\omega_f t + 33^\circ)$		$E'_M = E'_Y + E'_U \sin\omega_f t \pm E'_V \cos\sin\omega_f t$						$E'_M = E'_Y + G \cdot \cos 2\pi(f_{OR} + D'_R \Delta f_{OR}) \cdot t$ $E'_M = E'_Y + G \cdot \cos 2\pi(f_{OB} + D'_B \Delta f_{OB}) \cdot t$
Тип модуляции	Квадратурная								
Частота строчной развертки, Гц	15734,264±0,05	15625±0,016		15734,264±0,05	15625±0,016				15625±0,016
Частота кадровой развертки, Гц	59,94	50		59,94	50				50
Частота несущей цветности, Гц	3579545±10	4433618,75±5	4433618,75±1	3575611,49±10	3582056,25±5				$f_{OR} = 4406250 \pm 2000$ $f_{OR} = 4250000 \pm 2000$ $f_O = 4286000 \pm 20000$
Частоты поднесущих цветности	$f_F = \frac{455}{2} \cdot f_H$	$f_F = \left(\frac{1135}{4} + \frac{1}{625} \right) \cdot f_H$		$f_F = \left(\frac{909}{4} \right) \cdot f_H$	$f_F = \left(\frac{917}{4} + \frac{1}{625} \right) \cdot f_H$				$f_{OR} = 282 \cdot f_H, f_{OB} = 272 \cdot f_H$

Защитные пакеты немодулированных поднесущих используются для:

- формирования в цветоразностных сигналах плоских участков для фиксации уровня «черного»;
- формирования строчных сигналов цветовой синхронизации;
- предотвращения переходных процессов в демодулированных сигналах в начале активных интервалах строк.

Три системы SECAM, PAL и NTSC отличаются только способом формирования сигнала цветности. Спектр сигнала цветности размещается в верхней части спектра сигнала яркости, т. е. информация цветности передается без расширения полосы частот ТВ канала. Совмещение спектров основано на их сложении – частоту цветовой поднесущей выбирают так, что она и составляющие ее спектра располагаются в зазорах спектра сигнала яркости.

Существуют три метода получения такой поднесущей:

- метод коммутации фазы с двумя поднесущими;
- метод частотной синхронизации;
- метод коммутации фазы с одной поднесущей.

Система SECAM

В системе SECAM использован метод коммутации фазы с двумя поднесущими. Коммутация ведется либо в начале и конце каждой третьей строки, образуя последовательность начальных фаз $0^\circ, 0^\circ, 180^\circ, 0^\circ, 0^\circ, 180^\circ$ и т. д.

Применяются две поднесущие частоты f_{0R} и f_{0B} , чередуемые через строку, так что при любом из двух методов коммутации в каждой из поднесущих начальные фазы чередуются по закону $0^\circ, 0^\circ, 180^\circ, 0^\circ, 0^\circ, 180^\circ$ и т. д. Кроме того, фаза коммутируется от поля к полю.

В системе SECAM каждый цветоразностный сигнал модулирует по частоте свою поднесущую. Они отличаются между собой на 10 строчных периодов. Полоса частот цветоразностных сигналов равна 1,5 МГц.

Процесс поочередной передачи строк требует опознавания их в приемном устройстве с целью синхронизации соответствующих демодуляторов. Для этого в видеосигнал вводятся сигналы опознавания. Сигналы опознавания, передаваемые в кадровом гасящем промежутке, представляют собой цветовую поднесущую, модулированную по частоте трапецеидальными импульсами [5].

Система PAL

В системе PAL принят четвертьстрочный сдвиг с дополнительным смещением на частоту кадров, когда

$$f_0 = (n \pm 0,25) f_c + f_k,$$

где f_0 – частота поднесущей,
 n – целое число,
 f_c – строчная частота,
 f_k – кадровая частота.

Структура такой поднесущей сдвигается от строки к строке на $1/4$ периода. Поскольку число строк в кадре нечетное, кадры сдвинуты во времени на $1/4$ периода и полный цикл чередования фаз поднесущей и компенсации заметности составляет четыре кадра. Сдвиг по частоте на f_k приводит к перемене полярности структуры от кадра к кадру и не изменяет цикла чередования фаз. Частота, соответствующая этому циклу, равна разности частот двух ближайших гармоник спектра.

Метод коммутации фазы – использование поднесущей частоты, кратной частоте строк $f_0 = n f_c$, и коммутация ее на 180° от строки к строке. Структура раstra поднесущей, механизм компенсации ее заметности и цикл чередования фаз в этом случае такие же, как при полустрочном офсете.

Метод частотной синхронизации – введение жесткой связи между частотами поднесущей f_0 и строк f_c путем установления между ними требуемой кратности.

Система NTSC

В системе NTSC принят полустрочный сдвиг (офсет), когда

$$f_0 = \left(\frac{n+1}{2} \right) f_c.$$

При этом в строке укладывается нечетное число полупериодов, что приводит к изменению полярности поднесущей от строки к строке и от кадра к кадру. Такая поднесущая создает на телевизионном изображении шахматную структуру из светлых и темных точек, которые от кадра к кадру меняются местами, благодаря чему структура мало заметна. Полный цикл чередования фаз поднесущей составляет два кадра.

Основные расчетные соотношения для систем SECAM, PAL, NTSC приведены в табл. 1.7.

1.3. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВИДЕОКАНАЛА

Оценить качественные показатели видеоканала, антенных устройств, распределительных сетей и телевизоров можно с помощью методов, основанных на использовании испытательных сигналов, излучаемых передающими станциями одновременно с сигналами телевизионных программ.

Под видеоканалом понимают часть тракта передачи телевизионного сигнала от выхода электроннооптического преобразователя передающей трубки до входа радиопередатчика телевизионного канала. Видеоканал включает устройства формирования полного телевизионного сигнала. Так как полный видеосигнал

представляет собой сумму сигналов яркости и цветности, то условно видеоканал может рассматриваться как канал «яркости» и «цветности» в совмещенной полосе частот.

При настройке телевизионных приемников следует научиться различать причины нарушения их работы. Они могут быть вызваны искажением формы принимаемых сигналов изображения вследствие нарушений в видеоканале, антенных устройствах, распределительных сетях или неисправностью телевизионного приемника. Рассмотрим как по тому или иному дефекту изображения установить, каким видом искажений он вызван.

1.3.1 ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Линейные искажения сигналов изображения делятся на искажения сигналов яркости и цветности. Они являются основным видом искажений, возникающих при приеме телевизионных программ.

Линейные искажения разделяются на:

- системные – возникающие из-за недостаточного подавления нижней боковой полосы на передающей стороне;
- частотные и фазовые – вызванные неравномерностью АЧХ и ФЧХ приемного тракта [3].

Линейные искажения в канале яркости

Различают линейные искажения в канале яркости в диапазонах:

- наименьших частот (меньших частоты полей);
- низких частот (частоты полей);
- средних видеочастот (строчной частоты);
- высоких частот (видеочастот).

Искажения наименьших частот возникают при переключении видеосигналов с сильно отличающейся постоянной составляющей (смена светлых и темных заставок). Для их анализа пригодны любые испытательные сигналы со сменой по полям постоянной составляющей. На практике они исследуются переключением видеосигналов с сильно отличающейся постоянной составляющей.

В области низких частот используются сигналы (рис. 1.27) со сменой по полям прямоугольных импульсов равной скважности с частотой полей. Эти импульсы позволяют выявить искажения передачи уровней «черного» и «белого».

Область средних и высоких частот исследуют с помощью комбинации синусквадратичного и прямоугольного импульсов (рис. 1.30, 1.31).

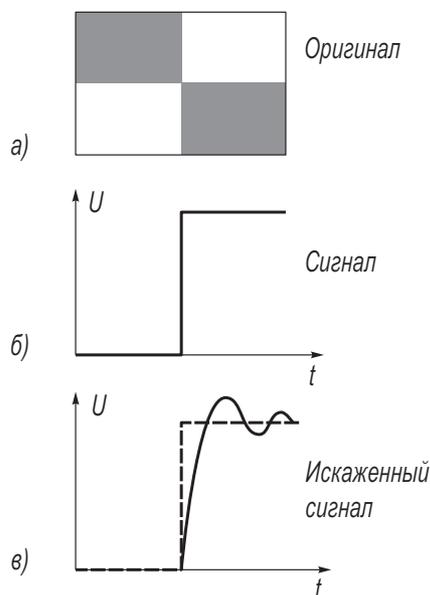


Рис. 1.13. Искажения переходов черно-белого изображения

Изменение вершины прямоугольного импульса соответствует искажениям при передаче уровня «белого», а изменения его фронтов и синусквadraticного импульса – верхних составляющих спектра в области средних частот видеосигнала.

Искажения сигналов яркости и цветности

Анализ составляющих сигнала яркости осуществляют сигналом «черно-белый полукадр» и «шахматное поле» (рис. 1.13а).

Идеальный видеосигнал, соответствующий испытательному, представлен на рис. 1.13 пунктирной линией. Он повторяется со строчной частотой 15625 Гц. Искажение импульса приводит к размытию перехода черно-белого изображения. Выбросы выше идеальной кривой приводят к появлению более ярких участков изображения, а ниже – более темных. Такой анализ тракта канала яркости позволяет оценить степень искажения сигнала.

Наиболее характерные искажения испытательных импульсов сведены в табл. 1.8. В большинстве случаев, на практике, приведенные в таблице частотно-фазовые искажения соответствуют основным четырем случаям.

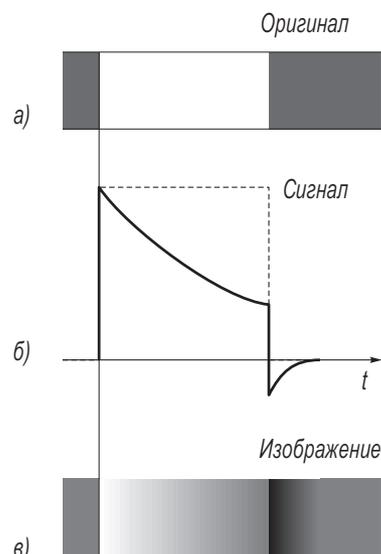


Рис. 1.14. Искажения типа «тянущиеся продолжения»

Перекося плоской части импульса изменяет перераспределение яркости светлой полосы на изображении. Яркость изображения (рис. 1.14в) уменьшается в направлении развертки луча. Такие искажения называются «тянущимися продолжениями». За яркой полосой на изображении появляется темный участок, который постепенно светлеет, а затем следует участок с повышенной яркостью.

Таблица 1.8.

Искажения испытательных сигналов		
Содержание искажения	Влияние на форму сигнала	Сигнал
Частотные искажения		
Уменьшение амплитуды НЧ составляющих (первой гармоники)	Искажение горизонтальной части импульса	
Уменьшение доли высших гармонических составляющих	Искажение крутизны фронтов	
Фазовые искажения		
Сдвиг по фазе НЧ составляющих (первой гармоники)	Перекося горизонтальной части импульса	
Сдвиг по фазе высших гармонических составляющих	ВЧ колебания на горизонтальной части импульса	

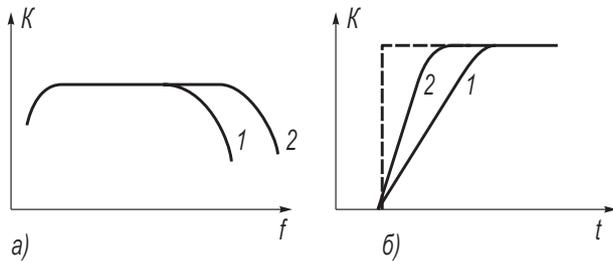


Рис. 1.15. Изменение полосы пропускания тракта изображения

При воспроизведении цветного изображения на описанном участке в месте убывания яркости изменяется окраска. Степень искажений зависит от уровня перепада. Такие искажения существенно ухудшают качество цветопередачи.

Завал на верхних частотах АЧХ тракта изображения уменьшает крутизну импульсов видеосигнала (рис. 1.15). При уменьшении крутизны импульсов полоса АЧХ сужается. К таким же искажениям приводят соответствующие фазовые искажения в области верхних частот.

Уменьшение крутизны фронта импульсов обуславливают размытие контуров крупных деталей изображения и ухудшению четкости воспроизведения мелких деталей.

При приеме цветного изображения уменьшение полосы пропускания канала вызывает искажения фазовой характеристики, что приводит к искажению переходных характеристик каналов яркости и цветности. Визуально это проявляется в появлении цветных окантовок и расхождении сигналов яркости и цветности.

Фазовые искажения обуславливают выбросы и колебательные процессы на плоской части прямоугольного импульса. Им подвержены составляющие в верхней и средней частях спектра видеосигнала. Число периодов затухающего переходного процесса зависит от параметров каскадов тракта, а частота колебаний соответствует частоте среза АЧХ.

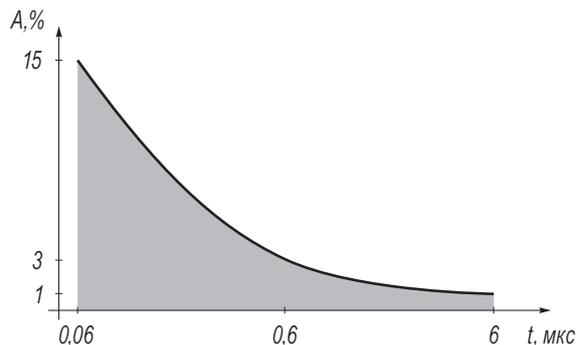


Рис. 1.16. Зависимость искажений цвета от интенсивности мешающего сигнала

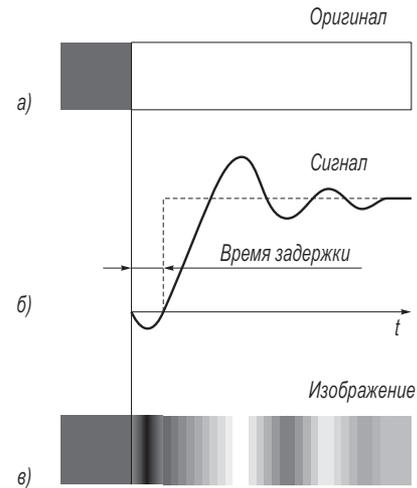


Рис. 1.17. Искажения типа «оконтуривание»

Нелинейность сквозной фазовой характеристики тракта изображения возрастает с ростом крутизны АЧХ в области высоких частот. Она определяет амплитуду выбросов на вершине прямоугольных импульсов (рис. 1.17б).

На черно-белом изображении нелинейность фазовой характеристики приводит к появлению чередующихся линий, параллельных контурам изображения. Такой вид искажений называется «оконтуривание».

Слабое «оконтуривание» в какой-то мере улучшает восприятие черно-белого изображения. При сильном «оконтуривании» перед контурами ярких объектов образуются черные обводы, обусловленные передним выбросом импульса, а за яркими изображениями следуют многократные повторения контура.

При наладке телевизионных приемников следует помнить, что появление «оконтуривания» возможно не только из-за частотных и фазовых искажений, а и наличия отраженных сигналов при несогласованности антенны с входом телевизионного приемника.

Переотражения не оказывают существенного влияния на качество цветопередачи крупных деталей. Искажения цвета наблюдается на переходах в местах повторных изображений.

Заметить такие искажения можно при определенной интенсивности отраженного сигнала. На рис. 1.16 приведена зависимость интенсивности мешающего сигнала от смещения изображения на экране. Отраженные сигналы с параметрами выше кривой становятся заметными.

1.3.2 НЕЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

На практике все звенья тракта вносят нелинейные искажения. Источником нелинейных искажений сигнала изображения служат нелинейные характеристики активных элементов звеньев тракта прохождения видеосигнала. Искажения могут возникать как в информационной части сигнала изображения, так и синхросигнале.

Нелинейные искажения сигнала яркости

Сигнал яркости на выходе тракта изображения может искажаться следующим образом:

- сигнал «черного» переходит в область «серого», «серое» в область «белого», а белые и серые участки сливаются (изображение теряет контрастность);
- уровень «черного» и «серого» сливаются (изображение становится контрастным) [3].

Такие искажения вызваны нелинейностью модуляционной характеристики передатчика на передающей стороне или нелинейностью детектора телевизионного приемника.

В радиопередатчиках нелинейные искажения определяются нелинейностью модуляционной характеристики. Ее верхний изгиб приводит к ограничению (компрессии) синхроимпульсов, а нижний – в области белого и цветовой поднесущей.

Нелинейные искажения сигнала цветности

В системе SECAM информация о цвете передается частотной модуляцией цветовой поднесущей. Сигнал цветовой поднесущей передается в совмещенной полосе с сигналом яркости. На вертикальных переходах, в моменты резких изменений яркости, возникает значительное изменение фазы поднесущей цветности. Изменение фазы приводит к изменению частоты цветовой поднесущей, т. е. к искажениям цвета. Такие искажения называются дифференциальными.

При передаче цветного изображения, в зависимости от изменения уровня сигнала яркости, возникают дифференциальные искажения. Степень искажений определяется перепадом изменения уровня сигнала яркости, так как сигнал цветности наложен на сигнал яркости, и зависит от начального и конечного значения сигнала яркости. Причина искажений опреде-

ляется тем, что комплексные сопротивления участков тракта изменяются в зависимости от уровня сигнала. Так как сигнал цветности поднесущей как бы наложен на сигнал яркости, что приводит к искажениям цвета в воспроизводимом изображении.

В системе SECAM информация о цветоразностных сигналах передается частотной модуляцией цветových поднесущих. В моменты перепадов яркости на вертикальных границах между участками изображения с разными цветами, (цветовых переходах) при наличии в тракте дифференциально-фазовых искажений, возникает резкое изменение фазы сигнала цветовой поднесущей.

Поскольку частота – производная от фазы по времени, такие изменения фазы сопровождаются кратковременными изменениями частоты поднесущей, т. е. приводят к искажениям воспроизводимого цвета. Эти искажения тем заметнее, чем круче перепад яркостного сигнала и чем больше разница в его уровнях до и после перехода.

В декодере цветности телевизора дискриминатор реагирует на резкое изменение уровня сигнала яркости выдачей паразитного импульса, который окрашивает переход. Окрашивание цветových переходов возможно также при несоответствии частот покоя поднесущих цветности и коммутации фазы поднесущей.

При коммутации фазы поднесущей по строкам и по полям, в зависимости от закона коммутации фазы, переходы яркости могут окрашиваться по-разному в различных строках одного полукадра. В результате на изображении переходов появляются хаотически расположенные цветные штрихи. Такие искажения относятся к дифференциально-фазовым.

При изменении уровня сигнала яркости может изменяться коэффициент передачи канала изображения. Это усугубляет дифференциально-фазовые искажения и обусловлено передачей сигналов яркости и цветности в совмещенной полосе частот. Оба типа искажений относятся к перекрестным искажениям яркости и цветности.

Искажения также возникают в канале яркости при изменениях амплитуды сигнала цветности. Они относятся к искажениям типа «цветность-яркость».

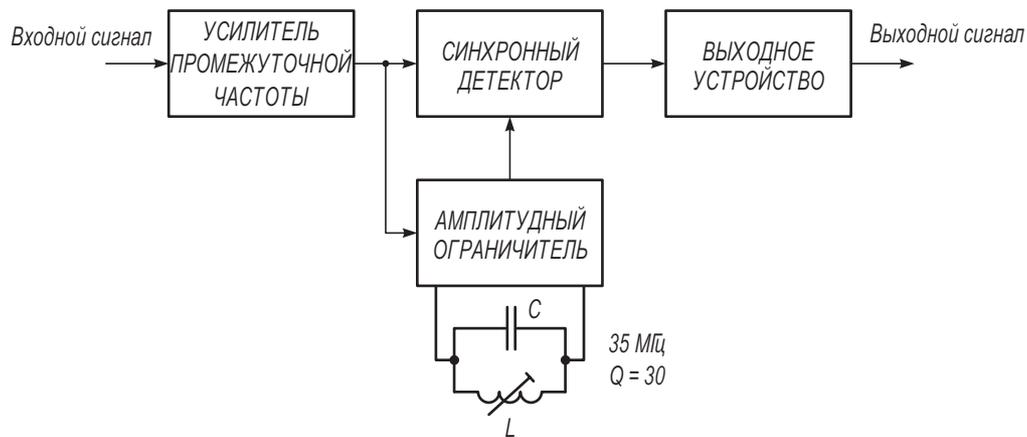


Рис. 1.18. Структурная схема синхронного детектора

Они возникают в тракте изображения из-за значительной нелинейности модуляционной характеристики передатчиков.

На изображении этот вид искажений проявляется в неодинаковом изменении яркости соседних строк. Эти искажения максимальны на голубых статических изображениях.

Аналогичные, по внешним признакам, искажения возникают при подавлении части нижней боковой полосы в спектре ТВ сигнала. При этом огибающая модулированного колебания оказывается деформированной. Степень деформации уменьшается с уменьшением глубины модуляции.

Сходный эффект (разнояркости строк) на изображении может возникнуть благодаря наличию в тракте асимметрично-фазовых (квадратурных) искажений, связанных с подавлением части нижней боковой полосы в спектре радиосигнала.

Искажающий эффект квадратурных искажений, кроме деформации амплитудно-частотной характеристики, выражается в заметном увеличении времени нарастания фронта переходной характеристики.

Влияние квадратурной составляющей на форму телевизионного сигнала в значительной мере зависит от способа детектирования. Традиционный амплитудный детектор выделяет сигнал, примерно пропорциональный той деформированной огибающей радиочастотного канала, которая образуется в результате квадратурного сложения синфазной и квадратурной составляющих с вышеописанными искажениями телевизионного сигнала, сопутствующими ей.

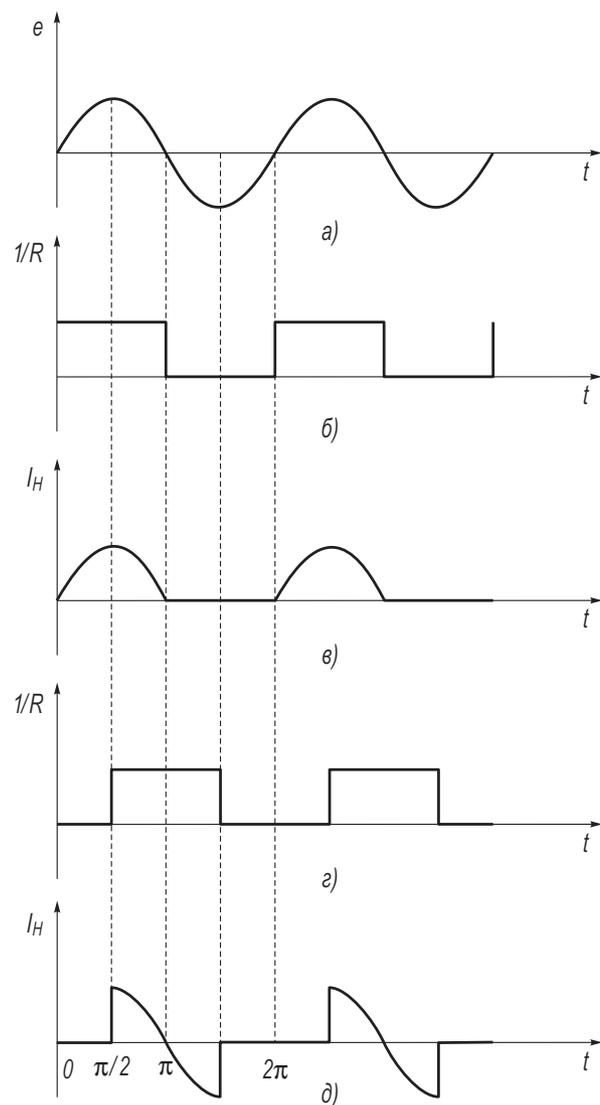


Рис. 1.19. Синхронный детектор, эюры сигналов

Иная картина имеет место при синхронном детектировании. Здесь можно не только избежать вредного воздействия квадратуры, но и использовать ее для коррекции асимметрично-фазовых искажений.

Поскольку квадратурные искажения обусловлены смещением фазы несущей, их компенсация возможна путем ее обратного смещения. Это можно осуществить в синхронном детекторе, проводимость которого зависит от времени (в отличие от амплитудного детектора, у которого проводимость зависит от напряжения, приложенного к диоду).

Структурная схема синхронного детектора представлена на рис. 1.18. Его действие аналогично действию ключевого модулятора, в котором ключ управляется синхронно с частотой источника модулирующего сигнала, но не зависит от его частоты. Ключ замыкается на время, равное половине периода входного сигнала.

На рис. 1.19в показаны периоды замыкания и размыкания ключа детектора. При этом происходит выпрямление переменного тока сигнала.

Обычно работой ключа управляет сигнал некоторой вспомогательной частоты, который может быть получен либо выделением из входного сигнала узкополосным фильтром и огра-

нителем, срезающим амплитудную модуляцию, либо с помощью гетеродина, синхронизируемого входным сигналом. Подбором фазы этого сигнала с помощью регулируемого фазорегулятора можно сдвинуть фазу входного сигнала на угол, равный и обратный по знаку паразитной фазе.

Важнейшим условием правильной работы синхронного детектора является точная синхронность фаз входного и управляющего сигналов. В противном случае при изменении фаз, например, на 180° , изменится полярность выпрямленного напряжения, а при изменении фазы на 90° или 270° — детектирования не будет вообще, потому что ток в цепи не будет иметь постоянной составляющей (рис. 1.19д).

Любые промежуточные сдвиги приведут к искажениям параметров детектируемого сигнала. Например, отклонение фазы на 5° может быть оценено по искажению синусквадратичного $2T$ -импульса. Такой сдвиг вызовет искажение АЧХ в области нижних частот примерно на 0,5 дБ. Синхронные детекторы работают при фазовом сдвиге 0° и 180° . При сдвиге 90° детектор не работает.

Синхронное детектирование позволяет безыскаженно выделять огибающую даже при 100% модуляции.

1.3.3 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Телевизионный канал должен обеспечить прохождение сигнала изображения с минимально допустимыми искажениями его формы. Это значит, что переходная характеристика канала должна удовлетворять определенным требованиям и может быть нормирована.

С другой стороны, переходная характеристика канала однозначно связана с его статическими характеристиками — амплитудно-частотной и фазо-частотной. Это позволяет нормировать амплитудные и фазовые характеристики канала.

Качественные показатели видеоканала оценивают с помощью амплитудно-частотных характеристик и по его переходной характеристике.

Большой интерес представляет исследование динамических характеристик, что особенно важно при исследовании устройств, включающих цепи фиксации.

Для этой цели используют генераторы испытательных сигналов и эфирные испытательные

сигналы. Несмотря на то, что при использовании испытательных сигналов для оценки работы тракта, точность измерений не велика, они позволяют исследовать устройства, содержащие цепи фиксации.

Так сигналы качающейся частоты позволяют по смещению серии синусоидальных колебаний относительно фронтов синхроимпульсов оценить неравномерность группового времени запаздывания. По отсчетным уровням контрольных сигналов оценивается величина искажений.

Измерение переходных характеристик

Любой электрический сигнал можно представить в виде суммы гармонических колебаний ряда частот (рис. 1.20) [4]. Спектр сложного сигнала условно изображается в координатах, «амплитуда сигнала — частота». Частоты сигналов, составляющих сложный сигнал называются гармониками. Пропорциональное изменение амплитуд всех составляющих сигнала приводит к усилению или ослаблению сигнала.

Если изменить фазу сигнала второй гармоники на 180° , то форма сигнала изменится в сравнении с исходным сигналом. Если все гармоники сигнала сдвигаются по фазе пропорционально частоте сигнала, то форма сигнала не искажается.

Следствием таких фазовых сдвигов в электрических цепях является задержка сигнала. Для сложных сигналов, которым является телевизионный сигнал, условием неискаженной передачи является прямая пропорциональная зависимость между частотой гармоник сигнала и сдвигом фаз.

Оценка группового времени запаздывания

Фазовый сдвиг частотных составляющих сигнала характеризует параметр — групповое время запаздывания (ГВЗ).

Разное значение ГВЗ искажает форму сигнала яркости. При измерении переходных характеристик ГВЗ проявляется в изменении фронта импульса.

В канале цветности ГВЗ проявляется в несовпадении сигналов яркости и цветности, что

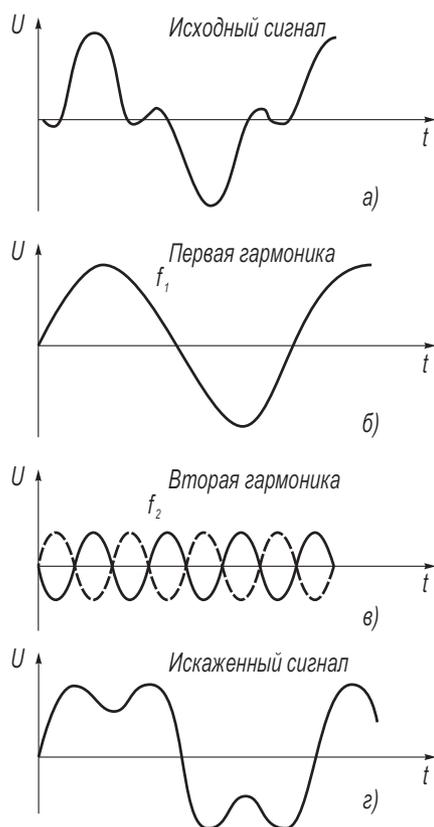


Рис. 1.20. Спектральный состав прямоугольного сигнала

приводит, например, к появлению цветных окантовок изображения.

На практике характеристика группового времени запаздывания оценивается по амплитудно-частотной характеристике телевизионного приемника. Плоской части АЧХ соответствует линейный участок фазо-частотной характеристики (ФЧХ), а скатам — нелинейные (рис. 1.21).

Испытательные сигналы

Для оценки качественных показателей видеоканала в целом не приемлемы способы измерения АЧХ по точкам или с помощью измерителя частотных характеристик. Это связано с тем, что в отдельных его звеньях используются схемы фиксации уровня сигнала, искажающие спектр синусоидальных сигналов.

Для контроля АЧХ телевизионных каналов используют испытательные сигналы. Испытательные сигналы подают от специализированных генераторов, либо используют эфирные, расположенные в гасящих интервалах кадровых импульсов (рис. 1.29...1.32). Все испытательные сигналы представляют собой полный видеосигнал.

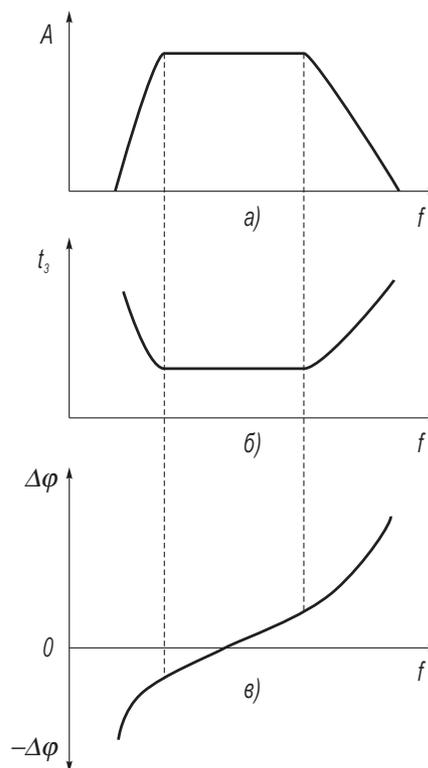


Рис. 1.21. Связь амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик сложного сигнала

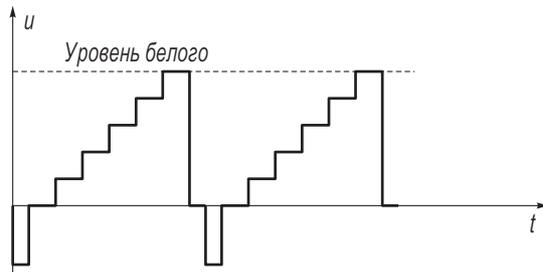


Рис. 1.22. Сигнал ступенчатой формы

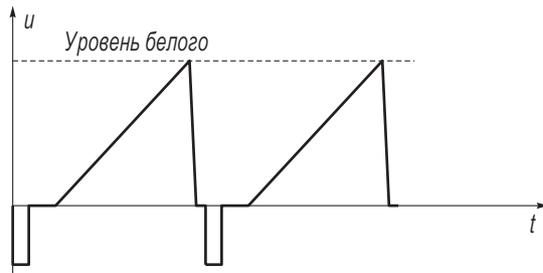


Рис. 1.23. Сигнал пилообразной формы

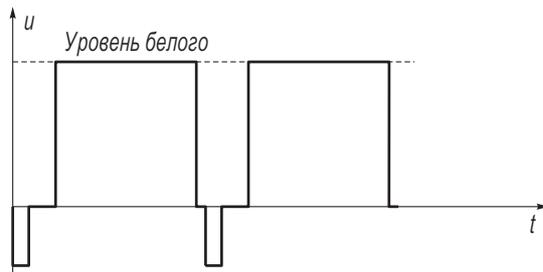


Рис. 1.24. Сигнал прямоугольной формы

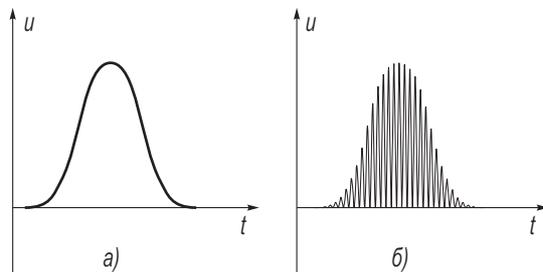


Рис. 1.25. Синусквадратичные импульсы

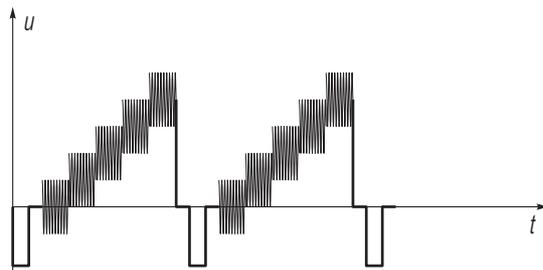


Рис. 1.26. Сложный сигнал ступенчатой формы

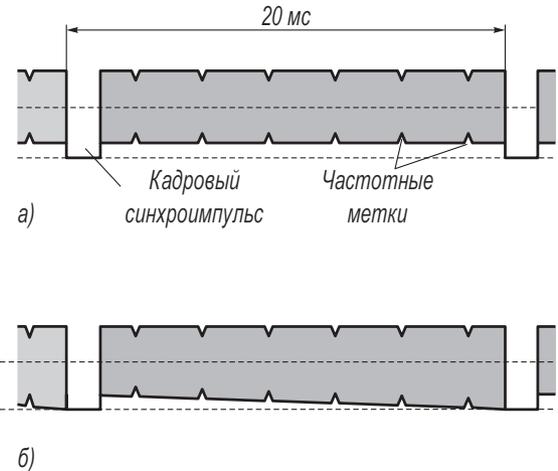


Рис. 1.27. Сигналы качающейся частоты

Простые испытательные сигналы

Сигнал ступенчатой формы (рис. 1.22) представляет собой от пяти до десяти уровней градации яркости. Он предназначен для оценки нелинейности АЧХ.

Сигнал пилообразной формы (рис. 1.23) представляет собой линейно-изменяющийся сигнал яркости. Используется для исследования линейности АЧХ видеоканала.

Сигнал прямоугольной формы (рис. 1.24) используется для исследования переходных характеристик и в качестве опорного в комбинированных сигналах. Уровни прямоугольного сигнала нормированы, поэтому по ним производится отсчет.

Синусквадратичные импульсы (рис. 1.25а) используются для измерения характеристик видеоканала в области частот, в которой передается основная энергия сигнала яркости.

Сложным синусквадратичным импульсом называют импульс, представляющий собой синусквадратичный импульс, промодулированный сигналом цветности (рис. 1.25б).

Сигнал ступенчатой формы с наложенной цветовой поднесущей (рис. 1.26) используется для оценки нелинейных искажений сигнала цветности, приводящих к изменению размахов сигнала яркости.

Сигналы качающейся частоты (рис. 1.27).

Испытательный сигнал содержит частотно-модулированные колебания в интервале от 0,5 до 6,5 МГц.

Неравномерность АЧХ оценивают с помощью осциллографа по изменению размаха огибающих синусоидальных колебаний.

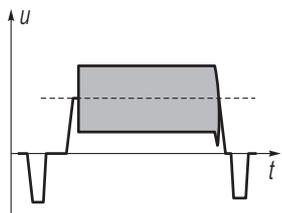


Рис. 1.28. Искажения огибающей частотно-модулированного сигнала

Форма огибающей частотно-модулированных синусоидальных колебаний также зависит от группового времени распространения. При этом она искажается как показано на рис. 1.28.

Комбинированные испытательные сигналы

Для комплексной проверки телевизионных каналов используют комбинированные испытательные импульсы. Они содержат комбинации испытательных импульсов сгруппированные в определенной последовательности.

Сигнал (рис. 1.29) состоит из:

- опорного прямоугольного сигнала длительностью 2 мкс;
- шести пакетов, промодулированных по частоте от 0,5 до 5,8 МГц.

Сигнал (рис. 1.30) состоит из:

- опорного прямоугольного сигнала длительностью 5 мкс;
- синусквadraticных импульсов 2Т и 20Т;
- пятиуровневого сигнала яркости.

Сигнал (рис. 1.31) состоит из:

- опорного прямоугольного сигнала длительностью 5 мкс;
- синусквadraticного импульса 2Т;

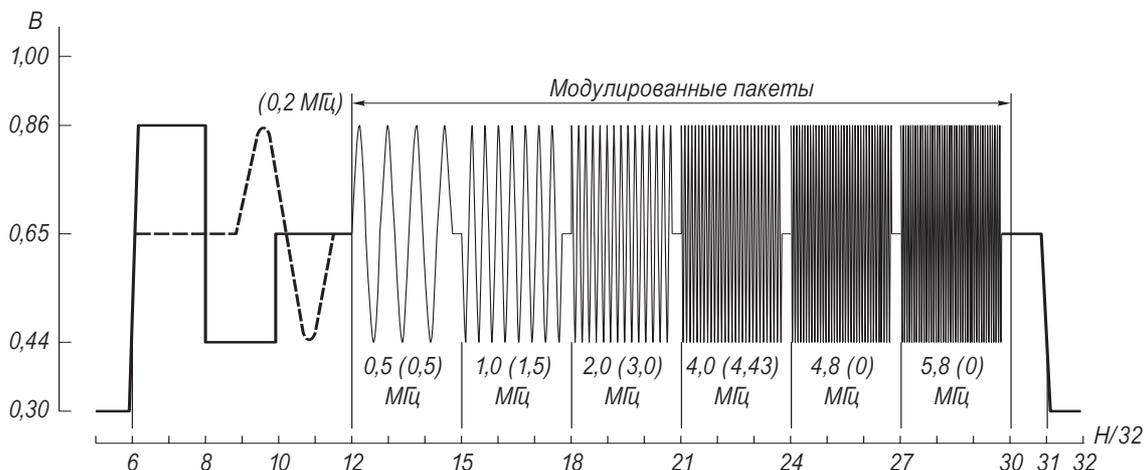


Рис. 1.29. Комбинированный сигнал 1

- пятиуровневого сигнала яркости с наложенными колебаниями цветовой поднесущей.

Сигнал на рис. 1.32 состоит из сигнала яркости с размахом 50%, промодулированного сигналом цветовой поднесущей и сигнала качающейся частоты.

Эфирные испытательные сигналы

При передаче телевизионных программ в интервале кадрового гасящего импульса вводятся контрольные комбинированные испытательные импульсы для возможности контроля звеньев тракта. Они могут использоваться для контроля работы и настройки телевизионных приемников, телевизионных сетей и пр.

Контрольные импульсы располагаются:

- для международных телевизионных каналов:
 - в строках 17, 18 первого полукадра;
 - в строках 330, 331 второго полукадра;
- для национальных каналов:
 - в строках 19...21 первого полукадра;
 - в строках 332...334 второго полукадра;
- для идентификации источника ввода испытательных сигналов отведены 16-я и 329-я строки.

Контрольные сигналы располагаются в верхней части раstra экрана телевизионного приемника. Они не заметны на экране при правильно отрегулированном размере изображения [4].

В стандартах с разложением на 625 строк для возможности временных отсчетов каждая строка с контрольным импульсом разбивается на 32 интервала длительностью 2 мкс. Отсчет временных характеристик производится от переднего фронта на уровне половинного размаха синхримпульса. Основные отсчетные точки оцифрованы (рис. 1.29...1.32).

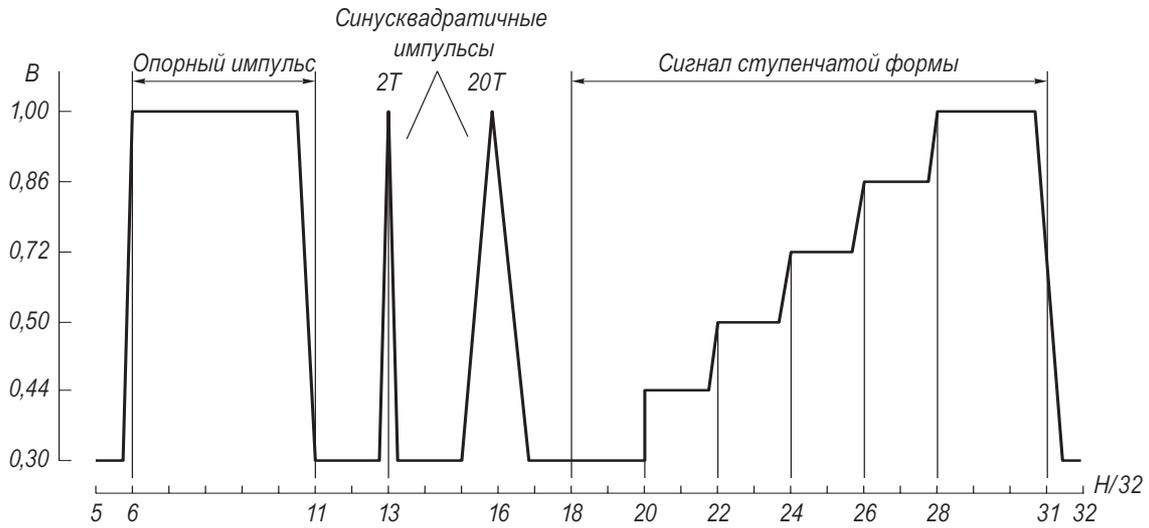


Рис. 1.30. Комбинированный сигнал 2

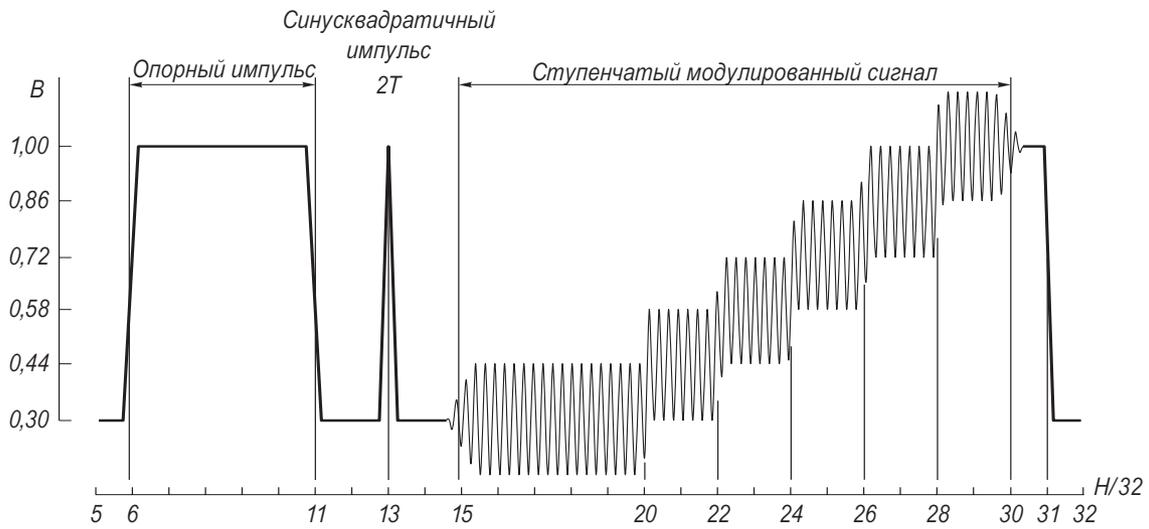


Рис. 1.31. Комбинированный сигнал 3

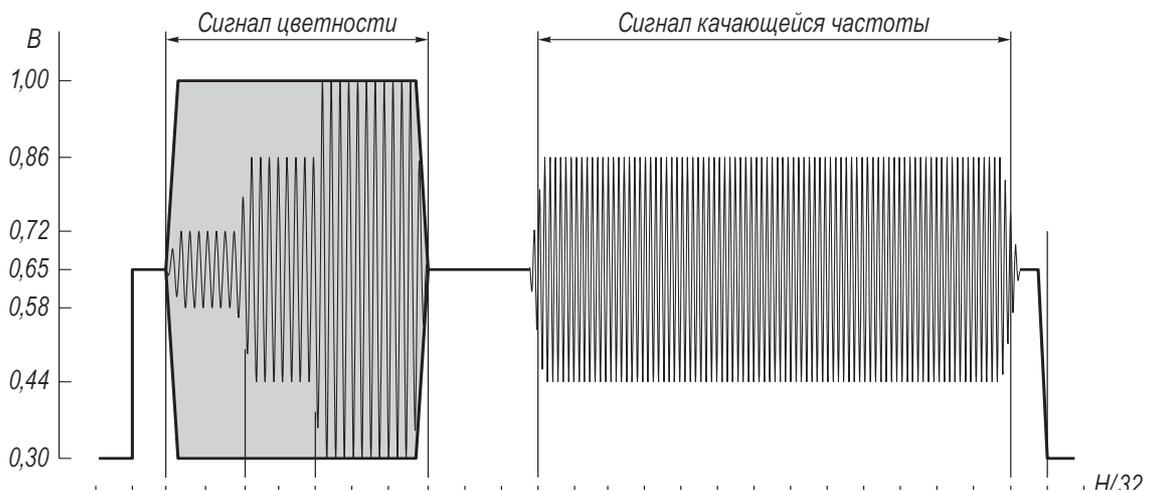


Рис. 1.32. Комбинированный сигнал 4

1.4. СКРЕМБЛИРОВАНИЕ ВИДЕОСИГНАЛОВ

С развитием телевизионного вещания возникает необходимость передачи программ для ограниченного круга телезрителей и как следствие – трансляция программ с маскированием информации. Для предотвращения просмотра программ платного телевидения абонентами, их не оплачивающими, передаваемый сигнал подвергают скремблированию (перемешиванию).

1.4.1 МЕТОДЫ СКРЕМБЛИРОВАНИЯ

Классификация методов скремблирования представлена на рис. 1.33. Общие характеристики систем скремблирования приведены в табл. 1.9 [6].

Системы скремблирования используют методы обработки сигналов по амплитуде и во времени. Системы обработки по амплитуде основаны на инверсии полярности, наложении сигнала помехи и изменении сигналов синхронизации. Эти системы просты в реализации, однако, приводят к ухудшению качества вещания.

Методы скремблирования относятся к маскированию связи. Для восстановления сигнала у абонента необходимы декодеры. Декодер устанавливается на приемной стороне (у телезрителя) в разрыв антенной линии или встраивается в телевизионный приемник. В последнем случае гарантии на телевизионный приемник принимает на себя тот, кто устанавливает декодер.

Такие системы не модифицируются, просты и имеют невысокую стоимость.

При обработке сигналов во времени, например, в строке развертки меняется порядок следования сигналов, смещается место положения строк, изменяется порядок следования строк развертки. Эти методы реализуются, в основном, цифровыми методами. Так хорошей степенью маскирования обладают системы МАК/Packet. В них используется временное уплотнение сигналов яркости и цветности.

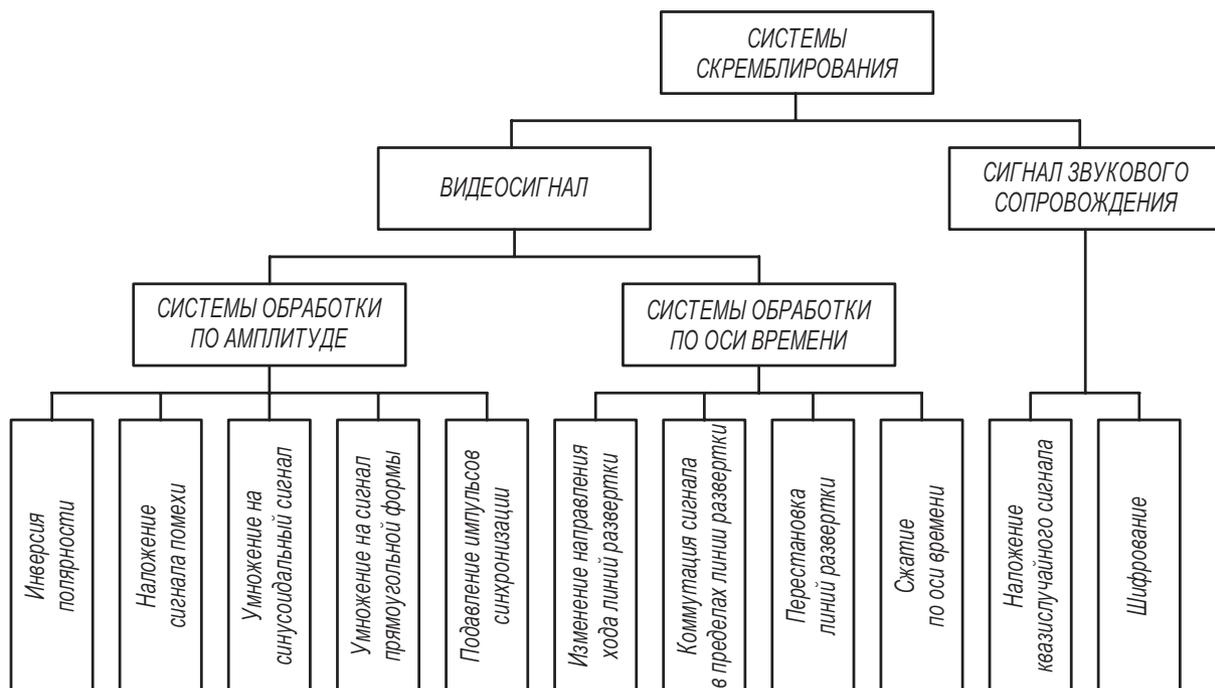


Рис. 1.33. Методы скремблирования сигналов

Инверсия полярности

Передача ведется после инверсии полярности видеосигнала. Кроме инверсии появляется неустойчивость синхронизации скремблированного изображения.

Для дескремблирования на вход телевизионного приемника подается высокочастотная несущая постоянной амплитуды.

Наложение сигнала помехи

Наложение сигнала помехи, например, на расстоянии 2,25 МГц от несущей изображения (рис. 1.33) приводит к тому, что на изображении возникают биения. При этом так же поражается сигнал звукового сопровождения и цветности:

$$2,25 \text{ МГц} \times 2 = 4,5 \text{ МГц} ;$$

$$2,25 \text{ МГц} \times 3 = 6,75 \text{ МГц} .$$

На стороне приема для дескремблирования включается режекторный фильтр, настроенный на частоту 2,25 МГц. В этом случае скремблирование обеспечивается простыми средствами. Однако ухудшается качество изображения, при демодуляции, из-за включения режекторного фильтра.

Умножение на сигнал синусоидальной формы

При этом методе маскирования исходный сигнал и сигнал синусоидальной формы, синхронизированный по строкам с исходным сигналом, преобразуется с помощью аналогового умножителя. Передача ведется в режиме подавления синхросигнала. На изображении в центральной части наблюдаются импульсы синхронизации.

При дескремблировании синусоидальный сигнал выделяется фильтром и через обратную связь подавляется в принимаемом сигнале.

Умножение на сигнал прямоугольной формы

Исходный сигнал и синхронный с ним по фазе сигнал прямоугольной формы строчной частоты перемножаются. При этом изображение на экране затемняется.

При дескремблировании принимаемый сигнал умножается на сигнал инверсный кодирующему.

Подавление импульсов синхронизации

При этом методе скремблирования изменяется уровень синхроимпульсов на передающей стороне. На приемной стороне нарушается синхронизация принимаемого сигнала.

Коммутация сигнала в пределах строки развертки

Суть кодирования заключается в том, что на отдельных участках, в пределах строки, правая и левая части изображения меняются местами.

Моменты перестановки изменяются по случайному закону. При этом достигается высокая степень маскирования. Закон изменения сигнала может изменяться через несколько секунд. При таком методе маскирования искажается форма переставляемых импульсов.

Система коммутации сигнала в пределах строки развертки имеет хорошую степень маскирования и стабильность. В случае использования в сетях кабельного телевидения, при повторном распределении скремблированного сигнала, сказывается паразитная амплитудная модуляция сигнала.

При коммутации сигналов в пределах строки развертки исходят из простоты обработки сигнала и устойчивости к снижению качества восстановленного изображения. Частоту отсчетов выбирают кратной $4 f_{\text{сц}}$, где $f_{\text{сц}}$ — частота поднесущей сигнала цветности. Эффективное число отсчетов в пределах одной строки выбрано равным 744 (4 отсчета называются блоком, а в одной строке размещается 186 блоков (рис. 1.34)).

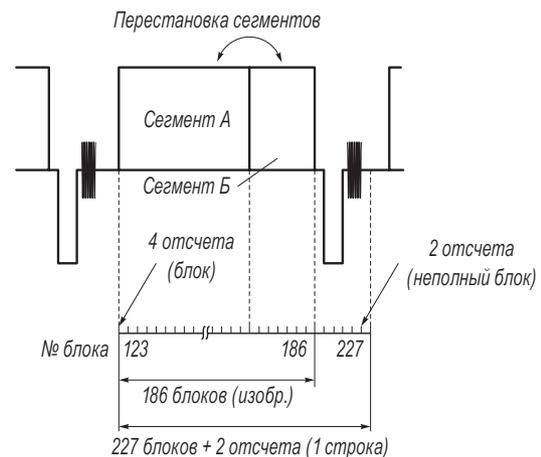


Рис. 1.34. Коммутация видеосигнала в пределах строки

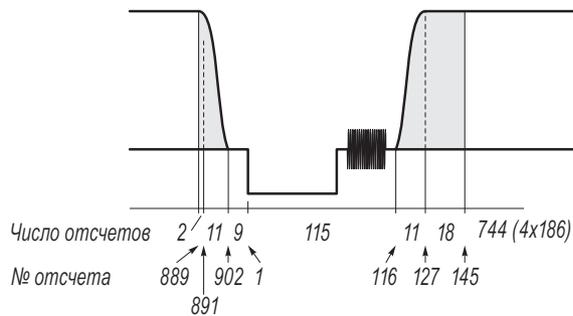


Рис. 1.35. **Дополнительные отсчеты в скремблированном сигнале**

Маскирование может осуществляться с помощью восьмибитовой последовательности.

Если на экране телевизора наблюдается случайно перемещающийся рисунок скремблированного изображения, то установлен режим скремблирования называемый «Free run mode» (режимом свободных колебаний). А если картина скремблированного сигнала фиксируется импульсами кадровой синхронизации – «V-lock».

Для предотвращения качества восстановленного изображения из-за смещения моментов коммутации, в сигнал вводят дополнительные отсчеты (рис. 1.35), которые являются опорными по отношению к сигналу строчной синхронизации. Моментом первого дополнительного отсчета от заднего фронта импульса строчной синхронизации выбран первый отсчет. При этом дополнительные отсчеты начинаются от 116-го по 145-й и с 889-го по 902-й.

Перестановка строк изображения

При этом методе кодирования хаотически переставляются местами строки развертки. В этом случае к каналу передачи предъявляются повышенные требования. Если имеет место спад вершины импульсов кадровой синхронизации – в верхней части восстановленного изображения наблюдается шумовая помеха. Для ее устранения вводят режим, при котором порядка 4% верхней части изображения исключают из области перестановки строк развертки.

Область перестановки устанавливают:

- в первом полукадре – от 23-й (31-й) строки до 262-й;
- во втором полукадре – от 286-й (294-й) строки до 525-й.

При дескремблировании, как и в предыдущем случае, используется запоминающее устройство, но большей емкости. Эффективность скремблирования такая же, как и при коммутации сигнала в пределах строки развертки.

Временное преобразование

Этот вид преобразования используется при передаче сигналов в системе MAC. В международном союзе электросвязи с 1982 года ведутся исследования приемных систем с условным доступом (conditional access).

В Европе стандартные системы унифицированы в систему MAC. В Европейском союзе вещания в 1985 году принята стандартная европейская система спутникового вещания.

Таблица 1.9.

Характеристики систем скремблирования			
Наименование	Система X	Система Y	Система Z
Служба	Спутниковая связь, непосредственный прием ТВ (TVRO)	Спутниковая связь, прямое вещание (DBS)	Кабельное ТВ
Система передачи изображения и звука	Изображение – система В-NTSC, звук – цифровой сигнал в основной полосе	Изображение – система В-MAC; звук – цифровой сигнал в основной полосе	Изображение – система SECAM, звук – аналоговый сигнал на поднесущей
Система передачи данных (сопутствующая информация)	56 бит/слово (уплотнение в интервале строчного гасящего импульса)	Уплотнение пакетов по 377 бит (в интервале кадрового гасящего импульса)	Система Didon-Antiope (уплотнение в интервале кадрового гасящего импульса)
Система скремблирования (изображение)	Подавление синхроимпульсов + инверсия полярности	Трансформация линий развертки	Перестановка линий развертки (3У на 32 строки)
Система скремблирования (звук)	Шифрование цифрового сигнала звукового сопровождения	Шифрование цифрового сигнала звукового сопровождения	Инверсия частотных полос (1 канал)
Средство передачи ключа	Радиоволны	Радиоволны	Телефонная линия
Система шифрования	Стандарт шифрованных данных DES	–	Стандарт шифрования данных (DES)
Число абонентов	Несколько миллионов	–	20 тыс.
Число вещательных станций (каналов)	240	4	30

Скремблирование сигналов звукового сопровождения

Сигнал звукового сопровождения в спутниковом телевизионном вещании передается в цифровой форме. Поэтому скремблирование цифрового сигнала не влияет на его качество при восстановлении.

Обычно скремблирование осуществляется методом непрерывного сложения с квазислучайным сигналом (псевдошумом).

На приемной стороне генерируется инверсный квазислучайный сигнал и в результате сложения с принятой сигнальной последовательностью восстанавливается исходный сигнал.

Параметры квазислучайного сигнала при передаче шифруются. Простыми средствами невозможно реализовать незаконное прослушивание звукового сопровождения.

Если алгоритм псевдошумового сигнала зафиксировать, то скремблированный сигнал можно восстановить. Поэтому параметры псевдошумового сигнала периодически изменяются.

Исследование сигналов скремблирования

При исследовании сигналов скремблирования, передаваемых через спутник, следует учитывать то обстоятельство, что все транслируемые каналы одного спутника синхронны. Для синхронизации «закрытых» каналов можно использовать синхросмесь нескремблированных каналов.



Рис. 1.37. Структура сопутствующей информации в скремблированном сигнале

Сопутствующая информация для декодирующих устройств спутниковых программ передается пакетами. Пакет информации, структура которого изображена на рис. 1.37, состоит из 16 бит заголовка и 272 бит данных.

Сопутствующая информация содержит:

- программную информацию, которая содержит ключ скремблирования, данные об абонентской плате, номерах программ и виде звукового сопровождения;
- управляющую информацию, которая содержит номер распознаваемого декодера и код отключения (при отсутствии ключа управляющая информация не согласуется с программной информацией);
- отдельную информацию, которая содержит рабочий ключ и признак формы договора с абонентом.

Сопутствующая информация передается в виде сообщений, состоящих из одного или двух пакетов.

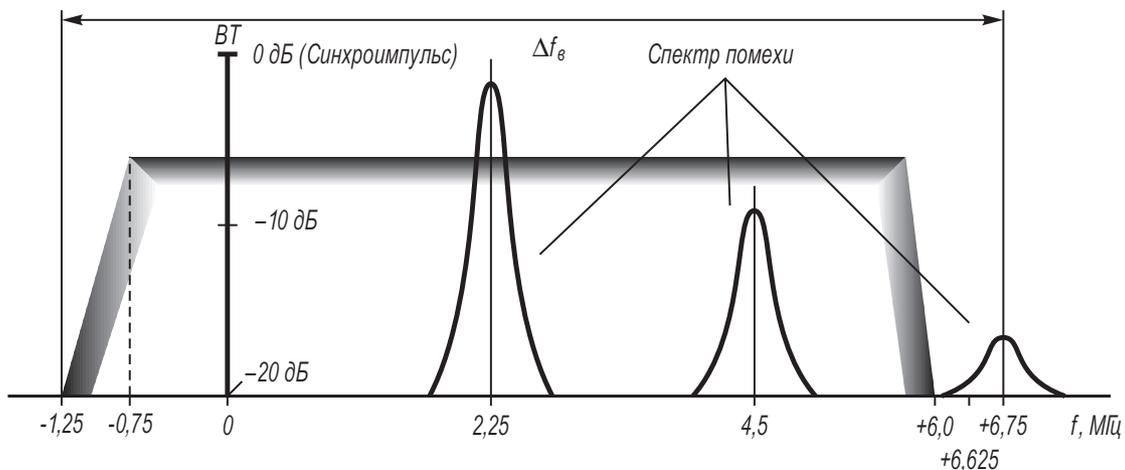


Рис. 1.36. Спектр сигнала при наложении сигнала помехи