

Министерство образования и науки Украины
Государственный Университет Телекоммуникаций
Кафедра радиотехнологий

Лекция 6

по дисциплине: “Основы телевидения и телевизионные системы”

на тему: “Формирование телевизионного сигнала”

Доцент Пархоменко В.Л.

Киев- 2014

Содержание

1. Формирование телевизионного сигнала

1.1. Общие положения

1.2. Принцип передачи цветного изображения

1.3. Совместимость цветного телевидения

1.4. Частотный спектр полного цветового телевизионного сигнала

1.5. Системы цветного телевидения

1.6. Система цветного телевидения NTSC

1.7. Особенности кодирования и декодирования системы PAL

1.8. Особенности кодирования системы SECAM

1.9. Особенности декодирования системы SECAM

1.1. Формирование телевизионного сигнала

Телевизио́нный сигнал — совокупность электрических сигналов, содержащая информацию о телевизионном изображении и звуке. Телевизионный сигнал может передаваться по радио или по кабелю. Термин употребляется в большинстве случаев применительно к аналоговому телевидению, потому что цифровое оперирует таким понятием, как поток данных.

Начинать знакомство с телевизионной техникой лучше всего с получения изображения и формирования полного телевизионного сигнала. В вещательном телевидении принят метод поочередного преобразования каждого элемента изображения в электрический сигнал с последующей передачей этого сигнала по одному каналу связи.

Для реализации такого принципа на передающей стороне применяются специальные электронно-лучевые трубки, преобразующие изображение передаваемого объекта в развернутый во времени электрический видеосигнал. Промышленность выпускает большое количество передающих трубок, различающихся по конструкции, назначению, электрическим параметрам.

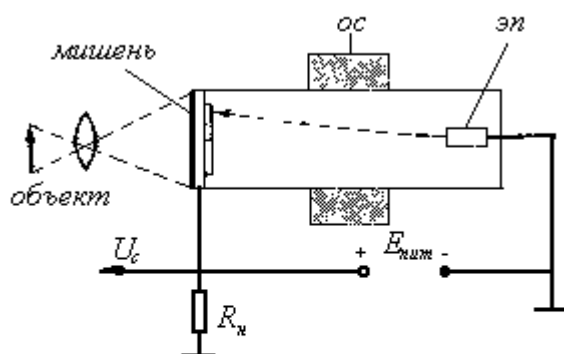


Рис. А. Конструкция передающей трубки

В качестве примера на рис. А. представлен в упрощенном виде один из вариантов передающей трубки. Внутри стеклянной колбы, находящейся под высоким вакуумом, расположены полупрозрачный фотокатод (мишень) и электронный прожектор (ЭП). Снаружи на горловину трубки надета отклоняющая система (ОС). Прожектор формирует тонкий электронный луч, который под воздействием ускоряющего поля направляется к мишени. При помощи отклоняющей системы луч перемещается слева направо (по строкам) и сверху вниз (по кадру), обегая всю поверхность мишени. На мишень трубки, покрытую светочувствительным слоем, проецируется

изображение. В результате каждый элементарный участок мишени приобретает электрический заряд. Образуется так называемый потенциальный рельеф. Электронный луч, взаимодействуя с каждым участком (точкой) потенциального рельефа, как бы стирает (нейтрализует) ее потенциал. Ток, который течет через сопротивление нагрузки R_n , будет зависеть от освещенности участка мишени, на который попадает электронный луч, и на нагрузке выделится видеосигнал U_c (рис.В). Напряжение видеосигнала будет изменяться от уровня "черного", соответствующего наиболее темным участкам передаваемого изображения, до уровня "белого", соответствующего наиболее светлым участкам изображения.

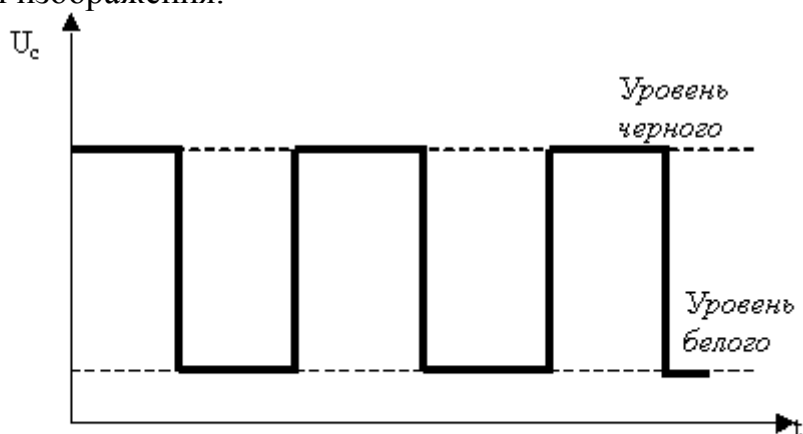


Рис. В. Выходной сигнал отрицательной полярности

Если в видеосигнале уровню "белого" соответствует максимальное значение сигнала, а уровню "черного" - минимальное, то такой видеосигнал будет называться позитивным (позитивной полярности). Если же уровню "белого" будет соответствовать минимальное значение сигнала, а уровню "черного" - максимальное, то видеосигнал будет являться негативным (негативной полярности). Характер видеосигнала зависит от конструкции и принципа действия передающей трубки. Видеосигнал, изображенный на рис.В. является негативным.

Телевизионный сигнал является импульсным однополярным (так как он является функцией яркости, которая не может быть разнополярной) сигналом. Он имеет сложную форму, и его можно представить в виде суммы постоянной и гармонических составляющих колебаний различных частот. Уровень постоянной составляющей характеризует среднюю яркость передаваемого изображения. При передаче подвижных изображений величина постоянной составляющей будет непрерывно меняться в соответствии с освещенностью. Эти изменения происходят с очень низкими частотами (0-3 Гц). С помощью нижних частот спектра видеосигнала воспроизводятся крупные детали изображения. Например, минимальная частота спектра видеосигнала получится при передаче изображения, представляющего собой сочетание светлой и темной половины раstra (рис.С.).



Рис. С. К определению минимальной частоты видеосигнала: изображение.

Форма сигнала (рис. D.) представляет собой прямоугольные импульсы. Минимальная частота этого сигнала будет соответствовать при чересстрочной развертке частоте полей, т.е. $f_n = f_{\text{п}} = 50$ Гц.

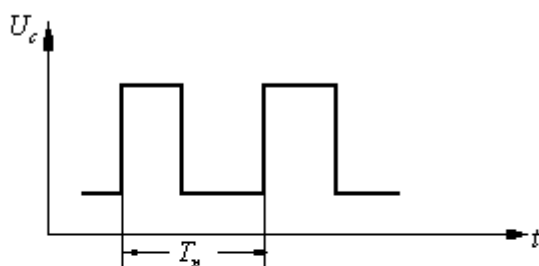
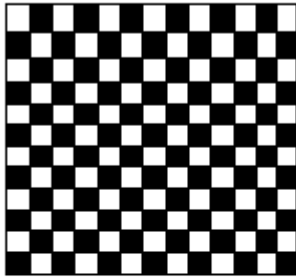


Рис. D. Видеосигнал, соответствующий фиж.

С помощью верхних частот передаются наиболее мелкие детали изображения. Такое изображение можно представить в виде чередующихся по яркости мелких черных и белых квадратов (рис. E.), которые располагаются вдоль строки и имеют размеры, равные толщине луча. Это и будет наиболее сложным изображением, так как будет содержать максимальное количество элементов изображения.



*Рис.Е. К определению
максимальной частоты
видеосигнала: изображение*

Для определения верхней граничной частоты такого видеосигнала можно произвести несложные расчеты: за время прямого и обратного хода кадровой развертки строчная развертка должна обойти 625 строк (принятый в нашей стране ТВ стандарт). Каждая строка может разместить (при формате кадра 4*3) 800 элементов изображения. Это будет соответствовать 400 периодам гармонических колебаний, так как один период этого колебания создается при чередовании темных и светлых элементов изображения.

При движении электронного луча вдоль отдельной строки на мишени передающей трубки из-за конечных размеров считывающего луча на нагрузке будет выделяться сигнал, величина которого будет изменяться по закону, близкому к синусоидальному.

Если принять, что частота смены кадров равна 50 в секунду (т.е. 50 Гц), то за 1 секунду должно быть:

$$50 \cdot 625 \cdot 400 = 12,5 \cdot 1000000 \text{ периодов колебаний (Гц, или 12,5 МГц).}$$

Итак, заданный спектр телевизионного сигнала занимает диапазон от 0 до 12,5 МГц. Но передача сигнала со столь широким спектром сопряжена со значительными техническими трудностями, поэтому, чтобы уменьшить полосу передаваемых частот, но при этом не потерять разрешающую способность по вертикали, применяется так называемая чересстрочная развертка, суть которой заключается в том, что каждый кадр разбивается на два полукадра (или поля), в течение которых передается по 312,5 строк, т.е. в два раза меньше, чем при построчной развертке.

Причем в течение первого поля передаются нечетные, а в течение второго поля - четные строки. В результате верхний частотный спектр сокращается вдвое, т.е. 6,25 МГц. Ну а если учесть, что, примерно, по 25 строк каждого поля обычно не воспроизводятся, так как приходится на время обратного хода кадровой развертки, то полоса передаваемых частот может быть определена в 6 МГц. Необходимо, также отметить, что, поскольку форма видеосигнала сложна и

может отличаться от синусоидальной, то это значит, что кроме основной частоты сигнал содержит и гармонические составляющие, имеющие более высокие частоты, кратные основной частоте сигнала. Однако, при передаче сигнала, соответствующего малым размерам изображения, ограничиваются передачей только основной частоты видеосигнала.

1.2. Принцип передачи цветного изображения:

Принцип передачи цветного изображения основан на так называемой трехкомпонентной теории цветового зрения, согласно которой практически все цвета, существующие в природе, можно получить с помощью смешения трех основных - красного, зеленого, синего, - взятых в определенной пропорции.

В телевидении их обозначают начальными буквами соответствующих английских слов: R (Red), G (Green) и B (Blue). Вспомним известный опыт: если с помощью фонарей одинаковой интенсивности источников с красным, зеленым и синим светофильтрами осветить экран таким образом, чтобы разные цвета частично совместились (рис. 1), то зеленый и красный в смеси дадут желтый цвет, красный и синий - пурпурный, синий и зеленый - голубой, а место совмещения красного, зеленого и синего даст в сумме белый цвет.

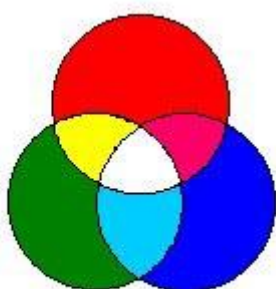


Рис. 1 Смешение трех основных цветов

Если теперь в одинаковой пропорции увеличивать или уменьшать мощности всех источников, то яркость белого пятна будет соответственно увеличиваться или уменьшаться, а цветовой тон смеси при этом останется неизменным. Если же изменять мощность источников в разных пропорциях, то тогда каждый цветовой

участок будет менять свой цвет, включая и белый участок. При рассмотрении каждого источника в отдельности можно отметить неодинаковую их яркость: зеленый источник будет казаться ярче красного и синего, а красный - ярче синего. Все дело в различной чувствительности глаза к яркости каждого цвета в отдельности.

1.3. Совместимость цветного телевидения:

При построении вещательного цветного телевидения кроме трех сигналов, несущих информацию о цвете, необходимо передавать и сигнал, соответствующий черно-белому изображению. Этот сигнал должен обеспечить совместимость цветного и черно-белого телевидения, т. е. возможность принимать на экране черно-белого телевизора цветную программу в черно-белом виде, а на экране цветного телевизора - черно-белую программу в черно-белом изображении.

Этот сигнал называется яркостным и обозначается E_y . Он может быть получен при смешении в определенной пропорции сигналов основных цветов (обозначаются E_r, E_g и E_b).

Соотношение между сигналом яркости E_y и сигналами основных цветов E_r, E_g и E_b было найдено с учетом кажущейся различной яркости основных цветов. Сигнал яркости можно выразить уравнением:

$$E_y = 0,30 E_r + 0,59 E_g + 0,11 E_b.$$

Сигнал яркости E_y формируется в специальной **матрице** (матрицей в цветном телевидении называют устройства, которые выполняют операции сложения или вычитания. Они могут быть выполнены с помощью резисторов и фазоинверторов).

При наличии сигнала яркости E_y нет необходимости передавать все три цветовых сигнала, так как один из них всегда можно получить при сложении, используя приведенное выше

соотношение между яркостным сигналом и сигналами основных цветов. В телевидении принято не передавать зеленый E_g сигнал, так как он наиболее широкополосный, в яркостном

сигнале содержится 59% зеленого.

Кроме того, во всех совместимых системах передаются не сигналы E_r и E_b , а так

называемые цветоразностные сигналы E_r-y и E_b-y . Это связано с тем, что информация о

яркости, которая содержится в цветовых сигналах E_r и E_b , излишняя, поскольку она

содержится в яркостном сигнале E_y . На экране же черно-белого телевизора эти сигналы

создавали бы помеху в виде мелкоструктурной сетки. Цветоразностные сигналы E_r-y и E_b-y

формируются в матрицах путем вычитания сигнала E_y из сигналов E_r и E_b .

Наиболее наглядно формирование яркостного сигнала E_y и цветоразностных сигналов E_r-y и

E_b-y можно проследить на примере формирования испытательного сигнала цветных полос в

специальных генераторах-телетестах, предназначенных для проверки и настройки

телевизионных приемников. С помощью такого генератора можно получить на экране

телевизора восемь цветных полос - белую (или бело-серую), желтую, голубую, зеленую,

пурпурную, красную, синюю и черную.

Генератор цветных полос вырабатывает три видеосигнала основных цветов, представляющие собой напряжения прямоугольной формы строчной частоты для сигнала E_g ; двойной строчной

для E_r и учетверенной строчной для E_b . Размах этих сигналов составляет в относительных

единицах - 1 (на белой полосе) и 0,75 на других полосах при формировании белой полосы с

двумя уровнями яркости (рис.2).

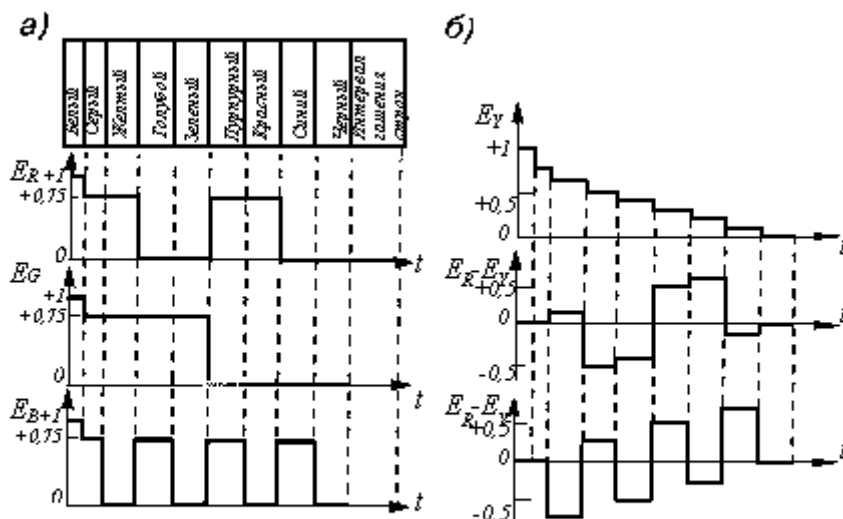


Рис. 2. Испытательный сигнал вертикальных цветных полос:
 а - видеосигналы основных цветов E_R ; E_G ; E_B ;
 б - сигнал яркости E_Y и цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y}

Сигнал яркости E_Y образуется путем сложения сигналов E_R , E_G , E_B и представляет собой сигнал ступенчатой ниспадающей формы.

Цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} получают путем вычитания из сигналов E_R и E_B сигнала яркости E_Y .

Дальнейшее формирование сигналов зависит от выбора системы цветного телевидения.

1.4. Частотный спектр полного цветного телевизионного сигнала:

Итак, в совместимой системе цветного телевидения передаются сигнал яркости E_Y и два

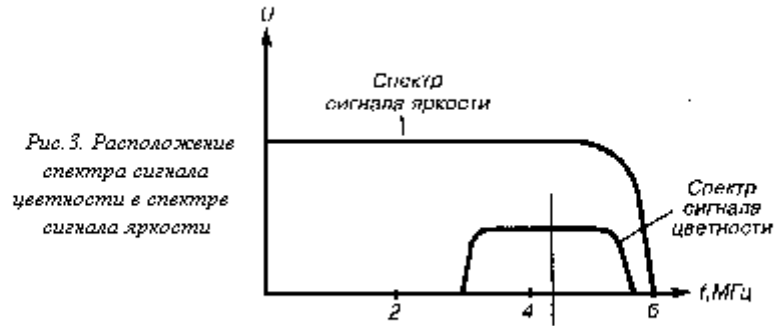
цветоразностных сигнала E_{R-Y} и E_{B-Y} .

Для того, чтобы обеспечить возможность передачи цветного изображения в стандартной

полосе частот, отведенной для черно-белого телевидения, используется метод уплотнения,

при котором спектр частот сигналов цветности располагается в спектре яркостного сигнала

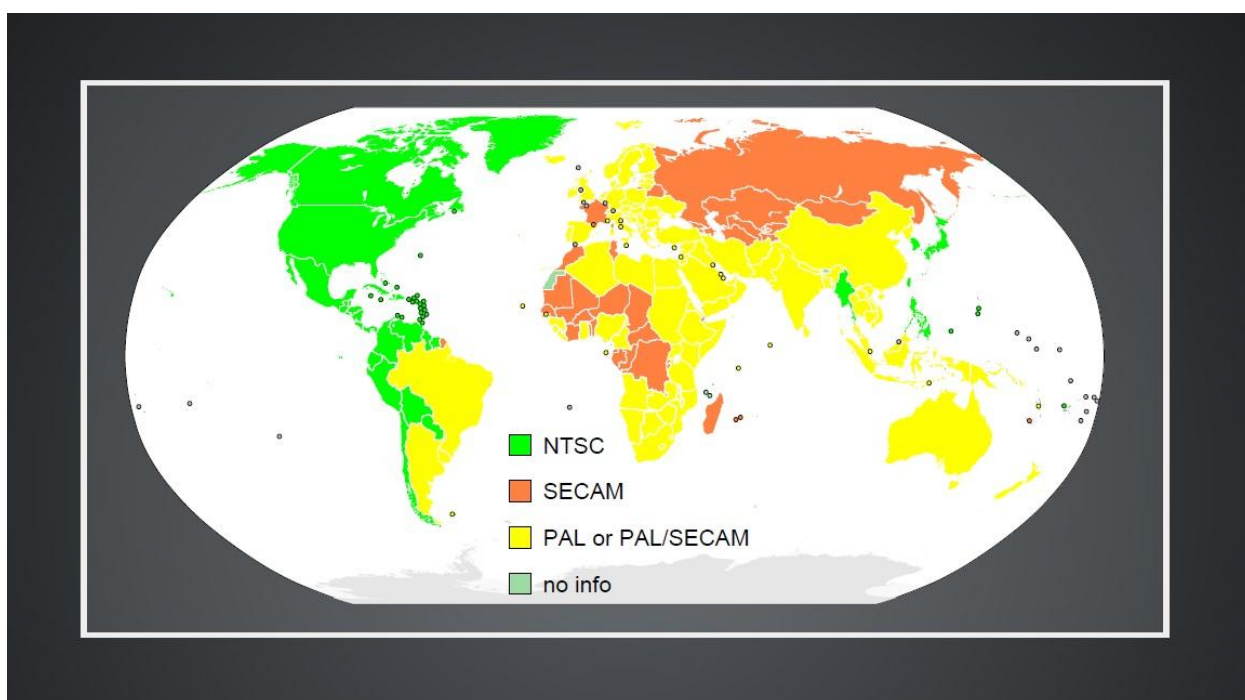
(рис.3).



Для этого используется так называемая цветовая поднесущая частота, которая располагается в верхней части спектра яркостного сигнала и модулируется цветовым сигналом при передаче цветовой информации. Так как глаз не ощущает мелких деталей изображения, то полосы цветоразностных сигналов ограничивают до 1,5 МГц. Передаваемые в общем спектре частот сигналы цветности и яркости могут создавать взаимные помехи. Для их уменьшения существует ряд мер. Например, поднесущая сигнала цветности располагается в верхней части спектра яркостного сигнала, что в значительной мере снижает помехи на экране черно-белого телевизора, так как проявляются лишь в виде мелкоструктурной сетки, что менее заметно. Существуют и другие способы снижения уровня помех.

1.5.СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

NTSC
SECAM
PAL or PAL/SECAM



1.6.Система цветного телевидения NTSC.

Система NTSC была разработана и внедрена в США в 1953 году и явилась первой совместимой системой цветного телевидения. Это одновременная совместимая система цветного ТВ, в которой передается яркостный сигнал и расположенная в пределах его спектра поднесущая, квадратурно модулированная двумя цветоразностными сигналами. В приемнике осуществляется синхронное детектирование цветоразностных сигналов, для чего в пределах гасящего строчного импульса передается частота поднесущего колебания с опорной фазой.

Принцип квадратурной модуляции заключается в том, что оба цветоразностных сигнала E_r -у и E_b -у модулируют по амплитуде две составляющие одной и той же поднесущей, сдвинутые одна относительно другой по фазе на 90 градусов. Частота поднесущей равна f_0

= 3,579545

МГц. Модуляция осуществляется с помощью балансных модуляторов, в которых

поднесущая цветности подавляется, а остаются лишь боковые полосы.

Подавление цветовой поднесущей существенно уменьшает помехи на экране телевизора. Затем выходные сигналы складываются, образуя геометрическую сумму этих сигналов, т. е. полный сигнал цветности, который будет изменяться как по амплитуде, так и по фазе. При этом амплитуда этого сигнала определяет насыщенность, а фаза - цветовой тон передаваемого изображения. В передающем устройстве сигнал цветности складывается с яркостным сигналом, куда поступают также строчные и кадровые синхроимпульсы, гасящие импульсы и сигнал цветовой синхронизации, который необходим на приемной стороне, чтобы восстановить подавленную поднесущую для последующего детектирования сигналов активности.

Так образуется полный цветовой телевизионный сигнал (ПЦТС).

В цветных телевизорах системы NTSC полный сигнал цветности разделяется на два

цветоразностных сигнала с помощью синхронных детекторов.

Синхронные детекторы, в отличие от ранее применяемых амплитудных, обладают более

высокой линейностью преобразования при малых уровнях сигнала.

Итак, для нормального синхронного детектирования необходимо восстановить подавленную

поднесущую. Для этого в составе ПЦТС передается сигнал цветовой синхронизации, который представляет собой колебание поднесущей из 8-10 периодов, размещенных на задней площадке строчного гасящего импульса.

Этот сигнал называют сигналом вспышки. Система NTSC обеспечивает высокую четкость

цветного изображения, легко осуществляет разделение цветоразностных сигналов без

применения линии задержки, но обладает большой чувствительностью к фазовым

искажениям, которые приводят к зависимости цветового тона от амплитуды сигнала

яркости.

Кроме фазовых искажений, система NTSC подвержена амплитудно-частотным искажениям,

которые вызывают изменение насыщенности цвета темных и светлых участков изображения.

Система NTSC обеспечивает самое высокое качество цветного изображения, но требует

высокого технического качества приемопередающей аппаратуры.

Европейский вариант NTSC: число строк 525, частота полей 60 Гц, поднесущая цветности 4.42 МГц, ширина полосы 1.3 МГц, несущая звука 6.5 МГц.

Американский вариант NTSC: число строк 525, частота полей 60 Гц,

поднесущая цветности 3.58 МГц, ширина полосы 1.3 и 0.5 МГц, несущая звука 4.5 МГц.

1.7. Особенности кодирования и декодирования системы PAL.

Система PAL была разработана и внедрена в начале 60-х годов фирмой "Телефункен" (ФРГ).

Система PAL является более совершенной, чем NTSC. Она позволяет существенно

уменьшить присущие системе NTSC фазовые искажения.

Впоследствии выяснился еще ряд преимуществ этой системы.

Основные характеристики системы PAL: число строк 525, частота полей 60 Гц, поднесущая цветности 4.433 618 МГц, ширина полосы 1.3 МГц, несущая звука 4.5 МГц.

Рассмотрим эту систему более подробно. Как и в системе NTSC, в системе PAL применена

квадратурная модуляция (цветовой) поднесущей, но в отличие от нее фаза составляющей

поднесущей, которая модулируется красным цветоразностным сигналом, меняется от строки

к строке на 180 градусов (рис.4). Модуляция осуществляется сигналами $E_u = 0,493E_b-y$ и E_v

$= 0,877E_r-y$.

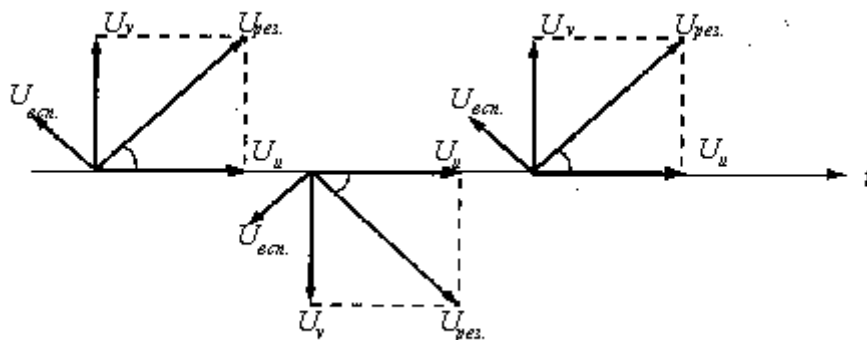


Рис.4. Векторграмма сигнала PAL.

Составляющая поднесущей, модулируемая синим цветоразностным сигналом, имеет

постоянную фазу. Частота поднесущей выбрана равной $f_0 = 4,43361875$ МГц с учетом

минимальной заметности этой поднесущей на окрашенных участках цветного изображения.

На черно-белых участках изображения помеха от поднесущей отсутствует, так как она

подавляется при передаче черно-белого изображения. Модуляция поднесущей осуществляется с помощью балансных модуляторов (рис.5).

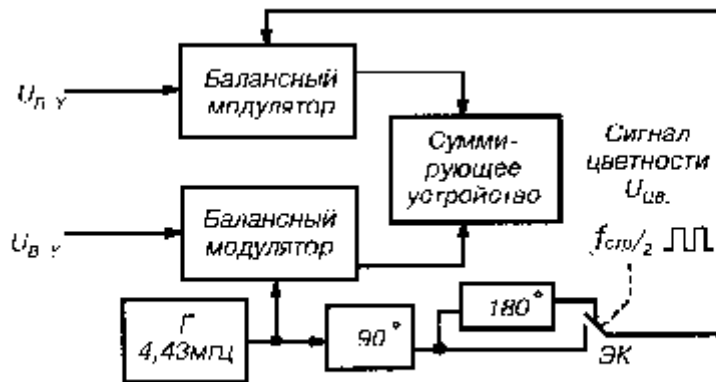


Рис.5. Упрощенная структурная схема кодирующего устройства PAL.

Сигналы, получаемые на выходах балансных модуляторов, складываются в суммирующем устройстве, образуя результирующий сигнал цветности $V_{рез}$. Из рис.5 видно, что поднесущая, которая подается на модулятор "В-У" с генератора Г, подается непосредственно (фаза 0 градусов), а на модулятор "R-У" через электронный коммутатор ЭК, переключаемый сигналом полустрочной частоты $f_{стр} : 2$. Причем в одной строке поднесущая поступает на модулятор через фазовращатель 90 градусов, а в другой - через инвертор 180 градусов.

Как и в системе NTSC, результирующее колебание $V_{рез}$ имеет одновременно амплитудную и фазовую модуляции. При этом амплитуда сигнала цветности определяет насыщенность, а фаза - цветовой тон передаваемого изображения.

Для восстановления в телевизоре подавленной поднесущей цветности, как и в системе NTSC, на задней площадке строчного гасящего импульса передается вспышка поднесущей, состоящая из десяти периодов цветовой поднесущей.

В отличие от NTSC фаза вспышки равна +45 градусов и - 45 градусов относительно отрицательного направления оси R-У в четной и нечетной строках соответственно.

По фазе вспышки в телевизоре определяется знак составляющей U_v .

Рассмотрим упрощенную структурную схему одного из вариантов декодера PAL (рис.6).

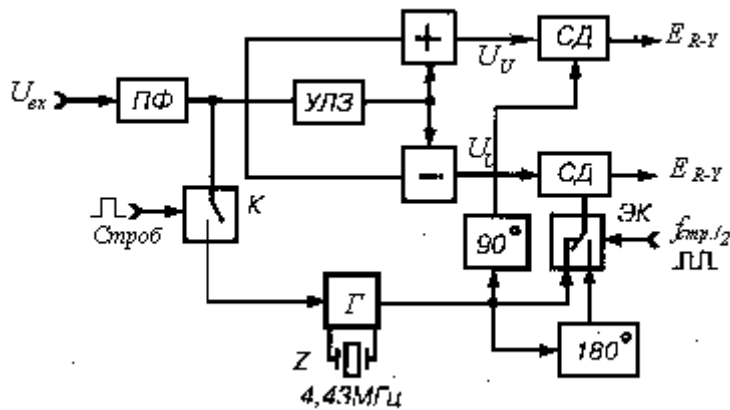


Рис. 6. Упрощенная структурная схема декодера PAL.

Полный цветовой телевизионный сигнал поступает на полосовой фильтр ПФ, настроенный на полосу частот, которую занимает сигнал цветности в спектре видеосигнала. Выделенный полосовым фильтром сигнал цветности поступает на вход ультразвуковой линии задержки УЛЗ на время одной строки (64 мкс), на электронный ключ К, выделяющий сигнал цветовой синхронизации (вспышку), и на устройство сложения (+) и вычитания (-). В результате сложения прямого сигнала U_0 с задержанным подавляются составляющие U_v и выделяются удвоенные составляющие U_u с постоянным знаком. При вычитании задержанного сигнала из прямого подавляются составляющие U_u и выделяются удвоенные составляющие U_v . Знак U_u чередуется от строки к строке. На рис.7 показаны векторограммы, поясняющие принцип разделения сигналов цветности PAL.

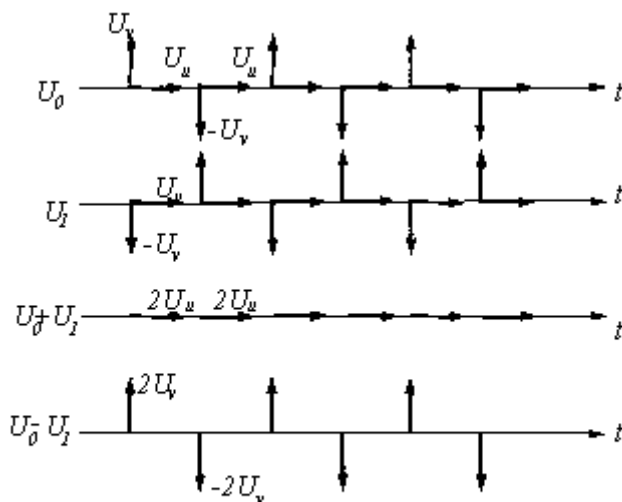


Рис. 7. Векторограммы, поясняющие принцип разделения сигналов PAL.

Для получения из компонент U_v и U_u цветоразностных сигналов необходимо их продетектировать. Применяется синхронное детектирование. Для его работы нужно иметь опорный сигнал, частота и фаза которого равны сигналу подавленной цветовой поднесущей. Сигнал формируется из вспышки, которая выделяется с помощью электронного ключа К из ПЦТС. Вспышка подается на генератор, выполненный по системе фазовой автоматической подстройки частоты ФАПЧ (рис.8).

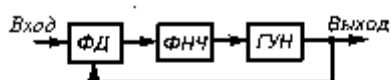


Рис.8. Формирование опорного сигнала поднесущей с помощью системы ФАПЧ.

Система ФАПЧ состоит из генератора, управляемого напряжением ГУН, фазового детектора ФД и фильтра нижних частот ФНЧ. Напряжение ГУН воздействует на один из входов фазового детектора, на другой вход - сигнал вспышки. Если частота ГУН близка частоте вспышки, то происходит захват ГУН по частоте и фазе. В установившемся режиме опорный сигнал на выходе ГУН равен частоте вспышки, т. е. частоте цветовой поднесущей, а его фаза совпадает с осью R-Y и равна 90° . Для повышения стабильности работы ФАПЧ а также его помехозащищенности частоту ГУН стабилизируют кварцем. Разделенные сигналы цветности поступают на входы синхронных детекторов СД. В установившемся режиме фаза опорной поднесущей на выходе ГУН совпадает с осью выхода R-Y и равна 90 градусам. Для правильного детектирования необходимо обеспечить совпадение фаз опорного сигнала с сигналами цветности. Для этого на СД сигнала цветности (B-Y) опорный сигнал необходимо подавать через фазовращатель на 90 градусов, на СД сигнала цветности (R-Y) опорный сигнал подают на один из входов электронного коммутатора ЭК непосредственно, а на другой - через фазоинвертор на 180 градусов. ЭК переключается с помощью сигнала полустрочной частоты $f_{стр}/2$. Фаза работы ЭК засинхронизирована с помощью блока цветовой синхронизации (на рис.6 не показан).

Если во входном сигнале есть фазовые искажения, то при сложении (вычитании) прямого и задержанного сигналов во время их разделения эти искажения компенсируются.

Система PAL обладает рядом достоинств:

- Отсутствует помеха от поднесущей на неокрашенных участках изображения, так как поднесущая не передается.
- Фазовые искажения отсутствуют и поэтому не вызывают нарушений цветного тона.
- Малая чувствительность к "асимметрии" полосы пропускания канала цветности.
- При разделении сигналов цветности выделяется удвоенная амплитуда составляющих U_v и U_u , что повышает отношение сигнал/шум.
- Уменьшаются "перекрестные" искажения, возникающие между сигналами яркости и цветности (определяется оптимальным выбором частота поднесущей).

Недостатком системы PAL является понижение четкости изображения из-за усреднения сигнала цветности в двух последующих строках.

1.8. Особенности кодирования системы SECAM.

Система SECAM была предложена французским инженером Анри де Франсом в 1958 году,

затем велись совместные работы советских и французских инженеров, и 1 октября 1967 года

система была введена в эксплуатацию в СССР и Франции.

Основные характеристики системы SECAM: число строк 625, частота полей 50 Гц, поднесущая цветности В-У 4.25 МГц \pm 230 кГц, R-У 4.406 МГц \pm 280 кГц, несущая звука 6.5 МГц .

В этой системе цветоразностные сигналы передаются поочередно: в течении одной строки передаются, например, красный, в течении следующей - синий цветоразностный сигнал и т.д.

Цветоразностные сигналы передаются с помощью двух поднесущих частот:

$f_{0r}=4,406$ МГц

$f_{0b}=4,250$ МГц.

Эти частоты являются гармониками строчной развертки (первая в 282 раза, а вторая в 272

раза выше частоты строчной развертки). Выбор частот поднесущих, как было отмечено

ранее, произведен из условий максимального подавления помех от поднесущих на экранах телевизоров.

На рис.9 показана структурная схема кодирующего устройства системы SECAM.

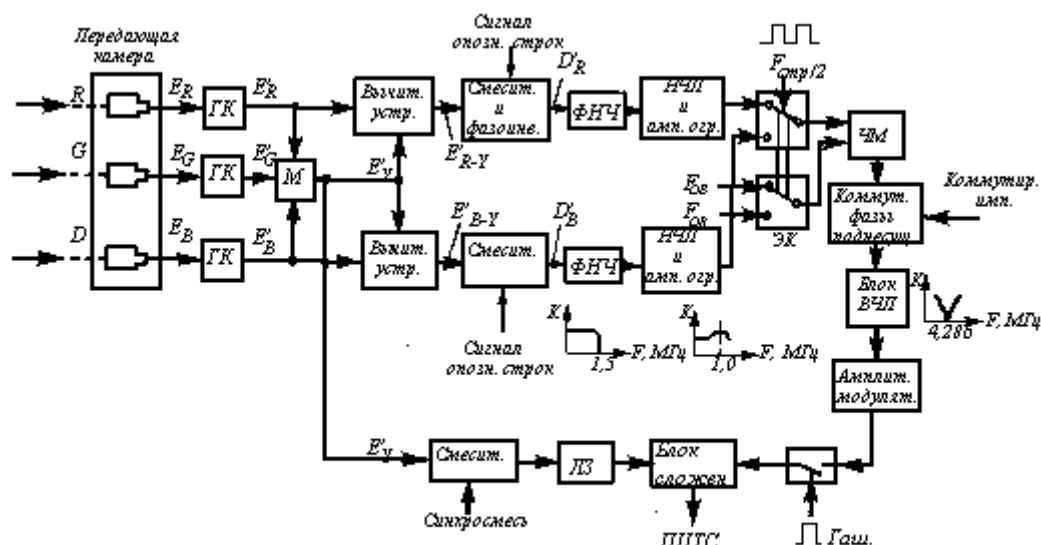


Рис.9. Структурная схема кодирующего устройства системы SECAM.

С помощью специальных цветоделительных зеркал, входящих в состав передающей камеры, изображение раскладывается на три основные составляющие светового потока - красную R, зеленую G и синюю B. В передающей камере световые потоки с помощью трех передающих трубок преобразуются в электрические сигналы E_R , E_G и E_B , несущие информацию только об определенном цвете. Сигналы E_R , E_G и E_B проходят через гамма-корректор ГК, где происходит компенсация искажений, вызванных нелинейной зависимостью яркости свечения экрана кинескопа от амплитуды модулирующего сигнала. (Сигналы, прошедшие через гамма-корректоры ГК принято обозначать со штрихом. В дальнейшем для упрощения штрихи в тексте опущены.) В матрице М все три сигнала E_R , E_G , E_B складываются в определенной пропорции для получения яркостного сигнала E_Y . В вычитающих устройствах из сигналов основных цветов E_R и E_B вычитается сигнал яркости E_Y , в результате чего на выходах образуются цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} . Сигнал E_{R-Y} поступает на смеситель и фазоинвертор. Здесь сигнал E_{R-Y} усиливается и преобразуется в сигнал $D_R = -1,9 E_{R-Y}$. Сигнал же E_{B-Y} преобразуется в сигнал $D_B = 1,5 E_{B-Y}$

(см. рис.10 а).

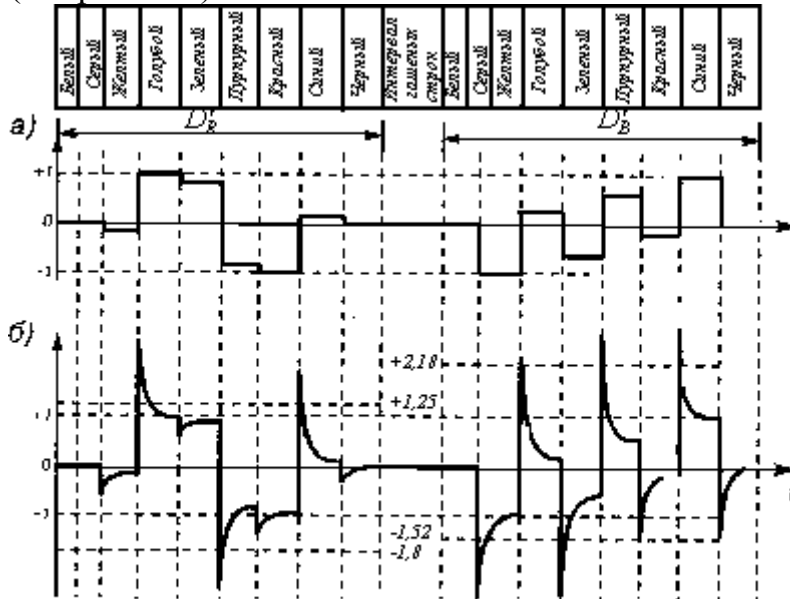


Рис.10 Формирование полного цветного ТВ-сигнала вертикальных цветовой полос по системе SECAM
а - сигналы D_γ и D_δ до НЧ-предыскажений; б - сигналы D_γ и D_δ после НЧ-предыскажений

Использование несколько видоизмененных цветоразностных сигналов значительно улучшает совместимость и помехоустойчивость системы. В смесителях сигналы D_r и D_b вводят сигналы цветовой синхронизации (сигналы опознавания строк), необходимые для правильной работы электронного коммутатора в телевизоре. Сигналы цветовой синхронизации представляют собой девять импульсов в форме усеченной трапеции с полярностью, изменяющейся от строки к строке (рис.11а). Эти импульсы модулируют по частоте поднесущие цветности f_{or} и f_{ob} , увеличивая в красных строках или уменьшая в синих строках их частоту (рис.11б).

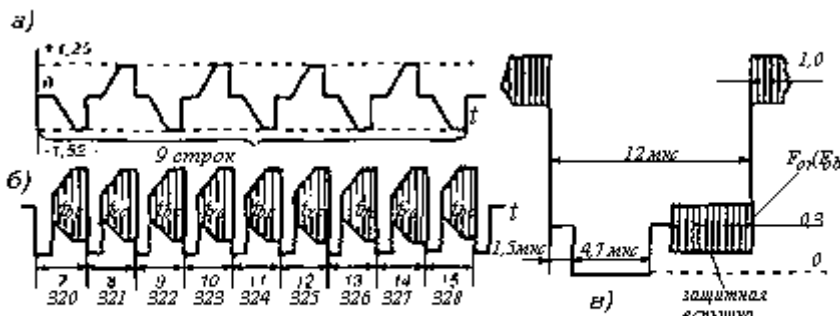


Рис.11. Сигналы цветовой синхронизации: а - низкочастотные б - высокочастотные; в - защитный пакет (вспышка)

Сигналы цветовой синхронизации передаются во время кадрового гасящего импульса КГИ в строках 7-15 и 320-328 (рис.11б). Согласно рекомендации международной консультативной комиссии - МККР,

покадровая
цветовая синхронизация в дальнейшем будет исключена, чтобы освободить место для
передачи другой информации, например, сигналов телетекста.
В качестве сигналов цветовой синхронизации можно использовать защитные пакеты
(вспышки), передаваемые на задней площадке строчного гасящего импульса .
Защитные пакеты имеют частоту поднесущих сигналов цветности f_{or} и f_{ob} и служат для
завершения переходных процессов в канале цветности телевизора до начала активной части
строки. Используются защитные пакеты и для формирования в цветоразностных сигналах
плоских участков для фиксации уровня черного.
Затем сигналы D_r и D_b проходят фильтры нижних частот - ФНЧ, в которых спектр этих
сигналов ограничивается до 1,5 МГц.
С выхода ФНЧ сигналы поступают на устройство НЧ предвыскажений НЧП, где происходит
подъем высокочастотных составляющих сигналов D_r и D_b . Предварительная коррекция этих
сигналов производится с целью повышения их помехоустойчивости. На рис.12 показана цепь,

выполняющая подобную коррекцию.

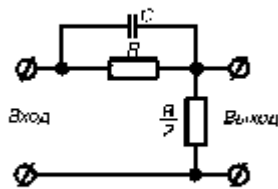


Рис. 12. Цепь НЧ-предвыскажения цветоразностных сигналов

На рис.13 приведена амплитудно-частотная характеристика этой цепи.

Форма сигналов D_r и D_b после НЧ-коррекции представлена на рис.10б. В результате

НЧ-коррекции в сигналах появляются выбросы на

переходах. Амплитуда выбросов ограничивается таким образом, чтобы не допустить чрезмерного увеличения девиации частоты поднесущих. Далее сигналы D_r и D_b поступают на частотный модулятор ЧМ через электронный коммутатор ЭК, управляемый импульсами полустрочной частоты. Коммутатор ЭК попеременно подключает цветоразностные сигналы к частотному модулятору. На второй вход модулятора через другой коммутатор поступают, также попеременно, поднесущие частоты красного и синего цветоразностных сигналов.

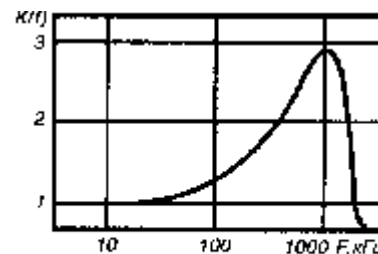


Рис. 13. АЧХ цепи НЧ-предвыскажения цветоразностных сигналов

Оба коммутатора работают синхронно, поэтому, когда передается красный цветоразностный сигнал, на модулятор поступает поднесущая частотой $f_{or} = 4,406$ МГц, а когда передается синий цветоразностный сигнал, на модулятор поступает соответственно поднесущая частотой $f_{ob} = 4,250$ МГц. Следует отметить, что поскольку поднесущие частоты f_{or} и f_{ob} передаются поочередно, то усматривается целесообразность выбора значения одной частоты. Так, собственно, и было сделано в первом варианте системы SECAM. Однако дальнейший опыт эксплуатации показал, что наилучшие условия помехозащищенности возникают, когда цветоразностные сигналы модулируют свою поднесущую. Этим и объясняется использование двух поднесущих частот f_{or} и f_{ob} .

Для уменьшения заметности на экране телевизора помех от поднесущих в коммутаторе фазы осуществляется переключение фазы каждой из поднесущих на 180 градусов через две строки.

В блоке высокочастотных предискажений ВЧП сигналы цветности пропускаются через специальный фильтр, в котором поднесущие подавляются, также с целью ослабления видимости этих поднесущих на черно-белом изображении.

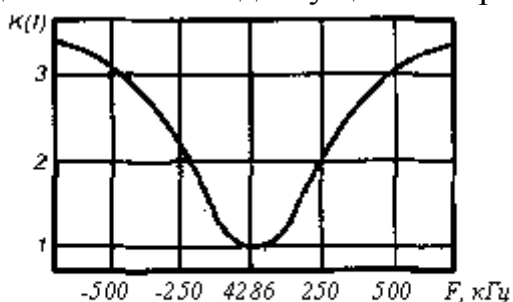


Рис. 14. Амплитудно-частотная характеристика фильтра ВЧ-предискажения (фильтра "антикеш")

Амплитудно-частотная характеристика (рис.14) этого фильтра имеет форму перевернутого колокола - "антикеш" (франц.). После прохождения через цепь ВЧ-предискажений амплитуда сигналов цветности делается зависимой от частоты девиации (при частотной модуляции частота модулированного колебания отклоняется от своего среднего значения, равного несущей частоте f_0 , в большую и меньшую сторону на определенную величину, называемую девиацией частоты). Форма сигналов цветности после высокочастотных предискажений показана на рис.15а.

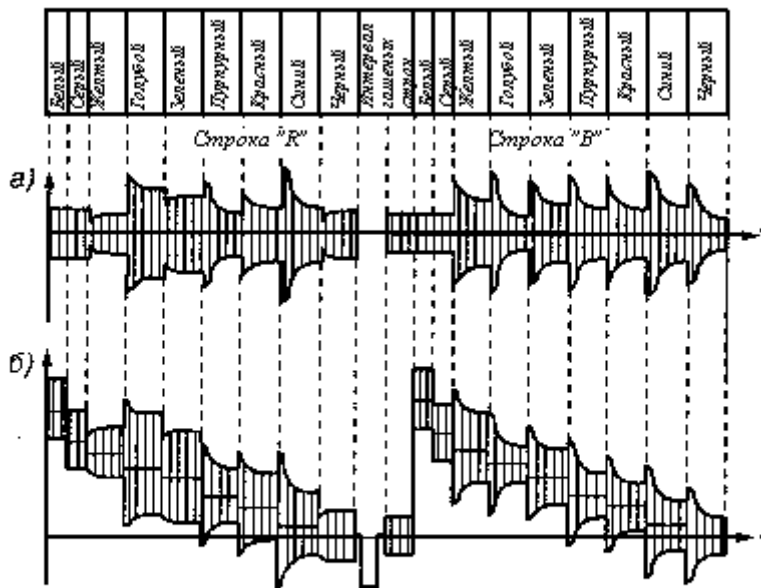


Рис. 15. Формирование полного цветового ТВ - сигнала вертикальных цветных полос:

а - сигналы цветности "R" и "B"; б - полный цветовой телевизионный сигнал

Далее сигналы цветности подвергаются дополнительной амплитудной модуляции. Для этого в специальном устройстве (на структурной схеме не указано) из сигнала E_y вырабатывается напряжение с частотами, близкими к частотам поднесущих. Эти напряжения и подаются на амплитудный модулятор. Дополнительная амплитудная модуляция сигналов цветности уменьшает помехи, вызываемые сигналом яркости E_y в канале цветности телевизора. Сигнал яркости E_y с выхода матрицы M поступает на смеситель, где смешивается с синхроимпульсами. Затем сигнал яркости проходит линию задержки на 0,4 мкс, чтобы компенсировать запаздывание сигналов цветности. В блоке сложения сигнал яркости смешивается с сигналами цветности, образуя полный цветовой телевизионный сигнал (рис.15б). Следует добавить, что перед поступлением в блок сложения сигналы цветности проходят коммутатор K , где происходит подавление поднесущих при поступлении кадровых и строчных синхроимпульсов. Таким образом, цветовые поднесущие присутствуют постоянно во время передачи видеосигнала, кроме моментов времени, когда передаются синхросигналы. Это необходимо для нормальной работы строчной и кадровой разверток в телевизоре.

1.9. Особенности декодирования системы SECAM.

На рис.16 показана структурная схема декодирующего устройства системы SECAM.

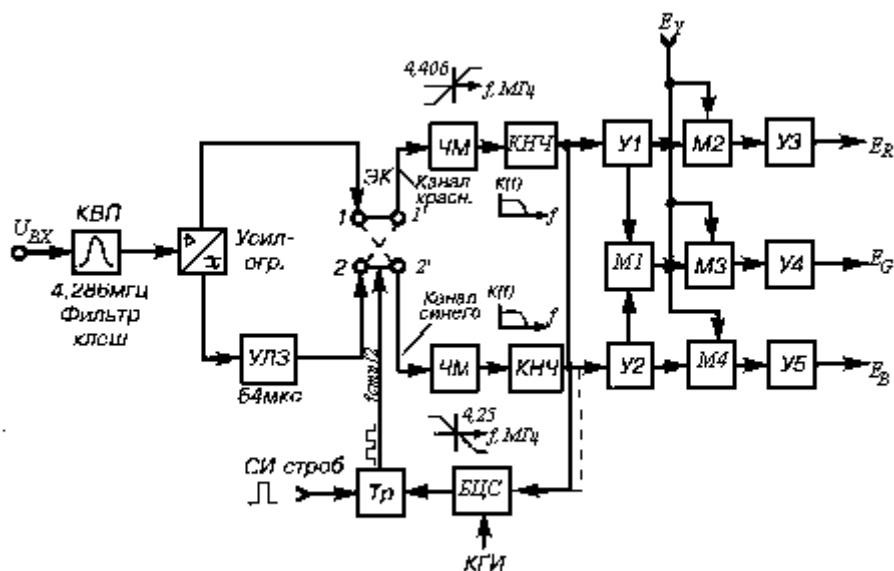


Рис. 16. Структурная схема декодирующего устройства системы SECAM.

Полный цветовой телевизионный сигнал поступает на полосовой фильтр "Клеш" (или корректор высокочастотных предискажений КВП), настроенный на частоту 4,286 МГц. Фильтр выделяет сигналы цветности из ПЦТС и, кроме того, производит обратную коррекцию высокочастотных предискажений, вводимых на передатчике для повышения помехоустойчивости системы. После фильтра "Клеш" сигналы цветности поступают на усилитель-ограничитель, где они усиливаются и ограничиваются по амплитуде. Затем сигналы цветности поступают одновременно в прямой и задержанный каналы. По прямому каналу сигналы поступают на вход 1 электронного коммутатора, а в задержанном канале сигналы цветности попадают на ультразвуковую линию задержки УЛЗ, где задерживаются на длительность одной строки 64 мкс, затем поступают на вход 2 коммутатора ЭК. Коммутатор ЭК переключается с помощью симметричного триггера Тр, который вырабатывает прямоугольные импульсы длительностью в одну строку. Триггер запускается специальными стробирующими импульсами,

чередующимися с частотой строк $f_{стр}$.

В течение одной строки ЭК находится в положении, когда соединен вход 1 с выходом 1' и вход 2 с выходом 2', а в течение следующей строки вход 1 соединен с выходом 2' и вход 2 - с выходом 1'. Так как УЛЗ задерживает сигнал цветности на время строки, то на входах электронного коммутатора будут всегда действовать одновременно сигнал цветности красной строки и сигнал цветности синей строки.

При правильной фазе работы триггера Тр электронный коммутатор будет направлять в канал "красного" сигнал цветности красной строки, а в канал "синего" - сигнал цветности синей строки.

Для правильной работы триггера, чтобы сигналы попадали в "свои" каналы, на него подаются импульсы с блока цветовой синхронизации БЦС.

Напомним, что импульсы цветовой синхронизации передаются в течение девяти строк на

задней площадке кадрового гасящего импульса. Блок цветовой синхронизации отпирается

кадровыми гасящими импульсами КГИ, т. е. во время действия импульсов опознавания. На

второй вход БЦС поступают сигналы опознавания из канала "красного" (можно использовать

сигналы опознавания из канала "синего").

При правильной фазе работы триггера на блок цветовой синхронизации будут поступать

сигналы опознавания красной строки (частотой 4,67 МГц), на выходе БЦС будут действовать импульсы с полярностью, которая не повлияет на работу триггера. При неправильной фазе

работы триггера на БЦС будет поступать сигнал опознавания синей строки (частотой 3,9

МГц). Тогда на выходе БЦС будут действовать импульсы с полярностью, которая изменит

фазу работы триггера Тр.

Итак, с выхода электронного коммутатора сигналы цветности поступают на соответствующие частотные детекторы ЧД. Так как на входе частотного детектора

красного действует сигнал E_r -у, а на входе детектора синего - сигнал E_b -у, то наклоны

амплитудных характеристик частотных детекторов должны иметь противоположное

значение, для того чтобы на их выходах образовались цветоразностные сигналы одной

полярности.

С выхода частотных детекторов цветоразностные сигналы E_r -у и E_b -у поступают на корректоры низкочастотных предискажений КНЧ, после которых форма цветоразностных сигналов будет соответствовать форме исходных цветоразностных сигналов E_r -у и E_b -у. После усиления в усилителях У1 и У2 цветоразностные сигналы поступают на матрицу М1, где в результате их сложения в определенной пропорции выделяется цветоразностный сигнал E_g -у. В матрицах М2, М3, М4 в результате сложения цветоразностных сигналов с яркостным сигналом E_y выделяются сигналы основных цветов E_r , E_g и E_b . С выходов матриц сигналы E_r , E_g и E_b поступают на выходные усилители, где усиливаются до уровня, необходимого для модуляции токов лучей кинескопа. Система SECAM, как и другие системы цветного телевидения, имеет свои достоинства и недостатки. Так, например, по сравнению с NTSC фазовые искажения не приводят к искажению цветового тона изображения. Однако в системе SECAM цветовая четкость снижена вдвое, так как сигналы цветности передаются через строку и в телевизионном приемнике недостающий сигнал занимает из предыдущей строки. Сравнивая между собой все три системы по разрешающей способности, можно отметить, что самую высокую цветовую четкость по вертикали имеет система NTSC, за ней следует система PAL, а система SECAM занимает третье место.

Список літератури

1.Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок , 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа , 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок , 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов , Г.Л. Глоріозов . Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок , 1989.

5. А.В. Виходець , В.І. Коваленко , М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення ; - М. : Радіо та зв'язок , 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок , 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок , 1988.
8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
10. Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
11. Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
12. Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1989.
13. Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1990.
14. Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
15. Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
16. Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
17. Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображения», 1988
18. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
19. Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
20. Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйсенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
21. Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
22. Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001
23. Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
24. Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
25. Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»
26. Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
27. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014

28. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2
Радіопередавальні пристрої, 2014
29. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3
Радиоприёмные устройства, 2014
30. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4
Физические основы телевидения, 2014
31. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5
Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
32. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6
Формирование телевизионного сигнала, 2014
33. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7
Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
34. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8
Особенности построения телевизионных систем, 2014
35. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9
Сети телевизионного вещания, 2014

2.Додаткова

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеев М.І. Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.
7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.
8. Прием телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Седов – Київ 1990.
10. В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.