В.И. Лузин, Н.П. Никитин, А.А. Шестаков,
Ю.Г.Стефанович,В.Г.Исаков

Основы телевизионной техники.

Физические основы телевидения.

Телевизионные преобразователи.

Системы цветного телевидения.

Цифровое телевидение.

Запись телесигналов.

Узлы телевизоров.

Содержание.

Физические основы телевидения.
Световое излучение и его восприятие человеком.
Основные принципы телевидения.
Сигнал изображения.
Телевизионное изображение и его качество.
Телевизионные преобразователи оптических изображений в электрические сигналы.
Преобразователи свет-сигнал и их общая характеристика.
Диссектор.
Видикон.
Твердотельные фотоэлектрические преобразователи.
Многосигнальные преобразователи свет-сигнал.
Телевизионные преобразователи сигнал-свет.
Кинескопы черно-белого телевидения.
Кинескопы цветного изображения.
Матричные панели.
Проекционные воспроизводящие устройства.
Системы цветнаго телевидения.
Принципы построения системы SECAM.
Принципы построения системы NTSC.
Принципы построения системы PAL.
Развертывающие устройства.
Устройство кадровой развертки.
Устройство строчной развертки.
Высоковольтные источники питания.
Системы синхронизации телевизионных приемников.
Сигналы синхронизации ТВ-приемников.
Селектор синхроимпульсов.
Система строчной синхронизации.
Система кадровой синхронизации.
Система формирования стробирующих сигналов.
Радиоканал.
Телевизионная радиостанция.
Радиоканал телевизионного приемника.
Сигнальный тракт соременного телевизора.
Сети ТВ-вещания.
Запись телевизионных сигналов.
Оценка качества работы цветных телевизоров с помощью испытательной таблицы и тестового прибора.
Цифровое телевидение.
Системы дистанционного управления ТВ-приемником.
Импульсные источники питания.
Шасси цветного телевизора ШЦТ-655.

Введение

Телевидением называется область современной радиоэлектроники, которая занимается передачей изображения предметов на расстояние.

Если учесть, что около 85 % информации о внешнем мире человек получает через зрительное восприятие, то становится понятным важность этой отрасли знания.

Телевизионная техника широко используется в различных областях человеческой деятельности. Она позволяет видеть предметы, освещенные невидимыми лучами: инфракрасными, рентгеновскими, ультрафиолетовыми, тем самым раскрывать тайны природы, недоступные человеческому глазу.

Телевизионные системы применяются при изучении и освоении космического пространства. Благодаря успехам космической техники спутниковое телевидение становится глобальным. Стала обычной передача телевизионных программ с одного континента на другой. Действуют системы спутникового телевидения, которые обеспечивают непосредственный прием программ со спутников Земли на телевизоры индивидуального пользования.

Телевидение основывается на многих смежных областях знаний, таких как радиотехника, электронная техника, светотехника и т. д., и поэтому тесно связано с общим развитием науки и техники.

История развития телевидения увлекательно описана в книге В. А. Урвалова [1]. В развитии телевизионной техники автор выделяет следующие периоды: зарождение идей (до 1920 года), механическое телевидение (1920—1935), электронное черно-белое телевидение (1936—1966) и электронное цветное телевидение (с 1967 года). После-. дующие этапы связаны с разработкой цифровых телевизионных систем, систем телевидения высокой четкости (ТВЧ), применением твердотельных преобразователей изображения, развитием спутникового телевизионного вещания, внедрением систем анализа и обработки видеоинформации.

В нашей стране телевизионное вещание началось с 1937 года, когда в Ленинграде и Москве были построены телевизионные центры, а регулярные передачи цветного телевидения начались с 1967 года.

Впервые же цветные телевизионные системы появились в 1953 году, когда в США была разработана для вещания система цветного телевидения NTSC. Этот стандарт был принят Японией, Кореей, Канадой и другими странами американского континента. Но данная система обладает рядом недостатков, поэтому в 50-х годах во Франции началась разработка системы цветного телевидения SECAM. После ряда экспериментальных проверок и обсуждений наша страна выбрала для вещания этот стандарт, и в 1965—1966 годах при сотрудничестве с советскими специалистами система была доработана. Система SECAM получила распространение в Болгарии, Венгрии, Чехословакии, Польше, Греции, ряде стран Африки, Ближнего и Среднего Востока.

Параллельно с разработкой системы SECAM немецкие специалисты фирмы

«TELEFUNKEN» начали разрабатывать систему PAL, которая принята в 1966 году в качестве стандарта в большинстве стран Западной Европы. В настоящее время она является самой распространенной в мире системой цветного телевидения.
Вот так получилось, что в мире действует три системы цветного телевидения, поэтому при передаче сигналов одной системы в страны, где принята другая система, необходимо преобразовывать сигналы цветного телевидения, эта операция называется транскодированием.
В настоящее время у нас в стране и за рубежом ведутся разработки по повышению качества ТВ-изображения в трех направлениях.
Применение дополнительной аналоговой и цифровой обработки ТВ-сигналов без изменения существующих стандартов. Это разработка так называемых ТВ-систем повышенного качества (ТПК).
Разработка новых принципов передачи ТВ-сигналов по радио каналу, позволяющих улучшить качественные показатели принимаемого изображения. При этом обеспечивается возможность приема обычным приемником изображения стандартного качества и специальным приемником — изображения с повышенной четкостью (ТПЧ).
Применение многострочных ТВ-систем со значительно большим, чем у существующих стандартов, числом строк разложения и форматом кадра. Эти многострочные системы получили название систем телевидения высокой четкости или высокого разрешения (ТВЧ).
В ближайшем будущем функции телевидения значительно расширятся и ТВ-приемник превратится в многофункциональное устройство, работающее совместно с компьютером, видеомагнитофоном, факсом и другими устройствами. Внедрение в телевизионную аппаратуру компьютерных технологий, цифровых

методов обработки сигналов, твердотельных преобразователей изображения коренным образом изменяют телевизионные системы, создают возможности построения телесетей с двухсторонней связью, по которым абонентам могут быть представлены такие виды услуг, как коммерческое и учебное телевидение, передача программ по заказам зрителей, видеотелефон, фототелеграф, почтовая корреспонденция, газеты, журналы, доступ в библиотеку или вычислительный центр

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. Световое излучение и его восприятие человеком

Характеристики светового излучения. К основным характеристикам светового излучения относят: световой поток, силу света, освещенность, яркость.
Световой поток F — это мощность светового электромагнитного излучения, оцениваемая по воздействию на глаз человека. Единицей светового потока является люмен (лм). Между мощностью электромагнитного излучения P, измеряемого в ваттах (Вт), и световым потоком F (ям) установлена следующая связь на частоте $\lambda 0 = 555$ нм [2]:
$F = 683P$.

Распределение светового потока в пространстве, окружающем источник света, характеризуется силой света.
Сила света I — световой поток в пределах единицы телесного угла. Измеряется в канделах (кд). Кандела — световой поток в один (лм) в пределах телесного угла в один стереорадиан. (Телесный угол в один стереорадиан — это часть пространства, заключенная внутри замкнутой конической поверхности, вершина которой находится в центре шара, а основание вырезает из поверхности шара фигуру площадью R2, где R — радиус шара.)
Распределение светового потока по освещаемой поверхности характеризуется освещенностью.
Освещенность E — световой поток, падающий на единицу площади освещаемой поверхности. Измеряется в люксах (лк). Люкс — световой поток в один (лм), падающий на площадь 1 м2.
Характеристикой светящейся поверхности является яркость.
Яркость L — сила света, излучаемая единицей площади светящейся поверхности в направлении, перпендикулярном этой излучающей площадке. Измеряется в кд/м2. Яркость в 1 кд/м2 создается площадкой в 1 м2, излучающей световой поток, сила света которого равна одному кд. Если поверхность наклонена к направлению излучения, то полагают, что световой поток создается как бы площадкой, расположенной на плоскости, перпендикулярной направлению излучения,
_ площадь, которой равна проекции реальной излучающей площадки на эту плоскость.
Основные параметры зрительной системы человека. Восприятие светового излучения осуществляется зрительной системой человека. Зрительная система состоит из органа зрения — глаза, нервной системы и зрительного центра коры головного мозга. Она может быть описана целым рядом параметров, характеризующих восприятие изображения человеком. К этим параметрам можно отнести: световую чувствительность глаза; зависимость чувствительности глаза от длины волны электромагнитного излучения; пространственный угол ясного зрения; разрешающую способность зрительной системы; критическую частоту мельканий источника света; относительный разностный порог раздражения; диапазон яркостей, воспринимаемых глазом; минимальное время распознавания образа объекта. Перечисленные параметры определяются следующим образом
Световая чувствительность глаза v — величина, обратная яркости светового пятна, которая обнаруживается глазом на черном фоне [3.4]. Световая чувствительность глаза зависит от длины волны световогого электромагнитного колебания. Диапазон длин волн электромагнитных колебаний, которые воспринимаются человеком как световое излучение, составляет 380—760 нм. Внутри этого диапазона воздействие электромагнитного излучения на глаз неодинаково и характеризуется кривой видности.
Кривая видности — это нормированная зависимость чувствительности глаза от длины волны электромагнитного излучения λ (рис. 1.1) [3]. Максимум кривой видности соответствует длине волны 555 нм.

Пространственный угол ясного зрения — угол, из которого в глаз поступает основная зрительная информация. Размеры угла ясного зрения в горизонтальной плоскости составляют αя= 15°, а в вертикальной — βя= 15°. (В целом поле зрения человека достаточно велико и составляет порядка 120° в вертикальной и горизонтальной плоскостях[3].)

Разрешающая способность зрительной системы (острота зрения) - наименьшее угловое расстояние между двумя рядом расположенными светящимися точками, при котором наблюдатель видит эти точки раздельно. Для «стандартного» глаза разрешающая способность составляет δ= 1' [3].

Зрение человека инерционно. Это, в частности, проявляется в том, что при прекращении действия светового потока глаз как бы продолжает «видеть» источник, кажущаяся яркость которого быстро убывает. В силу инерционных свойств зрения периодическая последовательность световых импульсов может восприниматься как непрерывное излучение. Наименьшая частота повторения импульсных возбуждений глаза, при которой человек перестает замечать импульсный характер светового излучения и воспринимает его как непрерывное, называется критической частотой мельканий (fKp). Критическая частота мельканий яркости источника зависит от средней яркости поля наблюдения, размеров мелькающего участка и т. д. Для яркостей ТВ-экранов fкр =48 Гц[3].

Для распознавания образа объекта, увиденного человеком на экране (узнавания его), человеку требуется время. Минимальное время распознавания образа объекта составляет 4—10 с [4].

Важнейшей характеристикой зрения является восприятие яркости. На практике приходится различать отдельные детали яркостью (L) на некотором фоне (L0). При этом глаз замечает изменение яркости Δ L= L – L0 если величина отношения ΔL/L0 превышает определенную величину.

Относительным разностным порогом раздражения называется минимальная величинаΔL/L0, которая может быть зафиксирована глазом. Эта величина в общем случае зависит от яркости фона. Однако для яркостей изображения на ТВ-экране (от десятых долей до 102 кд/м2) ее можно считать постоянной и равной 0,05.

Диапазон яркостей, воспринимаемый человеческим глазом, чрезвычайно широк и составляет от 10~5 кд/м2 до 104 кд/м2 [4].

Контрольные вопросы

Что называется световым потоком?

Что такое сила света?

Дайте определение яркости и освещенности.

Что понимаегся под пространственным углом ясного зрения?

Что такое разрешающая способность зрительной системы?

Что называется кривой видности?

Что такое дифференциальный порог раздражения зрительной системы?

В чем проявляется инерционность зрения человека?

1.2. Основные принципы телевидения

Принципы телевидения. В основе телевидения лежат два принцип [3]:
разбиение плоского изображения на экране датчика ТВ-сигна
ла на элементы (пространственная дискретизация);
последовательная во времени передача яркости и цвета каждого
из элементов изображения каналу связи (развертка изображения).
Обобщенная схема ТВ-системы. ТВ-система предназначена для передачи изображения. Система состоит (рис. 1.2) из оптического устройства (ОУ), датчика ТВ-сигнала (Д), передатчика (П), канала связи (КС), приемника (Пр), электронно-оптического устройства (ЭОУ). На вход ТВ-системы поступает световой поток F0 из пространства наблюдения, на выходе системы образуется световой поток Fu от ТВ-изображения на экране электроннооптического устройства.

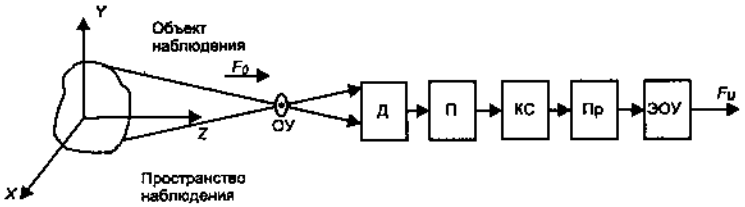


Рис. 1.2 Обобщенная схема ТВ системы: Д — датчик; П — передатчик; КС — канал связи; Пр — приемник; ЭОУ — электронно-оптическое устройство

Оптическое устройство предназначено для преобразования светового излучения из трехмерного пространства наблюдения в плоское (двухмерное) оптическое изображение на экране датчика ТВ-системы.
Датчик ТВ-сигнала преобразует двумерное оптическое изображение в ТВ-сигнал.
* Передатчик трансформирует ТВ-сигнал к виду, позволяющему передать его по каналу связи.
Канал связи передает сигналы с выхода передатчика к входу приемника.
* Приемник усиливает принятые сигналы и преобразует их к виду, необходимому для работы электронно-оптического устройства.
Электронно-оптическое устройство осуществляет преобразование электрических сигналов в оптическое изображение.
Пространственная дискретизация изображения. Оптическое изображение на экранах преобразователей ТВ-системы (датчика и электронно-оптического устройства) может быть представлено в виде множества элементов разложения изображения, яркость и цвет которых можно считать постоянными в пределах границ элементов. Размеры элементов изображения выбираются из следующих соображений. Чем меньше размеры элементов (а значит, больше этих элементов в изображении), тем точнее соответствует дискретное изображение объекту наблюдения. Однако увеличение числа элементов разложения не должно превышать некоторого значения Nmax. Это обусловлено тем, что за пределами этой величины улучшения качества воспринимаемого человеком изображения не происходит, в связи с ограниченностью разрешающей способности зрительной системы, а сложность ТВ системы существенно возрастает.
Оценка величины NmSM может быть сделана из следующих рассуждений.

Полагая, что ТВ-экран должен соответствовать углу ясного зрения, количество элементов разложения по вертикали NB составит (рис. 1.3)

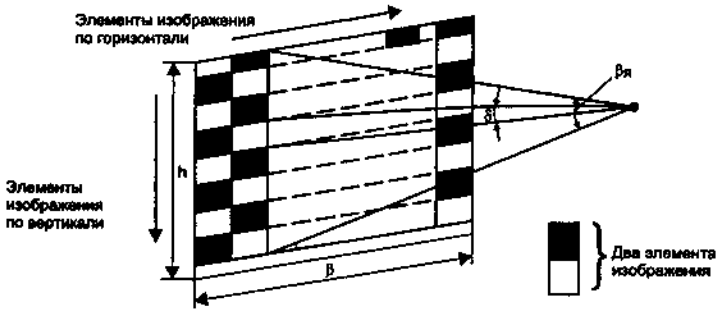


Рис. 1.3. К определению элементов разложения

$$N_B = \beta/\delta = (11^0 * 60)'/1' = 660 \quad (1.1)$$

где βя — угол ясного зрения в вертикальной плоскости, δ — разрешающая способность зрительной системы.

Аналогично количество элементов разложения по горизонтали Nr

$$N_Г = \alpha_я/\delta = (15^0 * 60)/1' = 900 \quad (1.2)$$

где αя — угол ясного зрения в горизонтальной плоскости. Общее количество элементов изображения

N = NГNB = 594*103. (1.3)

Развертка изображения. Разверткой изображения называется процесс поочередной передачи во времени информации о яркости и цвете элементов разложения изображения [3]. Развертка осуществляется с помощью развертывающего элемента (РЭ). РЭ может быть электронный луч, лазерный луч, отверстие в диафрагме и т. п. При перемещении РЭ относительно элементов разложения изображения на выходе преобразователя свет-сигнал формируется электрический сигнал. Мгновенное значение сигнала пропорционально яркости элемента изображения, на который в данный момент времени направлен развертывающий элемент.

В приемнике ТВ-системы осуществляется поочередное воспроизведение информации о яркости и цвете элементов передаваемого изображения на экране преобразователя сигнал-свет. На вход преобразователя подается электрический сигнал, а на экране преобразователя этот сигнал с помощью развертывающего элемента преобразуется в световое изображение.

Тип разверток на приемной и передающей сторонах ТВ-системы должен быть одинаков, развертки должны быть синхронными и синфазными (т. е. необходимо выполнить равенство частот разверток и времени их начала на приемной и передающей сторонах).

Развертка может осуществляться по различным законам. В технике используют: спиральную, радиальную, линейно-строчную и другие типы

разверток (рис. 1.4).
При спиральной развертке траектория движения РЭ представляет собой спираль (рис. 1.4, а). Как только РЭ достигает края экрана, он быстро возвращается в его центр и процесс повторяется вновь. При радиальной развертке РЭ передвигается от центра экрана по радиусу, который вращается с малой угловой скоростью (рис. 1.4, б). По достижении края экрана РЭ быстро сдвигается в центр.
При линейно-строчной развертке развертывающий элемент перемещается от одного края экрана (например, левого) к другому с постоянной горизонтальной скоростью и одновременно с этим смещается сверху вниз с гораздо меньшей вертикальной постоянной скоростью. Такое перемещение называется прямым ходом строчной развертки. Достигнув правого края экрана, развертывающий элемент быстро возвращается к левому краю (обратный ход строчной развертки). С нижнего края экрана РЭ возвращается на верхний край (обратный ход кадровой развертки, рис. 1.4, в).
В телевидении наибольшее распространение получила линейно-строчная развертка. При такой развертке след, образуемый на поверхности экрана электронно-оптического преобразователя при перемещении РЭ от левого края экрана к правому, называется строкой [3].
Совокупность видимых строк на экране называется растром.
Полный цикл обхода всего экрана РЭ называется кадром.
Время, за которое РЭ совершает обход всего экрана и возвращается в исходное положение, называется периодом кадровой развертки.
Время, за которое РЭ проходит строку и возвращается к левому краю экрана, называется периодом строчной развертки.
Время, затрачиваемое на прямой ход развертки по строке, называется длительностью активной части строки.
Параметры развертки. К параметрам линейно-строчной развертки относят: формат кадра, число строк, частоту кадра, частоту строк.
Формат кадра k — отношение горизонтального размера растра (в) к вертикальному (h), k=e/h (рис. 1.3). Размеры растра должны соответствовать углу ясного зрения, поэтому

$$k = в / h = \alpha_я / \beta_я = 15° / 11° \approx 4/3 \quad (1.4)$$

Число строк (z) ТВ-изображения. При качественном ТВ-изображении число строк должно быть равно числу элементов разложения изображения по вертикали (рис. 1.3), т. е. z= NB. Стандартом ТВ-вещания в России выбрано z = 625.
Частота кадров FK. Этот параметр развертки зависит от ее вида. Линейно-строчные развертки бывают двух видов: построчная и чересстрочная.
Построчная развертка. Развертка, при которой все строки растра просматриваются последовательно одна за другой, начиная с первой строки, называется построчной. Частота кадров при такой развертке выбирается, исходя из условия отсутствия мерцания яркости изображения, т. е. FK >fкр. Стандартом принято FK = 50 Гц.
Выбор такой частоты кадров приводит к следующим особенностям построчной развертки. Во-первых, возникает избыточность количества кадров

при воспроизведении изображения движущихся объектов. Дело в том, что в силу инерционности зрения эффект плавного перемещения предмета в пространстве может быть достигнут, если передавать 16...24 отдельных его мгновенных положения (фаз) в одну секунду. Каждая фаза может быть передана одним кадром. Следовательно, для воспроизведения движения объектов достаточно передавать 24 кадра в секунду. Во-вторых, для передачи сигнала изображения требуется сравнительно большая полоса частоты. Забегая вперед, скажем, что полоса частот, требуемая для передачи сигнала изображения AF может быть оценена из выражения [3]

$$\Delta F = P / 2\tau_э \qquad (1.5)$$

где τэ — время развертки одного элемента изображения; Р — коэффициент Кэлла, равный 0,75. В свою очередь,

$$\tau_э = T_K / N, \qquad (1.6)$$

где Тк — время развертки одного кадра; N — общее количество элементов изображения. (Временами обратного хода по кадру и строкам в первом приближении пренебрегаем.)

Учитывая выражения (1.3), (1.5), (1.6), а также то, что Тк= 1/50 с, имеем

$$\Delta F = NP / 2T_K = 11{,}2 МГц \qquad (1.7)$$

Уменьшить полосу частот, отводимую для передачи сигнала изображения и устранить избыточность числа кадров удается путем применения чересстрочной развертки, широко применяемой в вещательном ТВ.

Чересстрочная развертка. Сущность этой развертки заключается в том, что полный кадр передается и воспроизводится в два этапа (поля). В первом поле развертывают нечетные строки растра, во втором — четные (рис. 1.5). Таким образом, число строк в каждом поле оказывается в два раза меньше по сравнению с числом строк в кадре. Поскольку общее количество строк в кадре принято z= 625, то в каждом поле число строк оказывается равным 312,5. Время развертки каждого поля делают равным Тп = 1/50 с. Поэтому полный цикл обхода всего экрана (период кадра) составит ТК = 2ТП= 1/25 с, тем самым 'устраняется избыточность кадров при воспроизведении движения объектов.

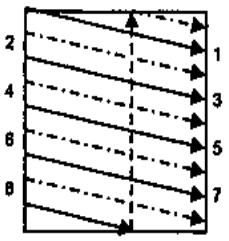


Рис. 1.5. Траектория движения луча при чересстрочной развертке: (———) — первое поле; (-·-·-·-) — второе поле; 1, 2, 3, 4, ... — номера строк растра на экране (обратный ход по строкам на рисунке не показан)

С другой стороны, поскольку за время Тп = 1/50 с РЭ при чересстрочной развертке пробегает вдвое меньшее число строк, чем при построчной развертке, время развертывания одного элемента изображения оказывается вдвое большим. Тогда, как следует из выражения (1.5), полоса частот, требуемая для передачи изображения, уменьшается в два раза по сравнению с построчной разверткой. Для отечественного стандарта ТВ-вещания принята ΔF= 6 МГц.

Частота строк. Период строки при чересстрочной развертке может быть вычислен по выражению

Тс=Тп/nп, (1.8)

где Тп = 2-10-2 с — период повторения полей; nп = 312,5 — число строк в одном поле.

Тогда в соответствии с (1.8) частота строк при чересстрочной развертке составит Fс = l/Тс= 15625 Гц.

Краткие итоги

в основе телевидения лежат два принципа: принцип разбиения плоского изображения на экране датчика ТВ-сигнала на элементы изображения (пространственная дискретизация) и принцип последовательной передачи во времени яркости и цвета каждого элемента изображения (развертка изображения).

количество элементов изображения в вещательном ТВ определяется величиной угла ясного зрения и разрешающей способностью глаза.

в вещательном ТВ используется чересстрочная развертка, когда кадр передается за два этапа (поля). Это позволяет уменьшить полосу частот, занимаемую ТВ-сигналом в два раза по сравнению со случаем использования более простого вида развертки — построчной развертки.

Контрольные вопросы

Нарисуйте обобщенную схему ТВ-системы. Поясните назначение функциональных элементов этой системы.

Назовите основные принципы телевидения.

Как следует понимать пространственную дискретизацию изображения?

Что называется разверткой изображения, и какие виды разверток вы знаете?

Назовите параметры развертки и дайте их количественные оценки.

Какие недостатки построчной развертки вы знаете?

В чем заключается сущность чересстрочной развертки?

1.3. Сигнал изображения

На выходе преобразователя свет-сигнал формируется видеосигнал. Этот

сигнал является функцией времени и пропорционален яркости передаваемых элементов изображения. На рис. 1.6 в качестве примера приведен фрагмент видеосигнала за время, равное длительности активной части строки, получаемый при развертке изображения в виде вертикальных черно-белых полос. Анализируя видеосигнал на рис. 1.6, можно сделать следующие выводы:

сигнал имеет импульсный характер;

сигнал однополярный (яркость не может быть отрицательной).

Форма видеосигнала, показанного на рис. 1.6, получена в предположении, что РЭ обладает точечной апертурой (поперечным сечением РЭ).

Однако апертура реальных РЭ имеет конечные размеры, что приводит к размытию крутых фронтов видеосигнала и уменьшению размаха этого сигнала от мелких деталей (деталей, размеры которых соизмеримы с размерами РЭ, рис. 1.7).

Это объясняется тем, что мгновенное значение видеосигнала пропорционально средней яркости элементов изображения, находящихся внутри апертуры РЭ. При образовании сигнала от мелких чередующихся деталей его форма становится близкой к синусоидальной. При дальнейшем уменьшении размеров деталей размах сигнала от них становится настолько малым, что изображение таких деталей не может быть передано

ТВ-системой.

Информация о яркости изображения передается только во время Прямого хода развертки. Во время обратного хода развертки в видеосигнал замешиваются гасящие импульсы, разделяющие сигналы в соседних строках и полях. Видеосигнал вместе с гасящими импульсами

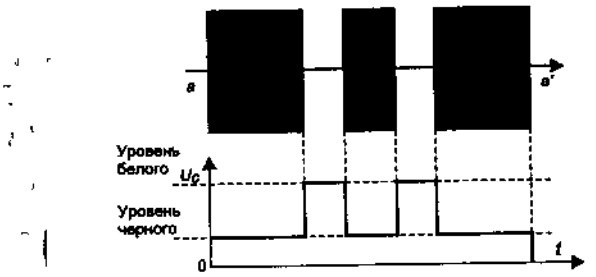


Рис. 1.6. Изображение и видеосигнал от него при р строки по линии aa'

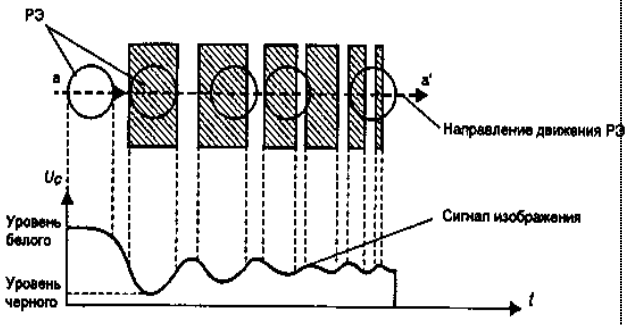


Рис. 1.7. Изображение и видеосигнал от него при конечных размерах РЭ

называется ТВ-сигналом [2]. На рис. 1.8 изображен ТВ-сигнал от изображения в виде перемежающихся трех черных и двух белых вертикальных полос (рис. 1.6) при построчной развертке.

Из этого рисунка следует: при передаче черных полос величина сигнала равна уровню черного; при передаче белых полос — уровню белого; во время обратного хода развертки по строкам и кадрам передаются гасящие строчные и кадровые импульсы. Вершины гасящих импульсов располагаются на уровне гашения (нулевом уровне).

ТВ-сигнал носит периодический характер. Просматриваются два периода

повторения: один с периодом следования строк (Тс), другой — с периодом следования кадров (Т к).
Спектральные характеристики сигнала изображения. Известно, что любой периодический сигнал можно представить в виде суммы гармонических составляющих с частотами, кратными частоте повторения сигнала:

$$U(t) = \sum_{n=0}^{\infty \cos} U_n \bullet Cos(\omega_n t + \varphi_n) \qquad (1.9)$$

где Un — амплитуда; ω — частота; φ_n — начальная фаза «n» — гармонической составляющей; ω л = 2πп/Т, где Т— период повторения сигнала.
Гармонические составляющие называются спектральными составляющими, а само представление сигнала в виде (1.9) называется спектральным разложением сигнала U(t) (спектром сигнала).
Отметим основные особенности спектра сигнала черно-белого изображения при чересстрочной развертке (рис. 1.9).
Величина спектральных составляющих сигнала убывает с рос
том частоты.
Спектр сигнала изображения дискретный. Он содержит гармоники кFc (где к=1, 2, 3, ...;.FC — частота повторения строк). Вокруг
каждой гармоники кFc справа и слева группируются составляющие с частотами, отстоящими от нее на величину ±mFn (где m= 1, 2, 3, ...;
Fn — частота повторения полей).
Таким образом, спектр сигнала изображения состоит как бы из «сгустков» энергии на частотах, кратных частоте строк. Описанная структура обусловлена периодичностью сигнала изображения с частотой строк и полей.
3. Спектр сигнала изображения имеет составляющую на нулевой частоте.
Для воспроизведения формы сигнала изображения достаточно
передать составляющие спектра от нулевой частоты до fmax = ΔF.
(Оценка величины ΔF была сделана ранее в п. 2.2)
5 При передаче движущегося объекта содержание каждого после
дующего изображения от кадра к кадру мало отличается от предыду-
щего, т. к. скорость смены кадров значительно больше скорости пере
движения объекта по экрану. Однако перемещение объекта изменяет
во времени амплитуды и фазы спектральных составляющих. Это приводит к тому, что вокруг каждой спектральной линии появляются составляющие, настолько близко расположенные друг к другу, что спектральная линия вместе с этими составляющими образует непрерывный спектр, форма которого похожа на лепесток (рис. 1.9, в). Ширина таких «лепестков» составляет единицы герц и определяется скоростью движения изображения по экрану.
Краткие итоги
сигнал изображения однополярен. Он имеет импульсный ха-
рактер. На осциллограммах просматривается два периода по-
вторения сигнала: один с периодом следования строк, другой —
с периодом полей;
спектр сигнала дискретный. Он содержит постоянную (нуле-

вую) составляющую и гармоники, частота которых кратна час
тоте строк. С ростом частоты величина гармоники постепенно
убывает. Вокруг каждой такой гармоники (справа и слева) груп-
пируются составляющие, частоты которых отличаются от час-
тоты этой гармоники на величину, кратную частоте повторения
полей.

Контрольные вопросы

Перечислите особенности сигнала изображения.

Что представляет собой спектр сигнала изображения? Каковы его особенности?

1,,4. Телевизионное изображение и его качество

При оценке качества ТВ-изображения обычно сопоставляют его с оптическим изображением или изображением, непосредственно наблюдаемым глазом. При этом могут использоваться различные критерии степени соответствия.

Критерий физической точности предполагает, что излучение каждой точки ТВ-изображения по спектральному составу и мощности, идентично соответствующим элементам оригинала. Рассматриваемый критерий в телевидении не используется из-за невозможности в большинстве случаев выполнить такие требования. Например, ТВ-система не может воспроизвести яркости объектов наблюдения до 104 кд/м2.

Физиологическая точность воспроизведения полагает, что зрительные ощущения, вызываемые оригиналом и изображением, одинаковы, хотя физическая точность может быть, и не соблюдена. Для примера положим, что мощность излучения элемента наблюдаемого объекта постоянна во всем диапазоне частот светового излучения. При таком излучении цвет этого элемента кажется нам белым. На экране цветного ТВ рассматриваемый элемент воспроизводится путем наложения друг на друга его трех цветных изображений в красном, синем и зеленом цветах. Каждому из этих цветов соответствует строго определенная длина волны светового излучения. При определенном соотношении яркостей этих цветных изображений также создается ощущение белого цвета.

При использовании психологического критерия изображение оценивается наблюдателем как высококачественное, хотя физиологическая точность не соблюдается. Цвет наиболее важных сюжетных деталей изображения должен быть по возможности близок к цвету этих же деталей объекта наблюдения. К таким деталям обычно относят лицо, руки, волосы, листву деревьев и т. п. При этом цвет второстепенных предметов может воспроизводиться с большими погрешностями.

При оценке качества изображения следует иметь в виду, что ТВ-изображение имеет меньшие размеры деталей, чем объект, и заключено в ограничивающую рамку, которой нет в передаваемом объекте. Яркость фона, окружающего изображение, мала по сравнению с яркостью изображения. В этих условиях важную роль играет относительность наших зрительных оценок, что позволяет не воспроизводить абсолютное значение яркостей отдельных элементов изображений оригинала, а сохранить лишь соотношение между яркостями отдельных элементов изображения и их цветности.

Качество ТВ-изображения характеризуют рядом параметров. К таким параметрам относят: формат изображения, размер изображения, геометрические искажения, воспроизведение градаций яркости внутри яркостного динамического диапазона, четкость, цветовоспроизведение, неравномерность воспроизведения по полю изображения. Эти параметры определяются следующим образом.

Формат изображения соответствует формату кадра.

Размер изображения при заданном формате обычно оценивают диагональю изображения.

Геометрические искажения характеризуют точность воспроизведения координат передаваемых элементов изображения. На рис. 1.10 приведены часто встречающиеся геометрические искажения растра.

Четкость изображения характеризует минимальные размеры деталей изображения, которые могут отдельно воспроизведены на ТВ-экране. Четкость зависит от вида изображений, условий его наблюдения, контрастности деталей, субъективных особенностей глаза. Для того чтобы устранить все эти неопределенности, четкость в телевидении оценивают по специальным таблицам, воспроизводимым на ТВ экране. В ряде таблиц четкость определяют по количеству раздельно видимых черно-белых полос, размещаемых на единице длины либо на всем экране. Полосы проводятся перпендикулярно направлению, в котором оценивается четкость. Ширина белых и черных полос делается одинаковой. В качестве направлений обычно выбирают горизонтальное и вертикальное.

Горизонтальная четкость (Мг) может быть оценена как Мг = b/d, где b — размер экрана по горизонтали, а d — минимальный размер полоски, при которой полосы разрешаются (рис. 1.11). Аналогично четкость по вертикали МВ = h/d,

где h — вертикальный размер экрана.

Четкость изображения по вертикали обусловлена, в основном, количеством строк. При этом она зависит от взаимного расположения строк и элементов изображения. Максимальная четкость изображения по вертикали равна количеству строк. Для вещательного ТВ Мв = 625.

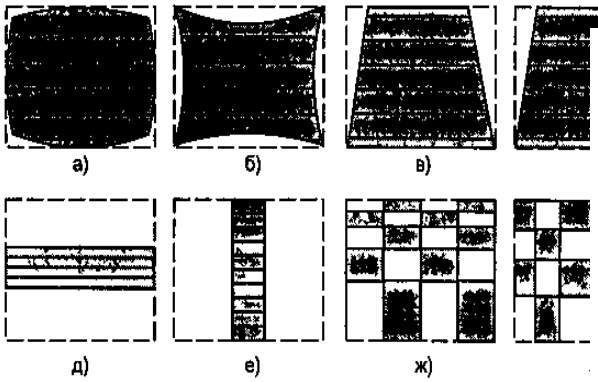
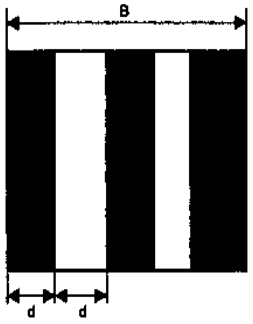
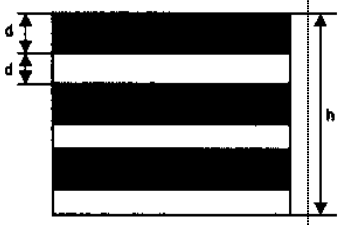


Рис. 1.10. Геометрические искажения растра *а* — бочкообра подушкообразные; *в* — трапецеидальные; *г* — искажения типа «пара *д* — нарушение вертикального размера кадра, *е* — нарушение гор размера кадра; *ж*, *з* — искажения, вызванные нелинейностью кадровои и строчнои разверток



а)



б)

Рис. 1.11. К определению четкости изображения: *а* — по горизонтали; *б* — по вертикали

Четкость изображения по горизонтали определяется полосой частот телевизионной системы (ΔF), отводимой для передачи изображения. Экспериментальные исследования по оценке величины ΔF показали, что для реализации одинаковой максимальной четкости по вер тикали и горизонтали величина ΔF должна выбираться в соответствии с выражением (1.5) [3].
Резкость изображения — определяется пространственными размерами зоны перехода от деталей с одним уровнем яркости к деталям с другой яркостью. Если эта зона меньше размеров деталей, то изображение считается резким.
К яркостным характеристикам изображения относят: максимальную яркость, контраст, число градаций, перераспределение градаций яркости по динамическому диапазону.

Контраст к — это отношение максимальной яркости изображения (L_{max}) к минимальной (Lmin):
К= Lmax / Lmin
Для ТВ-изображения Lmax = 100 кд/м2, Lmin = 1 кд/м2, к = 100.
Число различимых градаций яркости изображения (А). В заданном диапазоне яркостей Lmin ÷ Lmax зритель может воспринять только вполне определенное количество ступеней изменения яркости. (Первая ступень L1= Lmin + Lmin * α , вторая ступень $L2 = L_1 + L_{1\alpha} \bullet \alpha$ где α — относительный разностный порог раздражения). Общее количество таких ступеней в диапазоне яркостей ТВ-изображения от Lmin = 1 кд/м2 до Lmax = 100 кд/м2 составляет А = 92 [4].
Перераспределение градаций яркости в ТВ-изображении.) Количество градаций яркости на ТВ-экране составляет А = 92, в то время как количество градаций яркости объектов наблюдения достигает 104 [4]. Т. е. все градации яркости объектов ТВ-система воспроизвести не может: одна градация яркости на ТВ-экране соответствует нескольким градациям яркости объекта. Это приводит к снижению качества изображения.
Однако и при ограниченном количестве воспроизводимых градаций яркости на экране ТВ имеется возможность несколько улучшить качество изображения. Качество изображения в основном определяется воспроизведением количества градаций яркости оригинала в области белого. Поэтому количество градаций яркости изображения при больших и средних значениях яркости стараются приблизить к числу градаций оригинала. (При этом число градаций слабоосвещенных деталей уменьшается, т. к. общее количество градаций яркости на экране при любом перераспределении остается неизменным.) Такое перераспределение градаций яркости достигается выбором формы зависимости яркости изображения (L) от яркости объекта наблюдения (L0). Зависимость L(LQ) называется характеристикой передачи уровня яркости ТВ-системы. Оптимальная форма этой зависимости, с точки зрения качества передачи изображения, приведена на рис. 1.12.

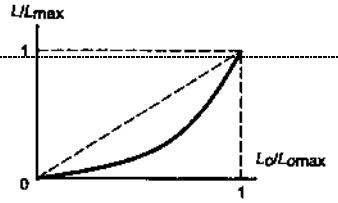


Рис. 1.12. Характеристика передачи уровней яркости ТВ-системы

Математически эту зависимость можно записать как

$$L/Lmax = (L_0 / L_{0\,MAX})^{1,2} \quad [3]$$

ГДе $L_{0\,MAX}$ и L_{MAX} -максимальные значения яркостей объекта наблюдения и его изображения.

Краткие итоги

Качество ТВ-изображения характеризуется следующими основными параметрами: форматом изображения, размером изображения, геометрическими искажениями, четкостью, яркостными и цветовыми характеристиками:

формат изображения — это отношение горизонтального размера растра к вертикальному;

размер изображения оценивается длиной диагонали изображения;

геометрические искажения характеризуют точность воспроизведения координат элементов изображения;

четкость изображения характеризует минимальные размеры деталей изображения, которые раздельно могут быть воспроизведены на экране ТВ.

К яркостным характеристикам изображения относят: максимальную яркость, контраст, число градации яркости:

под контрастом понимают отношение максимальной яркости изображения к минимальной;

число различимых градаций яркости — это количество степеней изменения яркости в диапазоне от минимальной до максимальной яркости, которые может воспринять телезритель;

цветовоспроизведение характеризуется степенью отличия цветов изображения от цвета соответствующих участков объекта наблюдения.

Контрольные вопросы

Какими параметрами характеризуется качество ТВ-изображения?

Какие виды геометрических искажений ТВ-изображений вы знаете?

Что такое четкость ТВ-изображения и от чего она зависит?

С какой целью осуществляется перераспределение градаций яркости в ТВ-изображении?

2. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

2.1. Преобразователи свет-сигнал и их общая характеристика

Фотоэлектрический преобразователь (ФЭП) предназначен для формирования электрического сигнала, соответствующего оптическому изображению,

спроецированному на его экран. Преобразование световой энергии в электрический сигнал происходит на основе фотоэффекта. Фотоэффект бывает внутренний и внешний. Внешний фотоэффект (фотоэлектронная эмиссия) — это испускание электронов веществом под воздействием электромагнитного излучения. На основе этого эффекта созданы фотодиоды, фотоумножители и некоторые виды передающих телевизионных трубок. Фоточувствительные поверхности этих приборов называются фотокатодами. Между фотокатодом и коллектором (анодом) таких приборов создается электрическое поле, отбирающее все вылетевшие из катода электроны, которые образуют фототек во внешней цепи прибора. Величина фототока пропорциональна освещенности фотокатода. Внешний фотоэффект используется в ряде телевизионных ФЭП (диссектор, иконоскоп, ортикон, суперортикон).

При внутреннем фотоэффекте фоточувствительный слой изменяет электрическую проводимость под действием падающего света. При этом за счет поглощения энергии излучения увеличивается энергия отдельных электронов и нарушаются их связи с ядром своего атома. Электроны не покидают вещество, как при внешнем фотоэффекте, а остаются внутри его. Внутренний фотоэффект положен в основу работы ряда телевизионных ФЭП (видикон, плюмбикон, кремникон, твердотельные преобразователи).

Фотоэлектрические преобразователи бывают мгновенного действия и с накоплением зарядов. В ФЭП мгновенного действия электрический сигнал пропорционален световому потоку, который воздействует на элемент фоточувствительного слоя в момент его коммутации развертывающим элементом преобразователя. Такие преобразователи обладают высокой линейностью световой характеристики, высокой разрешающей способностью, но низкой чувствительностью. Примером ФЭП мгновенного действия может служить передающая телевизионная трубка — диссектор. Такая трубка применяется в ТВ системах, обеспечивающих автоматизацию, контроль и управление производственными процессами, в устройствах чтения микрофильмов, чертежей и графиков. Однако диссектор не пригоден для передачи натурных сцен из-за малой чувствительности.

ФЭП с накоплением зарядов накапливают электрические заряды в течение периода кадровой развертки, а считывание этих зарядов происходит в момент коммутации элемента фоточувствительного слоя развертывающим элементом. Такие преобразователи могут использовать как внутренний фотоэффект (видикон, плюмбикон, кремникон), так и внешний (иконоскоп, ортикон, суперортикон). Эти преобразователи обладают высокой чувствительностью, обеспечивают высокое Качество изображения и находят широкое применение в аппаратуре вещательного телевидения.

Качество ТВ-изображения во многом определяется характеристиками ФЭП. К таким характеристикам относят: чувствительность, световую характеристику, спектральную характеристику, апертурную характеристику, инерционность.

Чувствительность — величина освещенности экрана преобразователя, обеспечивающая на выходе преобразователя заданное отношение сигнал/шум.

Световая характеристика — зависимость величины тока на выходе преобразователя от освещенности его экрана.

Спектральная характеристика преобразователя — зависимость величины тока на выходе преобразователя от длины волны электромагнитного излучения, падающего на экран преобразователя, при постоянной мощности излучения. Апертурная характеристика (АХ) — зависимость глубины модуляции сигнала преобразователя от относительных размеров деталей изображения. АХ определяется при проецировании на экран преобразователя оптического изображения в виде чередующихся вертикальных белых и черных полос равной ширины (деталей изображения). Такое изображение называется штриховой мирой. Глубина модуляции сигнала — это отношение размаха сигнала (разность между максимальным и минимальным значением напряжения сигнала) от деталей заданного размера к размаху сигнала от крупных деталей изображения. При этом под крупными деталями понимаются такие, размеры которых во много раз превышают апертуру развертывающего элемента. Размеры деталей обычно соотносят с линейными размерами экрана преобразователя и выражают количеством полос, умещающихся на экране.

2.2. Диссектор

Структура диссектора изображена на рис. 2.1.

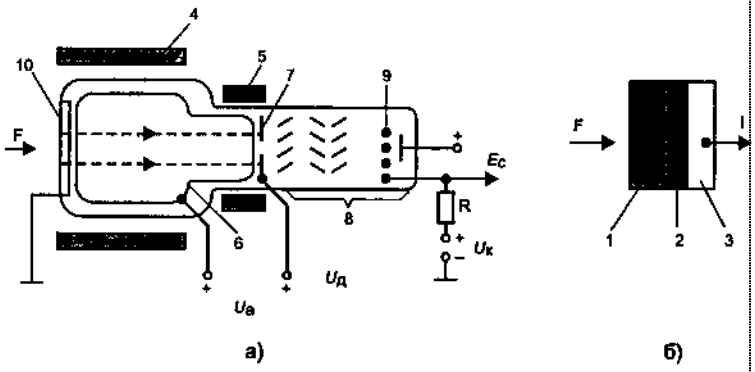


Рис. 2.1. Диссектор: *а* — устройство преобразователя; *б* — состав фотокатода, 1 — планшайба; 2 — металлическая подложка; 3 — фотослой; 4 — фокусирующая катушка; 5 — отклоняющая катушка; 6 — ускоряющий электрод; 7 — диафрагма; 8 — вторично-электронный умножитель; 9 — коллектор; 10 — фотокатод

В диссекторе используется полупрозрачный фотокатод (рис. 2.1, б), состоящий из тонкой пленки полупроводникового материала (фотослоя) 3, эмитирующего фотоэлектроны Iв сторону, противоположную той, на которую воздействует световой поток F. Пленка нанесена на практически прозрачную для света металлическую подложку 2, напылённую на стеклянную планшайбу 1. Световое изображение преобразуется в электронное одновременно по всей поверхности экрана преобразователя и переносится в плоскость диафрагмы 7 с помощью напряжения, приложенного к ускоряющему электроду 6, и магнитного поля фокусирующей катушки 4. Поток электронов, расположенный перед отверстием диафрагмы, проходит через это отверстие и попадает на вход вторично-электронного умножителя, на выходе которого формируется сигнал изображения Ес. С помощью магнитного поля отклоняющих катушек 5 электронное изображение смещается относительно отверстия диафрагмы по строкам и кадру. Таким образом, через отверстие диафрагмы последовательно элемент за элементом проходят электроны, соответствующие различным участкам передаваемого изображения, тем самым осуществляется развертка изображения.

2.3. Видикон

Структура видикона изображена на рис. 2.2. В нем используется фотомишень, состоящая из планшайбы 1; тонкого металлического слоя, прозрачного для проходящего через него света 2 (сигнальная * пластина); фотослоя 3, изменяющего свою проводимость под воздействием света. Образование сигнала изображения в видиконе поясняется эквивалентной схемой этого преобразователя (рис. 2.3).

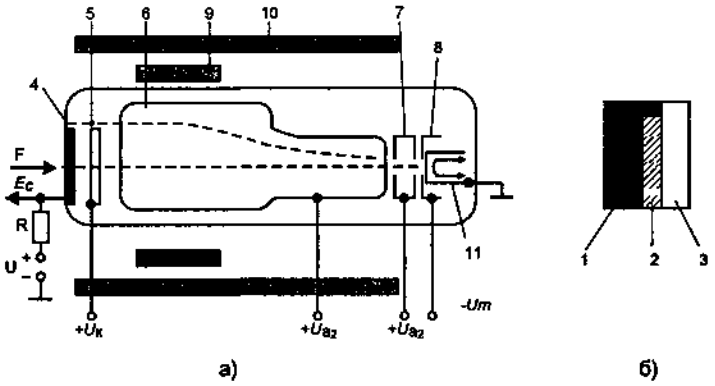


Рис. 2.2. Видикон: *а* — устройство преобразователя; *б* — состав фотомишени; 1 — планшайба; 2 — сигнальная пластина; 3 — фотопроводящий слой, 4 — фотомишень; 5 — коллектор; 6 — второй анод; 7 — первый анод; 8 — управляющий электрод; 9 — отклоняющая катушка; 10 — фокусирующая катушка; 11 — термокатод

Фотомишень можно представить как мозаику элементарных конденсаторов Сэ, шунтированных резисторами R3. Емкости Сэ образованы сигнальной пластиной и полупроводниковым слоем светочувствительного материала. Сопротивление R3 определяется проводимостью полупроводникового слоя на элементарном участке мишени. При проектировании на мишень оптического изображения различные участки ее поверхности будут иметь разные сопротивления в соответствии с их освещенностью. Когда электронный луч под воздействием магнитного поля отклоняющей катушки 9 движется по поверхности мишени, каждый элементарный конденсатор Сэ заряжается за время его коммутации лучом до напряжения U, равного напряжению источника питания. Как только луч «сходит» с элемента поверхности, конденсатор Сэ начинает разряжаться через сопротивление R3. Скорость разряда Сэ определяется постоянной времени элемента фотомишени $\tau = R_э C_э$. На освещенных участках фотомишени конденсатор Сэ разряжается быстрее, чем на участках затемненных. Таким образом, рельеф сопротивлений на поверхности фотомишени преобразуется в потенциальный рельеф. В момент коммутации конденсатора Сэ электронным лучом возникает ток заряда этого конденсатора I3. Ток I3 протекает по цепи: U -> R -> Сэ -> термокатод -> корпус. Величина этого тока зависит от напряжения на конденсаторе Сэ, до которого этот конденсатор разрядился к моменту коммутации: чем напряжение на Сэ меньше, тем больше величина I3. Ток I3, протекая через сопротивление R, формирует на нем напряжение сигнала изображения Ес. Электронно-оптическая система видикона содержит электронный прожектор и

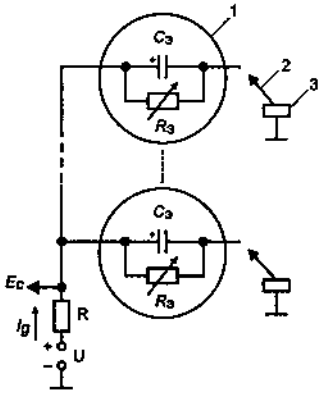


Рис. 2.3. Принцип формирования сигнала изображения в видиконе: 1 — элемент фотомишени; 2 — электронный луч; 3 — термокатод

коллектор 5 (рис. 2.2) в виде мелкой сетки, помещенной перед фотомишенью. Прожектор предназначен для формирования электронного луча и состоит из термокатода 11, управляющего электрода 8, первого 7 и второго 6 анодов. Термокатод эмиттирует со своей поверхности электроны, плотность потока которых регулируется управляющим электродом. Первый анод формирует размеры поперечного сечения электронного луча, второй анод служит для создания ускоряющего электрического поля, в котором производится отклонение развертывающего луча. Коллектор обеспечивает подход электронов к поверхности фотомишени под прямым углом и образует равномерное отбирающее электрическое поле для вторичных электронов в районе мишени.
Фокусировка, отклонение развертывающего луча осуществляется внешней магнитной системой, которая состоит из фокусирующей катушки 10 и отклоняющей катушки 9.

2.4. Твердотельные фотоэлектрические преобразователи

В настоящее время в телевидении нашли широкое применение твердотельные ФЭП на базе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Основой ПЗС является конденсатор МОП-структуры (металл-окисел-полупроводник). Одной обкладкой конденсатора является металлический электрод, а второй — полупроводник. Диэлектриком между этими обкладками служит тонкий слой окисла полупроводника (рис. 2.4).

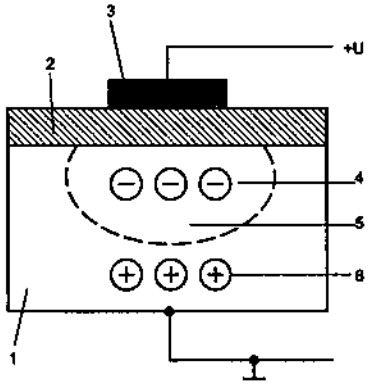


Рис. 2.4. Конденсатор МОП-структуры: 1 — полупроводниковая подложка (p-проводимости); 2 — окисел; 3 — металлический электрод; 4 — неосновные носители; 5 — обедненная область; 6 — основные носители

Если между электродом и полупроводниковой подложкой, например p-типа, приложить напряжение +U, то в результате действия электрического поля дырки (основные носители) полупроводника, находящиеся под электродом, отойдут в толщину слоя полупроводника. При этом под электродом образуется область, обедненная основными носителями, — потенциальная яма. Изменяя величину напряжения +U можно управлять глубиной потенциальной ямы
В образовавшейся потенциальной яме происходит накопление неосновных носителей электронов, которые могут образовываться как за счет полезного эффекта (например, фотоэмиссии), так и за счет термоэлектронной эмиссии. Термоэлектронная эмиссия — это процесс генерирования неосновных

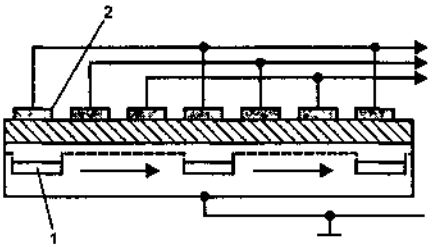


Рис. 2.5. Линейка из МОП-конденсаторов: 1 — зарядовые пакеты, 2 — электроды

носителей, обусловленных температурой, под которой находится полупроводник. Накопление термогенерированных носителей является паразитным процессом. Если ввести ограничение на максимальное значение заряда термоэлектронной эмиссии, то тем самым можно определить и максимальное время, отводимое для накопления и хранения полезного заряда.
Рассмотрим принцип организации ПЗС-линеек. ПЗС-линейка — это устройство для хранения и передвижения зарядовых пакетов вдоль нее. Линейка состоит из последовательно расположенных электродов на общей подложке (рис. 2.5).
Расстояние между электродами настолько мало, что обедненная область под одним электродом практически простирается до соседних электродов. Поэтому если под одним из л-х электродов, к которому приложен потенциал +U, будет накоплен заряд, образованный, например, фотоэлектронной эмиссий, то передвинуть его в соседнюю п + 1 ячейку можно, если потенциальную яму п + 1 ячейки сделать глубже, чем у п-й ячейки. Вслед за этим потенциал п-й ячейки уменьшают до значения, близкого к нулевому, а потенциал п + 1 ячейки делают таким же, какой был раньше у п-й ячейки +U.
Зарядовые пакеты изначально вводятся в линейку через два электрода. Это обеспечивает их сохранность при передвижении вдоль линейки, что следует из рассмотрения динамики перемещения зарядов (рис. 2.6).
Передвижение зарядовых пакетов обеспечивается циклическим изменением потенциалов электродов. Проследить за передвижением пакетов при изменении потенциалов на управляющих шинах можно по рис. 2.6.
В настоящее время преобразователи свет-сигнал на базе ПЗС находят широкое применение в технике телевидения. Рассмотрим некоторые из них.

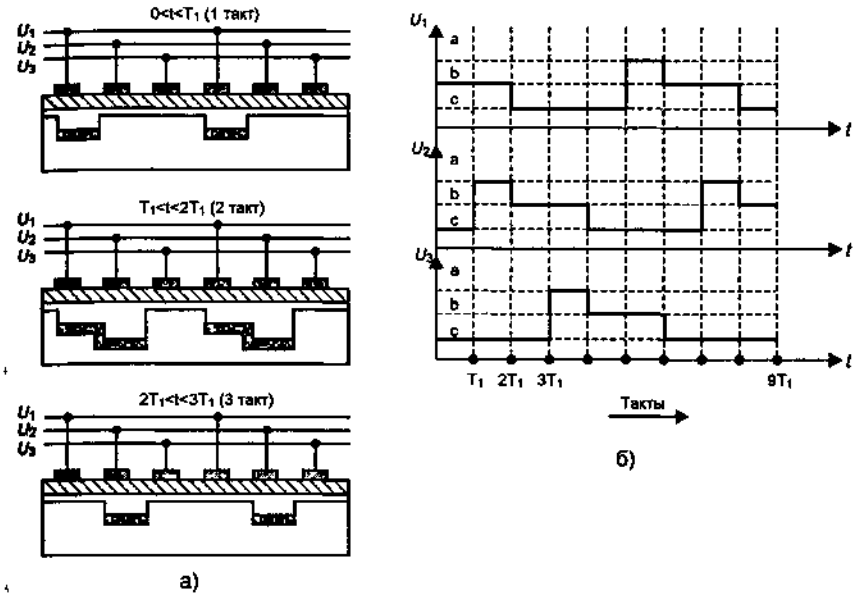


Рис. 2.6. Перемещение зарядовых пакетов в ПЗС-линейке: *а* — линейка; *б* — эпюры напряжений на управляющих шинах, обеспечивающих перемещение зарядов; *U1* — напряжение на первой шине; *U2* — на второй; *U3* — на третьей шине, *а, б, с* — уровни напряжений

Устройство линейного преобразователя приведено на рис. 2.7.
. В секции накопления 1 светочувствительные элементы накапливают зарядовые пакеты за время активной части строки. Затем накопление прерывается, и с помощью механического или электрического > затвора 2

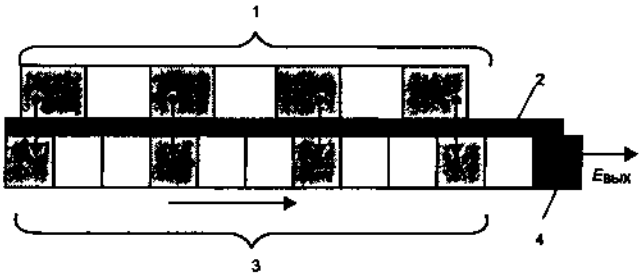


Рис. 2.7. Линейный преобразователь на ПЗС: 1 — секция накопления; 2 — затвор переноса; 3 — секция переноса; 4 — устройство считывания зарядов

зарядовые пакеты вводятся параллельно в секцию переноса 3 за время обратного хода развертки по строке. После закрытия затвора вновь происходит накопление зарядов в секции 1, а из секции 3 зарядовые пакеты через устройство считывания 4 выводятся из преобразователя.

Широкое распространение в телевидении получили матричные ФЭП. Такие преобразователи бывают двух видов: с покадровым переносом зарядов и преобразователи с межстрочным переносом (рис. 2.8).

В преобразователях с покадровым переносом (рис. 2.8, а) поверхность экрана образована секцией накопления 1, накопление зарядовых пакетов осуществляется в светочувствительных ячейках этой секции во время прямого хода развертки по кадру. После завершения накопления в течение короткого промежутка времени (обратный ход по кадру) через открывшийся затвор переноса кадра 2 зарядовые пакеты переносятся в секцию хранения 3. Секция хранения защищена от света и имеет такую же структуру, как и секция накопления. Во время прямого хода кадровой развертки режим накопления в секции 1 возобновляется. В это же время информация из секции хранения построчно передается в секцию переноса заряда — сдвиговый регистр 5. Сдвиг в секцию переноса осуществляется во время обратного хода развертки по строкам через затвор переноса 4. Зарядовые пакеты из секции переноса выводятся поэлементно в устройство считывания зарядов 6 за время прямого хода строчной развертки. Аналогично происходят накопление и считывание зарядов в матричных преобразователях с межстрочным переносом (рис. 2.8, б). В этих преобразователях столбцы 1, в которых происходит накопление зарядов, располагаются рядом со столбцами хранения 3. Переносом зарядов из столбцов накопления в столбцы хранения управляют Затворы переноса по кадру 2. Считывание из столбцов хранения в секцию переноса 5 осуществляется через затвор переноса строки 4.

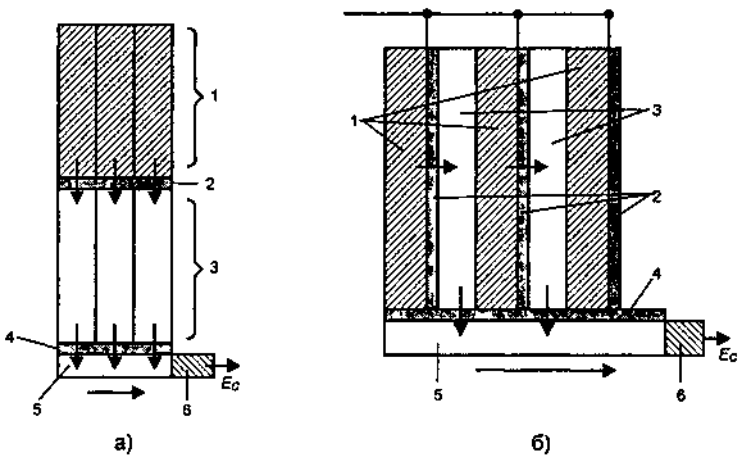


Рис. 2.8. Матричный преобразователь на ПЗС: *а* — с покадровым переносом зарядов; *б* — межстрочным переносом зарядов; 1 — секции накопления; 2, 4 — затворы переноса; 3 — секции хранения; 5 — секция переноса; 6 — устройство считывания зарядов

В настоящее время промышленностью выпускаются ФЭП на ПЗС для видимой, инфракрасной и других частей спектра электромагнитного излучения. ФЭП на ПЗС обладают большой разрешающей способностью, малой инерционностью и высокой чувствительностью.

2.5. Многосигнальные преобразователи свет-сигнал

На базе рассмотренных в предыдущих разделах фотоэлектрических

преобразователей могут быть построены ТВ-камеры черно-белого и цветного телевидения.

В камерах черно-белого телевидения перед экраном ФЭП устанавливается оптическая система, с помощью которой получают двухмерное световое изображение объекта на экране преобразователя. Выходным сигналом преобразователя является сигнал яркости EY.

В оптической системе камеры цветного телевидения используется призменный блок, расщепляющий входной световой поток на три составляющие: R — красную, G — зеленую и B — синюю. Каждый выделенный поток подается на экран своего преобразователя. На выходе преобразователей образуются сигналы основных цветов ER EG EB соответственно.

К преобразователям, используемым в таких камерах, предъявляются жесткие требования по идентичности характеристик свет-сигнал, геометрических искажений, инерционности и т. п. В процессе эксплуатации таких камер необходимо поддерживать одинаковые режимы работы преобразователей. Всем этим обусловливается высокая стоимость камеры, ее большие габариты и вес. Однако с помощью этих камер удается получить высококачественное изображение. Рассмотренный способ формирования сигналов основных цветов находит применение в студийных и репортажных телевизионных камерах.

ч В последнее время в практику цветного телевидения внедряются многосигнальные преобразователи свет-сигнал. Многосигнальные преобразователи — это устройства, формирующие три сигнала основных цветов, ER EG EB на базе одного электронного прибора

Такие преобразователи создаются в виде специальных приборов либо строятся на базе односигнального преобразователя свет-сигнал, используемого в системах черно-белого телевидения. В последнем случае перед экраном преобразователя устанавливается оптический кодирующий фильтр, а из выходного сигнала с помощью специального декодирующего устройства формируются сигналы основных цветов. Преобразователи подобного рода находят широкое применение в камерах телевизионного журналистского комплекса и бытовых камерах.

Многосигнальный видикон. Примером многосигнального ФЭП с непосредственным формированием сигналов основных цветов может быть трехсигнальный видикон (рис. 2.9).

Сигнальная пластина видикона выполнена в виде полосковых электродов, изолированных друг от друга. Столбцы электродов расположены перпендикулярно направлению строчной развертки. Перед каждым из

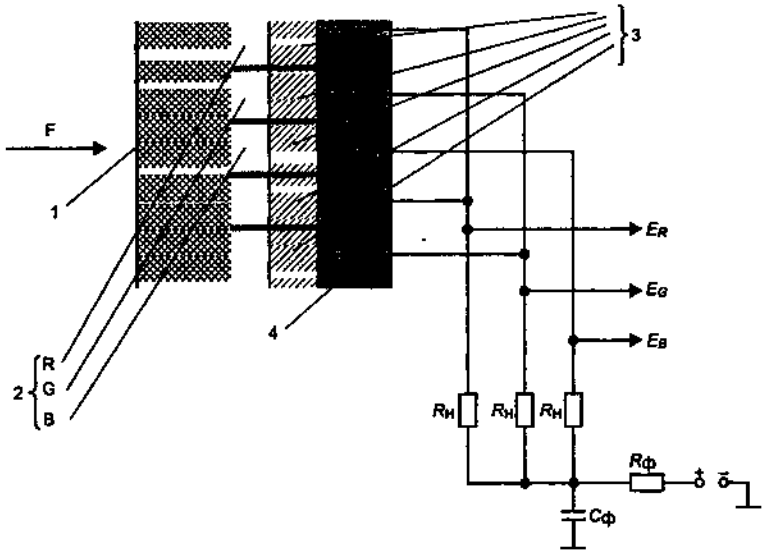


Рис. 2.9. Мишень трехсигнального видикона: 1 — планшайба; 2 — светофильтры; 3 — полосковые электроды (сигнальные пластины); 4 — фотопроводящий слой

полосковых электродов расположен светофильтр 2 одного из основных цветов R, G, B. Следующие друг за другом столбцы светофильтров разных цветов образуют триаду. Ширина триады соответствует размеру элемента изображения. Триады периодически повторяются, заполняя всю поверхность экрана

Электроды под одинаковыми светофильтрами каждой из триад подсоединяются к одной выходной шине. Каждая из трех выходных шин имеет свой нагрузочный резистор Rн, с которого снимается соответствующий сигнал основного цвета ER, EG или EB (RФ, СФ — элементы низкочастотного фильтра, исключающего взаимовлияние сигнальных токов, протекающих в шинах.) Фотопроводящий слой 4, как и в обычном видиконе, нанесен на сигнальную пластину с внутренней стороны мишени. Работа видикона на каждую из выходных шин аналогична работе описанного ранее односигнального видикона.

Многосигнальный преобразователь с частотным кодированием. Перед экраном преобразователя устанавливается оптический фильтр, состоящий из двух пластин полосковых светофильтров. Пластины накладываются друг на друга (рис. 2.13). Первая пластина представляет собой чередующиеся прозрачные и желтые полоски, расположенные на экране в виде столбцов, перпендикулярных направлению строчной ^развертки. Вторая пластина состоит из чередующихся прозрачных и голубых полосок, установленных под углом 45° к направлению строчной развертки (рис. 2.11). Спектральные характеристики (степень прозрачности для различных длин волн) желтых и голубых полосок приведены на рис. 2.10 [4].

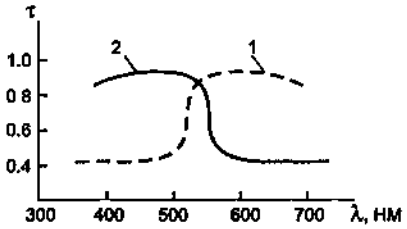


Рис. 2.10. Спектральные характеристики: 1 — желтых полосок светофильтра; 2 — голубых полосок светофильтра

В соответствии с этими характеристиками слабопрозрачной для длинноволновой (красной) области спектра светового излучения оказываются голубые полоски второго светофильтра. (Первый светофильтр прозрачен для этой области светового потока.) Аналогично для коротковолновой области спектра (синей) слабо прозрачными оказываются полоски желтого цвета. Для средневолновой (зеленой) области спектра прозрачными оказываются оба светофильтра (рис. 2.10). При движении развертывающего элемента по строке электронный луч, а следовательно, и выходной сигнал преобразователя E∑ модулируется световыми потоками

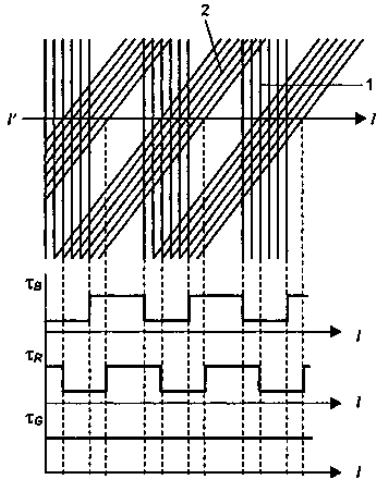


Рис. 2.11. Структура кодирующего фильтра и окна прозрачности вдоль строки ll': τ_B, τ_R — окна прозрачности для коротковолновой и длинноволновой областей спектра светового потока; τ_G — прозрачность кодирующего фильтра для средневолновой части спектра светового потока; 1 — желтые полоски; 2 — голубые полоски

красного и синего диапазонов в соответствии с расположением желтых и голубых полосок на экране преобразователя (рис. 2.11).

Сигнал E∑ состоит их трех составляющих ERU, EBU и EGU. Составляющие ERU и Еви несут информацию о длинноволновой и коротковолновой областях светового излучения. Эти сигналы представляют собой импульсные последовательности с частотой повторения fr и fB соответственно. Частоты fR и fB — это частоты пересечения развертывающим элементом соответствующих окон прозрачности светофильтра. Амплитуда каждого из импульсов в этих последовательностях определяется распределением синей (красной) составляющей светового потока вдоль строки. Ширина полосок желтого цвета выбирается такой, чтобы fB= 5 МГц. Тогда при одинаковой толщине желтых и голубых полосок частота fR составит 3,8 МГц. Это следует из того, что длина сечения полоски голубого цвета горизонтальной линией (строкой) оказывается в V2 раз больше, чем длина сечения этой же линией полоски желтого цвета. Следовательно, и количество синих полосок на экране оказывается меньшим, чем число красных полосок.

Для средневолновой области светового потока кодирующий светофильтр оказывает влияние на составляющую выходного сигнала EGнесущую информацию о зеленом цвете.

Спектр сигнала на выходе преобразователя состоит из составляющей S0, примыкающей к нулевой частоте, и составляющих SR и SB, сгруппированных вокруг частот fR и fB (рис. 2.12). Составляющая спектра S0 образована сигналами ERU, EBU и EGU; составляющие SR и SB — сигналами ERU и EBU соответственно.

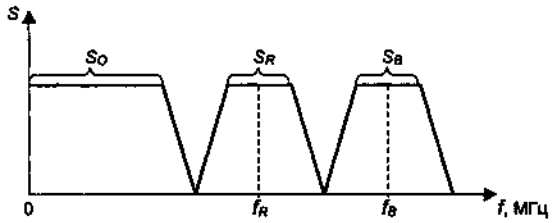


Рис. 2.12. Спектр сигнала на выходе преобразователя с частотным кодированием

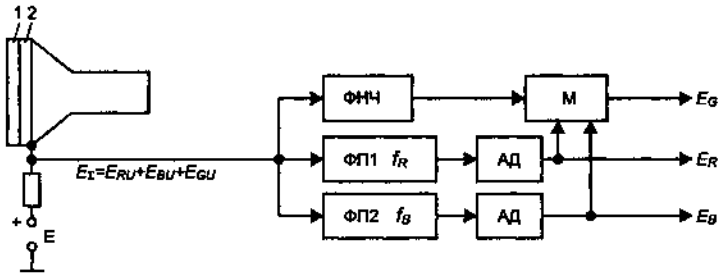


Рис. 2.13. Многосигнальный преобразователь с частотным кодированием М — вычитающее устройство, АД — амплитудный детектор, ФП1, ФП2 — полосовые фильтры; ФНЧ — фильтр низкой частоты; 1, 2 — пластины полосковых светофильтров

Используя сформированный сигнал E∑ можно получить цветоделенные компоненты ER, EB и Ес. Схема, поясняющая принцип их формирования, приведена на рис. 2.13.

Полосовые фильтры ФП1 и ФП2 выделяют спектральные составляющие сигнала E∑ на частотах fR и fB. Низкочастотный фильтр ФНЧ выделяет составляющую S0. После амплитудного детектирования сигналов с выходов фильтров ФП1 и ФП2 подучаются сигналы ER и Ев. Для формирования сигнала EG необходимо из сигнала на выходе ФНЧ вычесть полученные сигналы ER и Ев.

Контрольные вопросы
Какие виды фотоэффекта вы знаете?
Что такое ФЭП мгновенного действия и ФЭП с накоплением зарядов?
Назовите основные характеристики ФЭП.
Какова структура и принцип работы диссектора?
Какова структура и принцип работы вид икона?
Что представляет собой МОП-конденсатор?
Каков принцип накопления зарядов в МОП-конденсаторе?
Каково устройство ПЗС-линейки и каким образом осуществляется пере движение зарядовых пакетов вдоль нее?
Каково устройство линейного преобразователя на ПЗС?

Как устроены матричные преобразователи на ПЗС?
Что такое многосигнальные преобразователи свет-сигнал?
Как устроен многосигнальный видикон?
Каков принцип работы многосигнального преобразователя с частотным кодированием?
Нарисовать схему декодирования сигнала преобразователя с частотным ко дированием и объяснить ее работу .

3. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИГНАЛ-СВЕТ

3.1. Классификация преобразователей

ТВ-преобразователи сигнал-свет, или воспроизводящие устройства, предназначены для преобразования электрических сигналов в оптическое изображение. Их можно разделить на устройства непосредственного

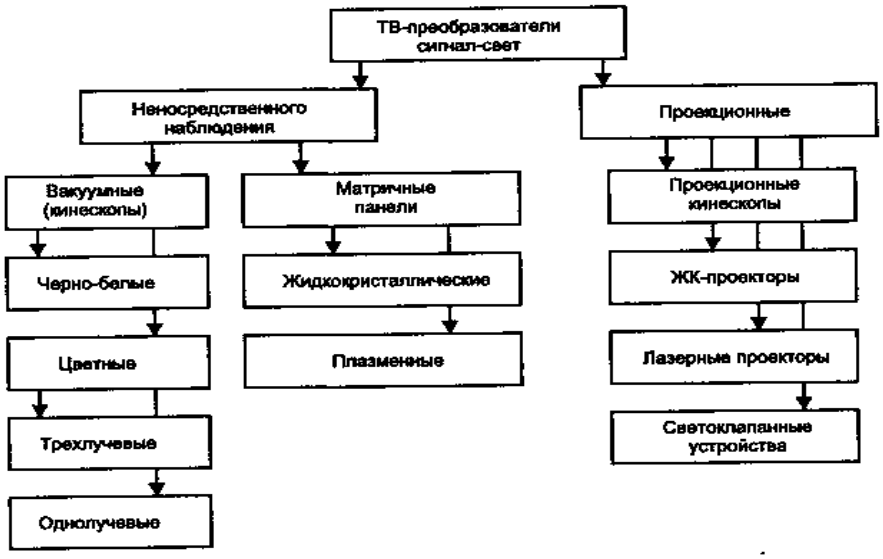


Рис. 3.1. Классификация ТВ-преобразователей сигнал-свет

наблюдения, в которых изображение создается на экране самого прибора, и

проекционные, в которых изображение проецируется на отдельный экран (рис. 3.1).
Устройства непосредственного наблюдения создаются либо на основе вакуумных электронно-лучевых трубок (ЭЛТ), называемых кинескопами, либо на основе матричных плоских панелей (жидкокристаллических, плазменных и др.) Наибольшее распространение в настоящее время имеют кинескопы, которые бывают черно-белыми и цветными.
Проекционные воспроизводящие устройства предназначены для создания изображений больших размеров (от единиц до десятков квадратных метров). Это проекционные кинескопы и жидкокристаллические панели, лазерные проекторы и светоклапанные устройства.
В качестве проекционных кинескопов могут быть использованы ЭЛТ, работающие при повышенных (до 40—50 кВ) анодных напряжениях и больших токах луча, создающих большую яркость свечения изображения, которое проецируется на большой экран при помощи зеркально-линзовой оптики.
Работа светоклапанных устройств основана на модуляции видеосигналом интенсивности светового потока мощного внешнего источника света. Модуляция осуществляется путем изменения оптических свойств материала модулятора под действием электронного луча.
Лазерные проекторы формируют изображение тем же способом, что и ЭЛТ, с той лишь разницей, что вместо электронного луча, обегающего люминофорный экран, используется световой луч лазера, обегающий обычный киноэкран. Достоинство лазерного проектора — большой яркостный контраст и высокая насыщенность цветов. Основная сложность внедрения лазерных проекторов — отсутствие эффективных способов электронного отклонения светового луча лазера.

3.2. Кинескопы черно-белого телевидения

Кинескоп — это приемная электронно-лучевая трубка с люмино-форным экраном, которая преобразует электрический сигнал в ТВ-изображение. Состав кинескопа схематически изображен на рис. 3.2.

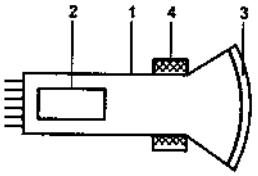


Рис. 3.2. Кинескоп черно-белого телевидения: 1 — стеклянная колба; 2 — электронно-оптическая система (электронный прожектор); 3 — люминофорный экран; 4 — отклоняющая система

В качестве развертывающего элемента в кинескопе используется электронный луч, создаваемый электронно-оптической системой 2. Электронный луч модулируется по плотности сигналом изображения, подаваемым на кинескоп. Воспроизведение изображения на экране 3 обеспечивается отклонением луча магнитным полем, которое создается внутри горловины трубки отклоняющими катушками 4.

Электронно-оптическая система. Электронно-оптическая система (рис. 3.3) формирует поток электронов.

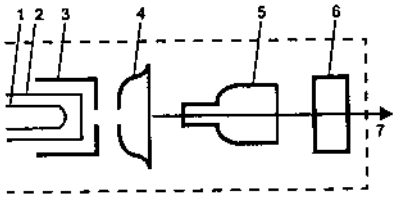


Рис. 3.3. Состав электронно-оптической системы: 1 — подогреватель; 2 — термокатод; 3 — модулятор; 4 — ускоряющий электрод; 5 — фокусирующий электрод (первый анод); 6 — второй анод; 7 — электронный луч

(электронный луч), управляет плотностью электронов в луче и фокусирует его на экране кинескопа.

Термокатод эмитирует со своей поверхности электроны.

Модулятор формирует электронный поток и управляет его плотностью.

Ускоряющий электрод собирает электронный поток в первом фокусе, создавая тем самым как бы точечный излучатель.

Фокусирующий электрод совместно со вторым анодом вторично фокусирует электронный поток в плоскости экрана и сообщает электронам необходимую кинетическую энергию. Двухфокусная электронно-оптическая система (двухлинзовая) позволяет получить в плоскости экрана диаметр поперечного сечения луча 0,5 мм.

Экран кинескопа. Для преобразования модулированного по плотности электронного луча в световое изображение на внутреннюю поверхность экрана наносятся специальные вещества, называемые люминофорами. Бомбардировка люминофора быстрыми движущимися электронами приводит его в возбужденное состояние, при котором атомы люминофора оказываются переведенными на более высокие энергетические уровни. Возвращаясь с этих уровней, электроны излучают кванты света. Яркость свечения люминофора L0 зависит от тока луча Iл, напряжения на втором аноде U2 и площади экрана кинескопа S:

$$L_0 = KI_1U_2/S,$$

где К — постоянный коэффициент, характеризующий люминофор, называемый светоотдачей люминофора.

Для современных кинескопов увеличение тока луча более 300 мкА недопустимо, т. к. приводит к существенной расфокусировке луча.

Достаточную яркость свечения обеспечивают за счет большей величины напряжения на втором аноде (порядка 12—18 кВ для черно-белых кинескопов, для цветных — 25 кВ).

Потенциал экрана поддерживают равным потенциалу второго анода. Это делается для того, чтобы электронный луч, миновав электрическое поле второго анода, продолжал двигаться без замедления к экрану. Для этого на слой люминофора внутри экрана наносится проводящее покрытие из тонкой алюминиевой пленки, которая соединяется

со вторым анодом. Пленка практически прозрачна для электронного луча. Для световых лучей она не прозрачна и отражает световое излучение люминофора, направленное внутрь колбы. Этим самым повышается светоотдача экрана. Кроме того, металлизированный экран предохраняет люминофоры от бомбардировки тяжелыми отрицательными ионами воздуха. Ионы образуются в кинескопе потому, что нельзя создать идеальный вакуум внутри трубки. Такая защита позволяет увеличить срок службы кинескопа.

Важным параметром люминофоров кинескопа является длительность послесвечения. Длительность послесвечения определяется временем, в течение которого яркость свечения уменьшается в 100 раз после прекращения возбуждения люминофора. В телевизионных трубках используются люминофоры с длительностью послесвечения, равной длительности кадра. При большей длительности возникает смазывание движущихся объектов, меньшая длительность приводит к уменьшению яркости свечения экрана.

При работе на экране кинескопа может образоваться ореол — светлое кольцо вокруг светящейся точки. Ореол образуется вследствие того, что часть света от возбужденного люминофора, проходя сквозь стекло до драницы стекло - воздух, отражается обратно и, вновь отразившись, теперь уже от границы стекло — люминофор, воспринимается зрителем. Для устранения ореола экран колбы изготовляют из специального стекла, которое называют дымчатым.

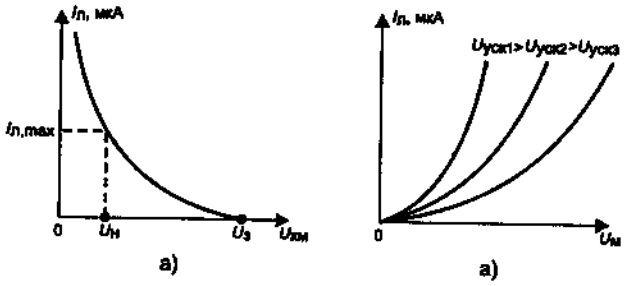


Рис. 3.4. Характеристики кинескопа: *а* — токовая; *б* — модуляционная

Токовые характеристики кинескопов. Важнейшей характеристикой кинескопов является зависимость тока луча 1Л от напряжения между катодом и модулятором Uкм (рис. 3.4, я). Рабочий интервал Uкм напряжений ограничен. Верхняя граница этого интервала определяется напряжением запирания U3, нижняя fH — допустимой максимальной величиной тока Iл max. Напряжение запирания — это напряжение Uкм, при котором ток Iл равен нулю. Величина U3 зависит от напряжения на ускоряющем электроде UУСК. Для современных кинескопов значение Iл max составляет сотни мкА, а величина U3 80 – 150 В. напряжение UM, отсчитываемое от точки запирания, называется напряжением модуляции UM = U3 – UKM.

Зачастую зависимость Iл(UKM) в справочниках приводится как функция Iл(Uм). Эта зависимость называется модуляционной характеристикой (рис. 3.4, б).

Контрольные вопросы

Расскажите о назначении кинескопа.

Из чего состоит черно-белый кинескоп?

Расскажите об экранах черно-белого кинескопа.

Нарисуйте типовую зависимость тока луча от напряжения между катодом и модулятором. Укажите рабочий интервал напряжений и токов на этой

3.3. Кинескопы цветного изображения

В зависимости от количества электронных лучей кинескопы цветного изображения бывают трехлучевыми и

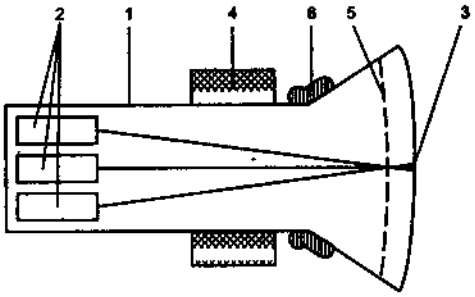


Рис. 3.5. Состав кинескопа цветного изображения: 1— стеклянная колба; 2 — электронно-оптическая система; 3 — люминофорный экран; 4 — система магнитов, надеваемая на горловину трубки; 5 — теневая маска; 6 — отклоняющая система

однолучевыми. В трехлучевых кинескопах цветное изображение получается сложением трех моноцветных изображений, одновременно создаваемых тремя лучами. В однолучевых кинескопах цветное изображение образуется при сложении трех моноцветных изображений, образуемых одним лучом, последовательно друг за другом.

Состав и особенности конструкции трехлучевых кинескопов цветного изображения. Составные части кинескопа цветного телевидения изображены на рис. 3..5

Электронно-оптическая система состоит из трех идентичных устройств — электронных прожекторов R-, G-, B-лучей. Каждый из прожекторов формирует поток электронов(,ектронный луч), управляет плотностью электронов в луче и фокусирует его у поверхности экрана. Состав и конструкция прожекторов аналогичны составу и конструкции прожектора кинескопа черно-белого изображения. Подогреватели трех прожекторов соединены внутри кинескопа параллельно. Фокусирующие электроды прожекторов соединены вместе, а вторые аноды через внутреннее проводящее покрытие, нанесенное на колбу, подсоединены к теневой маске и защитной алюминиевой пленке люминофорного слоя кинескопа.

В зависимости от положения прожекторов в горловине трубки кинескопы бывают разных видов. Если прожекторы находятся в вершинах равностороннего треугольника, плоскость которого перпендикулярна оси кинескопа, то такие приемные трубки называются кинескопами с дельтообразным расположением прожекторов (рис. 3.6).

Если прожекторы размещены в горизонтальной плоскости, проходящей через ось трубки, то такие приборы называются кинескопами с планарным расположением прожекторов (рис. 3.7).

Люминофорное покрытие кинескопов представляет собой периодически повторяющиеся люминофорные групры. В дельта-кинескопах люминофорная группа состоит из трех рядом расположенных точечных зерен красного R, синего. B и зеленого G свечения (рис 3.6). Размеры зерен малы — порядка 0,3 мм. Количество люминофорных групп на экране около 500 тысяч. В планарных кинескопах люмино-форное покрытие выполнено в виде чередующихся полосок люминофоров красного,

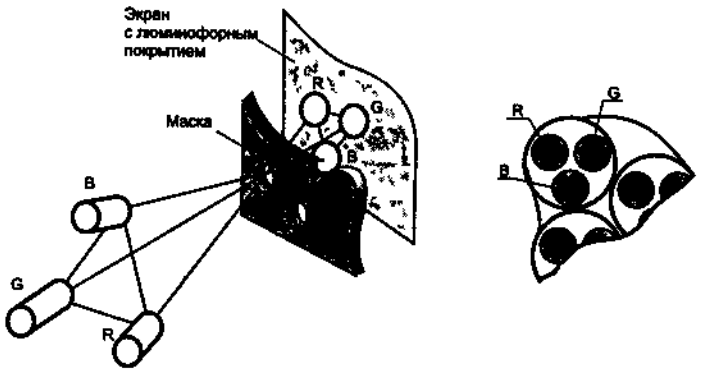


Рис. 3.6. К пояснению принципа попадания электронных лучей на люминофорные зерна в дельта-кинескопе

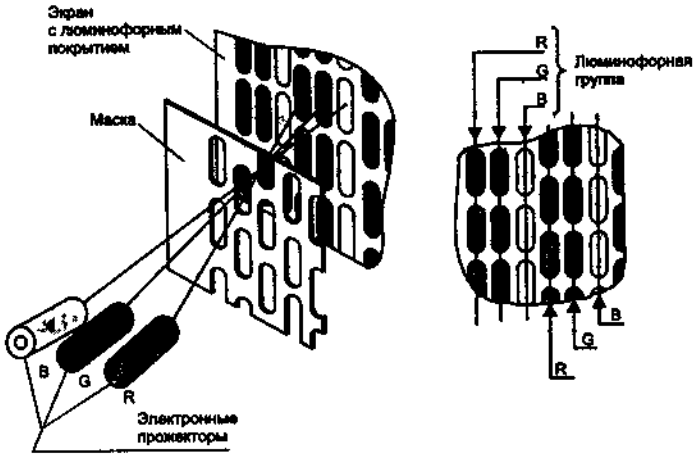


Рис. 3.7. К пояснению принципа попадания электронных лучей на люминофорные полосы в планарном кинескопе

синего и зеленого свечения.
Теневая маска и система магнитов, надеваемых на горловину трубки, обеспечивают попадание R-, G-, B-лучей, сформированных в прожекторах, только на люминофоры своего цвета (свечения). Теневая маска изготовляется из стального листа с множеством отверстий, по числу люминофорных групп. В дельта-кинескопах отверстия выполнены в виде окружностей диаметром 0,25 мм.
В планарных кинескопах отверстия в маске сделаны в виде вертикальных щелей и имеют горизонтальные перемычки, увеличивающие механическую прочность маски. Маска располагается перед экраном на расстоянии 12 мм. ^
Как в дельта-кинескопе, так и в планарном кинескопе лучи всех трех прожекторов, в какую бы область экрана они ни были направлены, должны пересекаться внутри соответствующего отверстия маски. Проходя через отверстие маски, лучи снова расходятся, и каждый из них попадает на свой люминофор в группе, расположенной за отверстием.
Схемы включения планарных и дельта-кинескопов несколько отличаются друг от друга. В дельта-кинескопах катоды 3, 4, 5 соединяются вместе (рис. 3.8). В конструкции планарного кинескопа соединены модуляторы 6, 7, 8 и ускоряющие электроды 9, 10, 11.

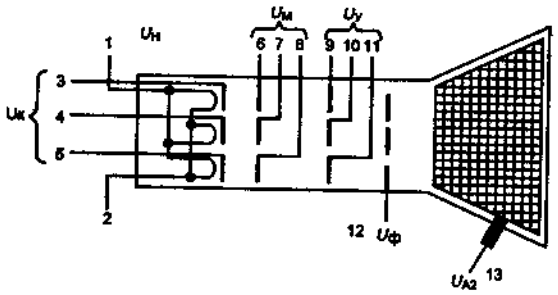


Рис. 3.8. Схематическое изображение кинескопа и его элементов: 1, 2 — накал; 3, 4, 5 — катоды; 6, 7, 8 — модуляторы; 9, 10, 11 — ускоряющие электроды; 12 — фокусирующие электроды; 13 — второй анод

Для обеспечения рабочего режима кинескопа на его электроды подаются постоянные напряжения. Величина этих напряжений составляет:
на катодах кинескопа 180 В < UК < 230 В;
на модуляторах дельта-кинескопов 80 В < UМ < 150 В; на моду ляторах планарных кинескопов UМ≈0;
на ускоряющих электродах 400 В < Uу < 800 В;
на фокусирующих электродах 4 кВ < UФ < 7 кВ;
на втором аноде 21 кВ < U А2 < 27 кВ.

Искажения изображения в дельта-кинескопах Неискаженное цветное изображение на экране кинескопа получается при выполнении двух условий:
луч каждого прожектора должен попадать только на «свои» люминофорные зерна по всему экрану;
цветные изображения от каждого из лучей не должны расходиться между собой в любой точке экрана.
Невыполнение первого условия называется нарушением чистоты цвета.
Невыполнение второго условия называется аберрацией.
Нарушение чистоты цвета. Нарушение чистоты цвета — это появление цветных пятен на белом растре. Чтобы понять причины этого явления, кратко остановимся на способе изготовления люминофорных «зерен» на экране

дельта-кинескопа.
Люминофорные «зерна» при изготовлении кинескопа наносят на экран фотографическим способом. Экран покрывают люминофором, вызывающим, например, свечение синего цвета. Поверх этого слоя наносят светочувствительную пленку. Неподвижный инфракрасный источник света располагают на некотором расстоянии от экрана со стороны маски. Лучи этого источника света, проходя через отверстия маски, высвечивают световые пятна на светочувствительной пленке. При дальнейшей обработке экрана вся светочувствительная пленка и люминофор в незасвеченных местах удаляются с поверхности экрана. Таким образом, на экране остаются «зерна» люминофора синего цвета. Аналогичным способом создаются и люминофорные «зерна» двух других цветов. При формировании «зерна» источники инфракрасного излучения размещаются в вертикальной плоскости в вершинах равно треугольника, через центр тяжести которого проходит ось кинескопа.
Для нормальной работы изготовленного кинескопа необходимо, чтобы центры отклонения лучей прожекторов находились в точках, где располагались источники света. При этом условии угол вхождения электронного луча каждого из прожекторов в отверстия маски будет равен углу вхождения светового луча от соответствующего инфракрасного источника в это же отверстие. Нарушение этого условия приводит к тому, что электронный луч, проходя отверстия маски под «неправильным» углом, попадает на люминофор другого цвета. В результате изменяется цвет свечения экрана.
Нарушения - чистоты цвета могут возникнуть из-за погрешностей изготовления и установки электронно-оптической системы (ЭОС) в трубке, из-за смещения отклоняющей системы вдоль горловины трубки, из-за влияния магнитного поля Земли на электронные лучи прожекторов.
Погрешности изготовления и установки ЭОС, воздействие магнитного поля Земли устраняются специальными постоянными магнитами чистоты цвета. Смещение ОС может быть устранено перемещением отклоняющей системы по оси кинескопа.
С помощью магнитов чистоты цвета, не меняя взаимного расположения центров излучения лучей, можно передвигать эти центры одновременно в плоскости, перпендикулярной оси кинескопа. Перемещение плоскости центров излучения осуществляется передвижением ОС по горловине трубки. Таким образом, эти две операции позволяют совместить центры излучения лучей с точками расположения инфракрасных источников света при изготовлении кинескопа. Магниты чистоты цвета состоят из двух одинаковых колец, надеваемых на горловину трубки (рис. 3.9).

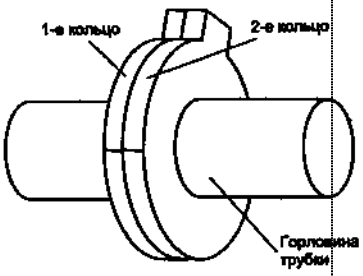


Рис. 3.9. Магниты чистоты цвета

Кольца сделаны из магнитного материала и намагничены по диаметру каждое. Изменяя положение колец (путем их поворота на горло-
вине трубки относительно друг друга или же поворачивая оба кольца вместе), можно менять величину и направление магнитных силовых линий. Это

объясняется тем, что результирующее магнитное поле образуется геометрическим сложением векторов полей каждого из колец. Кольца намагничены до одинакового уровня, поэтому при встречном расположении колец результирующее поле равно нулю.
При согласованном расположении колец получившееся максимальное суммарное поле обеспечивает сдвиг лучей порядка 20 мм.
Аберрации подразделяются на аберрации в центральной части экрана и периферийные аберрации. Аберрации в центре экрана возникают при неправильной установке прожекторов в ЭОС. (Прожектора дельта-кинескопа должны находиться в вершинах равностороннего треугольника, угол наклона оси каждого прожектора к оси кинескопа должен составлять 10). При нарушении этих условий в центре экрана кинескопа видны три или дв£ светящиеся точки, цвет которых отличен от белого. Это объясняется тем, что лучи, попадая в разные отверстия маски центральной части кинескопа, в итоге оказываются на люминофоры соседних триад. Для совмещения лучей служат магниты статического сведения, расположенные в центре экрана. Они входят в систему сведения лучей, которая изображена на рис. 3.10.

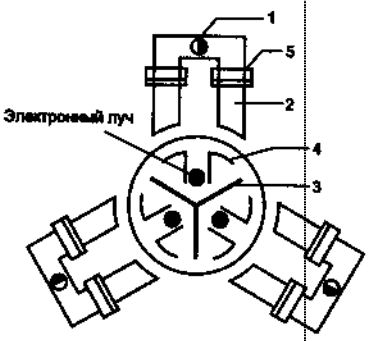


Рис. 3.10. Система сведения лучей: 1 — магниты статического сведения; 2 — П-образный магнитопровод; 3 — магнитный экран; 4 — полюсные наконечники; 5 — катушки динамического сведения

Магниты статического сведения — это намагниченные по диаметру цилиндрики из феррита бария. Цилиндрики вставляются в отверстия П-образного ферритового магнитопровода. Три таких магнитопровода укрепляются в вершинах равностороннего треугольника на общей плате, которая располагается на горловине кинескопа позади отклоняющей системы. Внутри горловины кинескопа в областях магнитных полей, создаваемых магнитами статического сведения, монтируются специальные полюсные наконечники. Электронный луч каждого прожектора проходит между пластинами «своего» полюсного наконечника. Чтобы магнитные поля между пластинами полюсных
наконечников не влияли друг на друга, между полюсными наконечниками ставятся магнитные экраны. При повороте цилиндриков вокруг их осей величина и направление магнитного поля изменяются и, следовательно, электронный луч перемещается между пластинами полюсного наконечника вдоль. радиуса горловины кинескопа. Магниты радиального смещения должны обеспечивать перемещение светящихся точек в середине экрана не менее ±10 мм от начального. Передвигая, зеленый и красный луч в радиальном направлении, всегда можно совместить их на экране кинескопа в одну точку. Если эта точка не будет находиться в центре экрана, то радиальные перемещения синего луча относительно центра экрана не приведут к совмещению его с лучами G и R, поэтому возникает необходимость в применении дополнительного магнита бокового смещения синего луча. При регулировке этим магнитом синий луч перемещается в горизонтальном направлении.
Аберрации по периферии экрана проявляются в расхождении цветных изображений на экране, образуемых в отдельности красным, синим и зеленым

лучами (рис. 3.Ц).
Причина этого в том, что область пересечения лучей при отклонении их от центра экрана находится на поверхности сферы, радиус которой меньше радиуса кривизны экрана (рис. 3.12). Поэтому электронные лучи достигают поверхности маски расходящимся пучком, попадая через ее разные отверстия на зерна люминофора в соседних триадах.

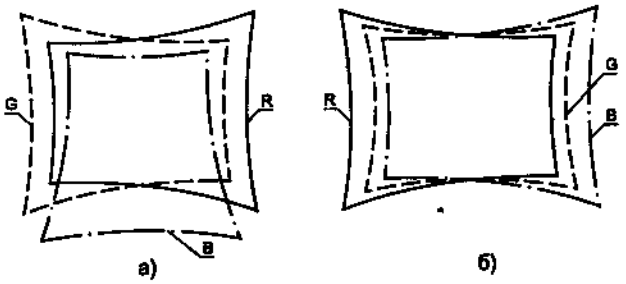


Рис. 3.11. Рассовмещение цветных растров на экране кинескопа: а — в кинескопе с Δ-образным расположением прожекторов; б — в кинескопе с планарным расположением прожекторов

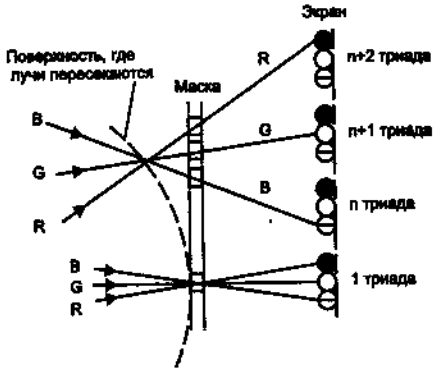


Рис. 3.12. К пояснению причин возникновения аберраций по периферии экрана: ● — люминофор красного свечения; ○ — люминофор зеленого свечения; Θ — люминофор синего свечения

Для коррекции рассовмещения растров по краям экрана кинескопа применяется система динамического сведения лучей. Система динамического сведения лучей так же, как и система статического сведения, перемещает каждый из трех лучей в радиальном направлении горловины трубки. В отличие от статических (постоянных) магнитов, система динамического сведения должна усиливать свое воздействие на лучи по мере их удаления от центра экрана, т. е. эта система должна создавать магнитное поле, изменяющее свою величину при движении луча. Такое поле создается токами, периодически изменяющимися со строчной и кадровой частотой. Эти токи формируются в блоке сведения и протекают через специальные катушки, надетые на магнитоп-роводы системы сведения (рис. 3.10).

Особенности кинескопов с планарным расположением прожекторов. Как было упомянуто выше, прожекторы кинескопа располагаются в горизонтальной плоскости. По оси кинескопа расположен зеленый прожектор, а по обе стороны от него на равных расстояниях — синий и красный.

Основные преимущеетва кинескопа с планарным расположением прожекторов по сравнению с дельта-кинескопом заключаются в следующем.

Расположение прожекторов в одной плоскости и люминофор-ное покрытие в виде вертикальных полосок упрощает механизм све дения лучей: растры, получаемые от крайних лучей (синего и красно го), необходимо совмещать с центральным (зеленым) только в гори зонтальном направлении.

Повышается яркость свечения экрана, т. к. щелевая маска про пускает больше лучей, чем маска с круглым отверстием.

Улучшается чистота цвета, поскольку электронный луч может попасть на «чужую» полоску только в горизонтальном направлении.
Появляется возможность осуществить самосведение лучей и тем самым исключить сложные устройства динамического сведения.
С целью самосведения лучей магнитное поле отклоняющей системы внутри горловины трубки делается неоднородным и корректирует положение луча каждого прожектора. (В дельта-кинескопах магнитное поле отклоняющей системы однородно внутри горловины трубки — одинаково по величине и направлению в любой точке магнитного пространства.) Неоднородное магнитное поле создается специальной формой отклоняющих катушек и подбором плотности намотки витков в них
Регулировка планарных кинескопов. В планарных кинескопах осуществляют две регулировки: регулировку чистоты цвета и статическое сведение лучей.
Для регулирования чистоты цвета и статического сведения используют три пары кольцевых магнитов, которые объединены в один блок, называемый магнитостатическим устройством (МСУ) и закрепляемый на горловине трубки (рис. 3.13).
Магниты чистоты цвета (2) аналогичны магнитам чистоты цвета в кинескопах с дельтаобразным расположением прожекторов.
Магниты статического сведения выполняются в виде колец и бывают двух видов: четырехполюсные и шестйполюсные.

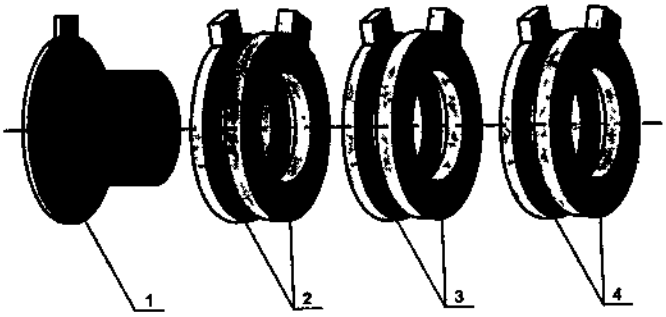


Рис. 3.13. Схема магнитостатического устройства: 1 — корпус; 2 — магниты чистоты цвета; 3 — четырехполюсные магниты статического сведения; 4 — шестиполюсные магниты статического сведения

Пара четырехполюсных магнитов позволяет одновременно отодвигать или приближать красный и синий лучи к зеленому, или передвигать их вверх-вниз в противоположных направлениях (рис. 3.14, а). При этом зеленый луч остается неподвижным. Достигается это поворотом колец магнитов на горловине трубки. При повороте пары колец в одну и ту же сторону изменяется направление магнитного поля, а в разные — величина напряженности поля. Фиксированное положение колец («условный нуль») соответствует такому расположению кольцевых магнитов, когда их выступы совпадают с выступом МСУ.

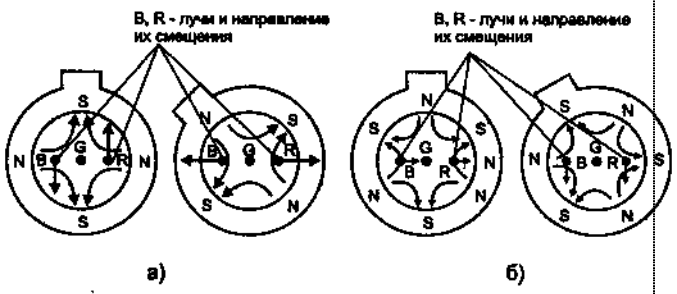


Рис. 3.14. Магниты статического сведения: *а* — четырехполюсные; *б* — шестиполюсные

В положении «условного нуля» разноименные полюсы (N и S) пары совпадают, поэтому магнитного поля от этой пары в горловине трубки практически нет.
Пара шестиполюсных магнитов (рис. 3.14, б) обеспечивает смещение красного и синего луча в одну сторону. Зеленый луч при этом не двигается.

Вращая кольцевые магниты, удается обеспечить сведение лучей в одну точку в центре экрана, т. е. произвести статическое сведение.

Все достоинства отклоняющей системы реализуются в полной мере при высокой точности ее изготовления и установки на горловине кинескопа. Смещение отклоняющей системы даже на 1 мм приводит к заметному нарушению сведения лучей. Поэтому после установки и регулировки положения ОС эту систему прочно закрепляют на колбе кинескопа с помощью липкой ленты, и она становится неотъемлемой частью кинескопа. Операции по установке ОС, регулировке магнитов МСУ называются юстировкой кинескопного комплекса.

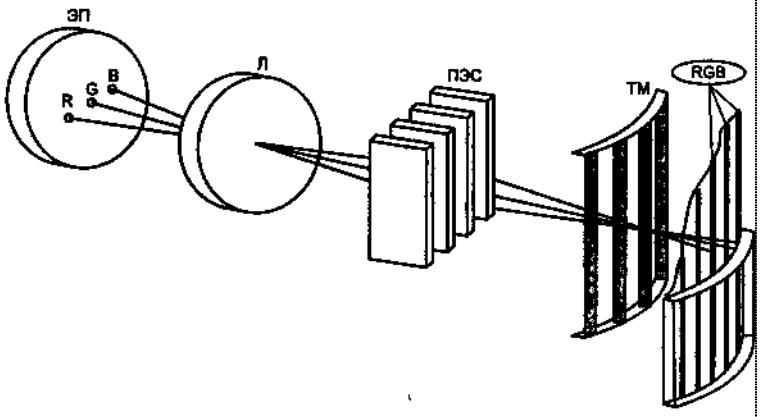


Рис. 3.15. Устройство тринитрона: ЭП — электронный прожектор; Л — линза; ПЭС — пластины электростатического сведения; ТМ — теневая маска

Особенности кинескопов «тринитрон» заключаются в следующем (рис. 3.15).

Электронно-оптическая система выполнена в виде одного прожектора, формирующего три луча R, G, B.

В кинескопе используется электростатическое сведение лучей, уменьшающее диаметр поперечного сечения лучей и улучшающее их фокусировку.

Теневая маска сделана из натянутых на металлический, каркас вертикальных струн. Это увеличивает яркость свечения экрана.

Экран «тринитрона» — поверхность вертикального цилиндра с малой кривизной. Такая поверхность обеспечивает неискаженное изображение в вертикальной плоскости при расположении зрителя под любым углом к поверхности экрана. Структура люминофорного экрана представляет триады, состоящие из чередующихся вертикальных полос красного, синего и зеленого свечения.

Существует несколько разновидностей кинескопов «тринитрон». В некоторых из них применяются экраны с черный стеклом, повышающим контраст изображения за счет поглощения светового излучения внешних источников; используются обогащенные люминофоры, позволяющие повысить яркость изображения; экран покрывается антистатическим покрытием, уменьшающим оседание пыли.

Индексы однолучевого кинескопа. Наряду с трехлучевыми кинескопами в цветном ТВ находят применение и однолучевые. В однолучевых кинескопах отсутствуют искажения изображения, вызванные нарушением чистоты цвета и аберрацией лучей. В этих кинескопах цветные люминофоры наносятся в виде чередующихся вертикальных полос R, G, B, между которыми наносится индексная полоска люминофора, излучающего в ультрафиолетовой области спектра внутрь кинескопа. При прохождении электронного луча в процессе развертки через индексную полоску ее излучение преобразуется

фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) в электрический сигнал, который несет информацию о положении луча по отношению к люминофорным полоскам триады R,G , B.
Этот сигнал управляет электронным коммутатором, переключающим цветовые видеосигналы в определенной последовательности, соответствующей последовательности люминофоров в триаде.
В трехлучевом кинескопе используется одновременный пространственный способ смешения цветов, а в однолучевом — последовательный, заключающийся в последовательном возбуждении люминофорных полосок R, G, B в каждой из триад. Отсюда вытекают следующие недостатки однолучевых цветных кинескопов: ухудшение цветопередачи и снижение разрешающей способности ТВ-системы; с увеличением размера экрана становится заметна его линейная структура.
разработке современных цветных кинескопов прослеживается такие тенденции
1. Уплощение поверхности экрана. Кинескопы нового поколения отличаются малой кривизной поверхности экрана и спрямленными углами.
Для получения высоких значений контрастности изображения применяют светопоглощающее покрытие из графита между зернами люминофоров, называемое «черная матрица» (Black Matrix). Эффективность ее обусловлена высокой степенью, поглощения графитом
внешней засветки, дополнительно ослабляемой затемненным стеклом экрана кинескопа. Для еще большего повышения контраста изображения на экран наносится антибликовое покрытие.
Применение теневых масок из инвара практически исключает нарушение чистоты цвета из-за нагрева теневой маски.
Для повышения четкости изображения применяется прецизионная электронная оптика, позволяющая получить малую апертуру
электронных лучей на люминофоре (диаметр луча 0,1—0,2 мм).
Усовершенствование отклоняющих и фокусирующих систем.
Уплощение поверхности экрана ужесточает нормы на геометрические параметры изображения и сведение лучей как в центре, так и на периферии экрана. Для обеспечения одинаковой четкости изображения
по всей поверхности экрана в больших кинескопах применяется так называемая динамическая фокусировка (Dynamic Multiple Focus).
Фирма «Samsung» выпускает кинескопы с керамическим покрытием теневой маски. Материал покрытия преобразует энергию поглощенных электронов в тепловое излучение, которое оказывает положительное влияние на живые организмы, поэтому эти кинескопы имеют фирменное название ВЮ.
Контрольные вопросы
Расскажите особенностях трехлучевых кинескопов цветного изображения.
Что называется нарушением чистоты цвета?
Какое явление называется аберрацией?
Каковы причины нарушения чистоты цвета в дельта-кинескопах?
Расскажите о способах устранения нарушений чистоты цвета в дельта-кинескопах.

Расскажите о конструкции магнитов чистоты цвета.
Расскажите об устройстве магнитов статического сведения.
Чем вызваны аберрации по периферии экрана в дельта-кинескопах?
Какие устройства применяются для динамического сведения лучей? В чем принцип работы этих устройств?

Назовите особенности конструкции планарных кинескопов.
Каковы достоинства планарных кинескопов по сравнению с дельта-кинескопами?
Расскажите об устройстве магнитостатического сведения.
Каковы особенности кинескопов «тринитрон»?
14 .В чем заключаются особенности и недостатки однолучевых кинескопов?
Расскажите о принципах работы однолучевого кинескопа с индексным управлением.
Каковы тенденции в разработке современных кинескопов?

3.4. Матричные панели

Наряду с кинескопами в качестве воспроизводящих устройств начали применяться плоские матричные панели, которые призваны решить проблему создания «плоского телевизора». Различными фирмами разработаны и выпускаются два вида матричных панелей: плазменные и жидкокристаллические.
Плазменные панели. Принцип действия плазменной панели основан на свечении люминофоров Экрана под действием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в плазме (разреженном газе). Конструктивно плазменная панель представляет собой два стеклянных листа, на которые нанесены полупрозрачные электроды (шины) для коммутации строк (на лицевом стекле) и столбцов изображения (на заднем стекле, являющемся подложкой). Таким образом, образуется прямоугольная матрица, ячейки которой находятся на пересечении электродов строк и столбцов. На стекле-подложке сформирован специальный профиль в виде стеклянных ребер, изолирующих соседние ячейки друг от друга. На внутренней поверхности стекла подложки нанесены чередующиеся полоски люминофоров первичных цветов R, G, B, образующих триады. В процессе изготовления такой панели из внутреннего объема между стеклянными пластинами откачивается воздух, этот объем заполняется разреженным газом, являющимся рабочим «телом» при работе, после чего панель герметизируют.
Плазменная панель работает следующим образом. С помощью внешних устройств «развертки» на электроды строк и столбцов матрицы подаются управляющие напряжения. Под действием напряжения между инициированными строчной и столбцовой шинами в соответствующей ячейке матрицы происходит электрический разряд в газе через образующуюся при этом плазму (ионизированный газ). Этот разряд вызывает мощное ультрафиолетовое излучение, которое заставляет светиться находящийся в данной ячейке люминофор. Так как существуют разделительные «барьеры» между соседними ячейками, электрический разряд локализуется в пределах

одной отдельно взятой и не оказывает воздействия на соседние ячейки. А чтобы еще «свой» ультрафиолет не вызвал свечения «чужого» люминофора, на боковые поверхности разделительных ребер наносят специальное поглощающее ультрафиолет покрытие.
Для модуляции интенсивности свечения люминофоров сигналами изображения ER EG, EB необходимо подавать их на столбцовые шины. Принцип развертки изображения в плазменной матричной панели иллюстрирует рис. 3.16.
На каждый горизонтальный электрод (строчные шины) от генератора выбора строк (ГВС) поочередно, в соответствии с передаваемой строкой, поступают прямоугольные импульсы выбора строк (ВС), длительность которых равна периоду строчной развертки Н.

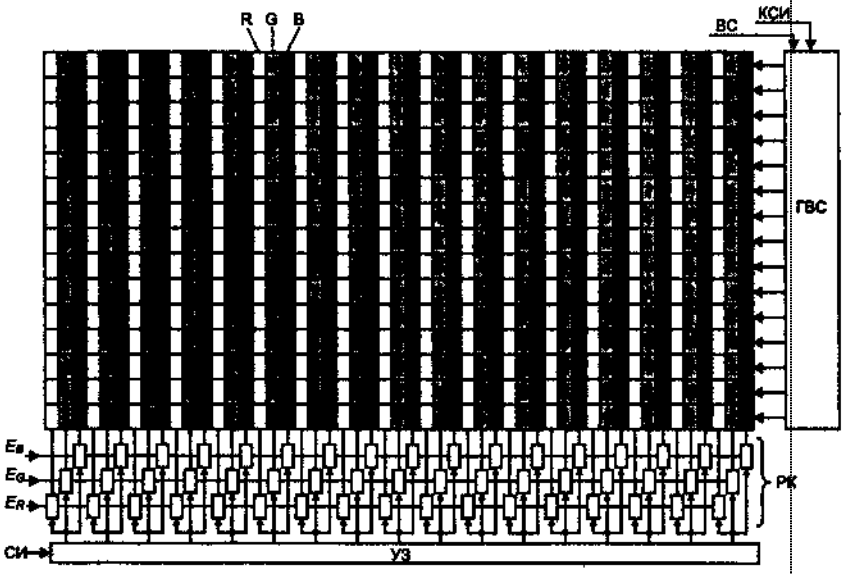


Рис. 3.16. Развертка изображения в цветной плазменной матричной панели

Видеосигналы ER, EG, EB через индивидуальные разделительные каскады (РК) подаются на все «свои» (по цвету люминофора) столбцовые шины одновременно. В исходном состоянии разделительные каскады заперты и не пропускают видеосигналы. Разделительный каскад отпирается и пропускает видеосигнал на вертикальный электрод (столбцовую шину) при подаче на него стробирующего импульса. Стробирующие импульсы (СИ) с отводов устройства задержки (УЗ) подаются одновременно на три разделительных каскада (триаду RGB). Общее время задержки в УЗ соответствует периоду строчной развертки Н. На вход устройства задержки в начале каждой строки поступают узкие строчные импульсы, длительность которых равна длительности развертки одного элемента изображения τэ. Распространяясь вдоль устройства задержки, эти импульсы поочередно отпирают разделительные каскады (в пределах одной триады все РК отпираются одновременно), пропуская видеосигналы ER, EG, EB на соответствующие столбцовые шины, чем обеспечивается воспроизведение изображения вдоль развертываемой строки.
В настоящее время серийно выпускаются плазменные панели с диагональю более 1 м, при толщине панели порядка 10 см плазменные панели обеспечивают большую яркость и высокую контрастность изображения, имеют широкий угол обзора (более 160°). При этом полностью отсутствуют проблемы, связанные с искажением геометрии растра и сведением, свойственные цветным кинескопам.

Это объясняется тем, что в плазменных панелях используется жесткий растр (в кинескопах растр плавающий). Недостаток плазменных панелей - большое

энергопотребление (при диагонали экрана 1,057м средняя потребляемая мощность 270 Вт).
Жидкокристаллические панели. В жидкокристаллических панелях (ЖК-панелях) используется способность аморфного вещества изменять свои оптические свойства в электрическом поле. Существуют ЖК-панели просветного и отражательного типов. Способ развертки изображения у ЖК-панелей точно такой же как и у плазменных панелей. С тыльной стороны ЖК-панель просветного типа освещается равномерным световым потоком. Под действием напряжения между инициированными строчной и столбцовой шинами в соответствующей ячейке матрицы изменяется оптическая прозрачность амфорного силикона. Световой поток, проходя через ЖК-матрицу с тремя типами цветовых ячеек RGB, модулируется по яркости и по цвету. Таким образом, на экране ЖК-панели синтезируется цветное изображение.
В настоящее время наибольшее распространение ЖК-панели получили в компьютерной технике в качестве мониторов, а также в малогабаритных телевизорах. Жидкокристаллические панели в десятки раз экономичнее плазменных. К достоинствам ЖК-панелей следует отнести также высокую технологичность и относительно низкую стоимость.

3.5. Проекционные воспроизводящие устройства

Проблема создания больших экранов решается также с применением проекционных воспроизводящих устройств, которые по принципу действия можно разделить на две большие группы: 1) с фронтальной проекцией; 2) с обратной проекцией. В свою очередь по типу источника светового излучения они делятся на модели с проекционными кинескопами и проекторы с ЖК-матрицйми.
Модели с фронтальной проекцией могут обеспечить получение изображения на экранах больших размеров (с диагональю до 2—3 м и более), но имеют ограниченную яркость и сложны в развертывании и настройке. Для увеличения яркости изображения применяют специальные экраны с направленным отражением света. При 'этом происходит концентрация (усиление) свечения экрана при его наблюдении с определенного направления, однако платой за это является ограничение угла оптимального просмотра изображения. Достаточно широко распространены также ЖК-проекторы фронтального типа, однако они уступают по качеству получаемого изображения кинескопным проекторам.
В настоящее время гораздо более распространены модели с обратной проекцией. Они обладают хорошим качеством изображения и вполне достаточной яркостью для просмотра в освещенном помещении, не требуют регулировки и настройки при развертывании, достаточно компактны. Основные недостатки подобных систем заключаются в ограничениях на размер изображения и ограничениях по углу наблюдения.
В кинескопных проекторах источником изображения являются три планарно расположенных проекционных кинескопа первичных цветов (R, G, B) с диагональю экрана 18 см. Так как в проекционных монохромных кинескопах нет теневой маски и используются очень высокие значения анодного

напряжения (35—40 кВ), удается обеспечить очень высокую яркость их свечения (свыше 10000 кд/м2), достаточную для получения изображения на экране с диагональю до 2 м и более. Для обеспечения высокой четкости изображения на экране телевизора и уменьшения фокусного расстояния проекционного объектива используется специальная асферическая оптика. Для уменьшения размеров корпуса применяется система отражающих зеркал.
Экран проектора представляет собой довольно сложную конструкцию, состоящую из двух и более слоев. Поверхность внутреннего слоя представляет собой линзу Френеля, собирающую световой поток и направляющую его вдоль оси экрана. Наружный же слой имеет специальный профиль в виде множества тонких вертикальных линзочек, промежутки между которыми чернятся аналогично экранам кинескопов.
В качестве источников света в современных ЖК-проекционных телевизорах используются мощные ксеноновые и галогенные лампы с электрической спиралью малого размера. Такие лампы излучают свет в широком спектральном диапазоне и являются почти точечными источниками света. По способу формирования светового потока трех основных цветов ЖК-проекционные телевизоры мржно разделить на две группы: 1) проекторы с одной тройной ЖК-панелью и 2) проекторы с тремя простыми ЖК-панелями. В проекторах первого типа в качестве управляющего световым потоком элемента используется одна цветная просветная ЖК-панель с тремя типами цветовых ячеек RGB. В проекторах второго типа световой поток от источника света разделяется дихроическими зеркалами на три потока первичных цветов. Эти световые потоки модулируются в трех просветных ЖК-панелях и далее суммируются отражательными зеркалами и композитной призмой в один общий световой поток, который с помощью оптической системы направляется на экран. Созданные в последние годы модели проекторов на ЖК-панелях отражательного типа имеют существенно большую яркость и повышенную разрешающую способность по сравнению с проекторами на просветных ЖК-панелях.
Германская фирма «Schneider» разработала в 1997 г. лазерный проекционный телевизор с обратной проекцией (диагональ экрана 160 см) и лазерный фронтальный проектор для отражательных экранов с диагональю до 3 м.
Для получения ТВ-изображений на экранах площадью до 50 м2 применяют светоклапанные устройства, в которых для пространственной модуляции светового потока используется слой вязкой жидкости, деформирующейся под воздействием электронного луча, и щелевая оптика.
Контрольные вопросы
Как устроена плазменная панель?
Как работает плазменная панель?
Как работает жидкокристаллическая панель?
Какова схема проекционного устройства с обратной проекцией и как работает это устройство?

4. СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

4.1. Принципы передачи цветного изображения

4.1.1. Цвет и его характеристики

Субъективные характеристики цвета. Ощущение цвета — это результат восприятия человеком световых излучений. Физическим носителем этого ощущения являются электромагнитные волны. Диапазон электромагнитных волн охватывает 50 октав, из которых на видимый свет приходится только одна. Это диапазон длин волн 390...770 нм. Цветовое ощущение возникает потому, что в глазу у человека имеется два вида нервных клеток: колбочки и палочки. Колбочки создают ощущение цвета, а палочки реагируют только на мощность излучения.

Цвет имеет три субъективные характеристики: яркость, цветовой тон, насыщенность.

Яркость — характеристика зрительного ощущения, согласно которой источник излучения испускает больше или меньше света.

Цветовой тон — это ощущение того или иного цвета (красного, зеленого, синего, фиолетового и т. д.).

Насыщенность — степень разбавления данного цвета белым цветом. Чем больше белого цвета, тем меньше насыщенность.

Эти три характеристики не имеют никаких величин, выраженных в цифрах. О светлости и насыщенности можно говорить словами «больше», «меньше», «одинаково». О цветовом тоне — «фиолетовый», «голубой», «желтый» и т. п.

Количественные характеристики цвета. Электромагнитное колебание световрго диапазона со строго определенной длиной волны, называемое монохроматическим колебанием, вызывает ощущение вполне определенного цвета. Например, для ощущения зеленого цвета длина волны монохроматического колебания должна быть равна λ= 555 нм. Однако на практике цветовое ощущение редко обусловлено монохро-MaiiwecKHM световым колебанием. Обычно реальные источники света излучают целое множество колебаний разной мощности и частот. Ощущение такого же цвета, что и от совокупности различных колебаний, можно получить от электромагнитного излучения, состоящего из смеси всего лишь двух компонент: cЁето$6га потоки ©ёлогд *Хвета и монохроматического колебания (следует лишь подобрать величины этих компонент и длину волны монохроматического колебания). Это свойство используют для количественных характеристик цвета.

Длина волны подобранного монохроматического колебания называется преобладающей длиной волны. Она характеризует цветовой тон.

Отношение светового потока Fλ монохроматического колебания к световому потоку смеси F называют чистотой цвета P. Этим параметром характеризуют насыщенность. P= Fλ /F. Для светового потока белого цвета чистота цвета равна нулю, для монохроматического колебания — единице.

Светлота характеризуется яркостью светового излучения,

Краткие итоги

цвет — это ощущение человеком светового излучения;

цвет имеет три характеристики: светлота (количественная характеристика ее — яркость), цветовой тон (количественная характеристика — преобладающая длина волны), насыщенность

(количественная характеристика — чистота цвета).
Контрольные вопросы
Что такое цвет?
Что является физическим носителем цветового ощущения?
Что такое монохроматическое колебание?
Какие характеристики имеет цвет и как они количественно бцениваются?
4.1.2. Трехмерное представление цвета
Экспериментально установлено, что любой цвет может быть получен путем суммирования излучений красного FR, синего FB и зеленого FG цветов. Частоты FR, FB, FG называются излучениями основных цветов.
Представление любого цвета Ц с помощью основных цветов производится в два этапа.
Первый этап. Берут колориметр — устройство, позволяющее визуально сравнивать световые потоки. Экран колориметра разделен на две половины. На одну половину направляют излучение белого цвета. (Это излучение играет важную роль в цветном телевидении. Оно называется опорным цветом.) На другую половину направляют смесь, состоящую из излучений красного, синего и зеленого цветов — FOR, FOB , FOG - Мощности излучений основных цветов подбирают таким образом, 'чтобы цвета правой и левой половин экрана не различались.
Измеряют световые потоки FOR, FOB , FOG. Во всех дальнейших исследованиях эти значения световых потоков принимают за единичные количества основных цветов.
Второй этап. На левую половину экрана направляют излучение некоторого исследуемого цвета FЦ. На правую половину экрана опять направляют смесь излучений основных цветов FR, FB , FG. Вновь мощности основных цветов подбирают так, чтобы цвета правой и левой половин экрана не различались. Измеряют световые потоки основных цветов FR, FB , FG. Результаты опыта записывают в виде равенства
FЦ = Fr+Fb+Fg (4.1)
(эта запись следует из условия уравнивания цветов одной и другой половин экрана колориметра). Вычисляют соотношения
FR/FR0 = R, fb/ FB0 = b, FG/ FG0=G. (4.2)
Записывают выражение (4.1) в виде
FЦ = f0Rr+foBb+fogg. (4.3)
Выражение (4.3) называется цветовым уравнением. Безразмерные величины R, G, B называются координатами цвета. Физический смысл координат цвета в том, что они показывают, какое количество единичных цветов надо взять, чтобы получить данный цвет.

Свойства координат цвета
Соотношение координат цвета R : G : B не изменяется при изменении яркости излучения.
Изменение яркости излучения в А раз приводит к изменению всех координат также в А раз.
Изменение цветового тона изменяет соотношение между коор-

динатами цвета.
Для опорного цвета координаты цвета одинаковы.
Для излучений основных цветов две координаты равны нулю, а третья отлична от нуля.

Краткие итоги
любой цвет может быть получен путем суммирования излучений красного, синего и зеленого цветов, называемых основными. Для получения какого-то цвета основные цвета должны
быть взяты в определенных количества;
количество единиц основных цветов, взятых для получения данного цвета, называют координатами цвет;
цвет полностью характеризуется своими координатам;
соотношение координат цвета R : G : B является характеристи кой цветового тона;
изменение яркости излучения в А раз во столько же раз изме няет величину координат цвета;
- координаты белого цвета равны друг другу.

Контрольные вопросы
Как записывается цветовое уравнение?
Что такое координаты цвета?
Какой цвет называют опорным?
Каковы свойства координат цвета?

4.1.3. Способы получения цветного изображения

Для получения цветного изображения датчик ТВ-сигнала должен осуществлять разложение воздействующего на него светового излучения на три моноцветных изображения красного, синего и зеленого цветов. На приемной стороне из переданных трех моноцветных изображений должно составляться (синтезироваться) цветное изображение. Разложение изображения на составные части и его синтез могут осуществляться либо последовательным, либо параллельным способами.
При последовательном способе изображение последовательно разлагается на основные цвета, которые передаются один за другим. Такая система не нашла широкого применения. Поскольку для того чтобы мелькания цветного изображения не были заметны, скорость передачи изображения требуется увеличить в три раза по сравнению со скоростью передачи черно-белого изображения. (Необходимо за время одного кадра передать три монохроматические картинки.) Это требует увеличения полосы частот системы цветного ТВ в три раза, что недопустимо.
При параллельном способе датчики ТВ-сигнала одновременно разлагают изображение на три моноцветных изображения, которые одновременно передаются.

4.1.4. Обобщенная функциональная схема системы цветного ТВ

Система передачи цветного изображения состоит из трех частей: передающего устройства, канала передачи сигналов, приемного устройства.

В состав передающего устройства входят три датчика ТВ-сигнала. С помощью оптики и системы зеркал изображение проецируется на их экраны. Перед экраном каждого датчика устанавливается цветной светофильтр. Перед одним датчиком — красный светофильтр, перед другим — синий, перед третьим — зеленый (рис. 4.1).

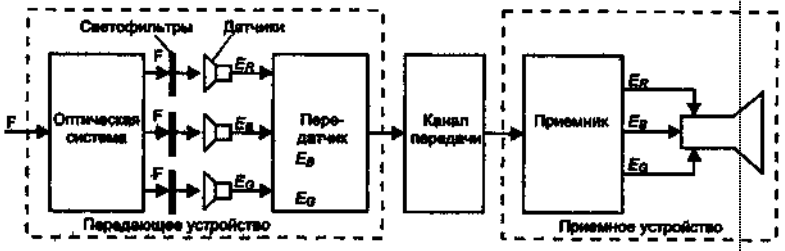


Рис. 4.1. Обобщенная функциональная схема системы цветного ТВ

На экранах датчиков получаются одноцветные оптические изображения объекта в основных цветах. Полученные изображения преобразуются в датчиках в электрические сигналы изображения ER, Ев, EG. Сигналы ER, Ев, EG называются сигналами основных цветов.

Сигналы основных цветов подвергаются преобразованиям в передатчике и через канал передачи поступают на вход приемного устройства. В приемнике из принятых сигналов восстанавливаются исходные электрические сигналы ER, EB, EG Каждый из сигналов подается на соответствующий вход кинескопа, где электрические сигналы преобразуются в визуальное изображение.

Контрольные вопросы

Какие способы передачи изображения вы знаете?

Почему при передаче цветного изображения в вещательных ТВ-системах не используется последовательный способ?

Нарисовать упрощенную структурную схему системы передачи цветного изображения.

4.1.5. Сигналы основных цветов, их физический смысл и свойства

Величина сигнала основного цвета пропорциональна координате цвети элемента одноцветного изображения, на котором в данный момент находится развертывающий элемент датчика. Например:

ER = AR, . (4.4)

где R — координата цвета элемента одноцветного изображения на экране датчика с красным светофильтром; А — коэффициент пропорциональности

Из выражения (4.4) следует, что уровень сигнала основного цвета пропорционален координате цвета Л, т. е. сигналы основных цветов, несут информацию о координатах цвета. Поэтому все свойства координат цвета, рассмотренные ранее, могут быть перенесены на сигналы

FR, FB , FG

Свойства сигналов основных цветов:

изменение яркости изображения приводит к изменению всех сигналов основных цветов в одинаковое число раз;

изменение соотношения уровней сигналов ER EG Ев в передающем устройстве или приемнике ТВ недопустимо, т. к. это приведет к искажению цвета изображения;

при передаче черно-белого изображения сигналы ER, EG EB равны между собой;

сигналы основных цветов униполярны (одной полярности).

Контрольные вопросы
Какую информацию несут сигналы основных цветов?
Как изменяется величина сигналов основных цветов при изменении яркости изображения?
Как соотносятся между собой сигналы основных цветов при передаче белого цвета?
Меняется ли соотношение между сигналами основных цветов при измене - нии цветового тона изображения?

4.1.6. Сигнал яркости и цветоразностные сигналы

Одно из основных требований, предъявляемых к системам телевизионного вещания, — совместимость цветного и черно-белого телевидения. Под совместимостью систем цветного и черно-белого телевидения понимается:
использование таких сигналов, которые могли бы быть приняты как приемниками цветного изображения, так и приемниками черно-белого изображения;
полоса частот, занимаемая при цветном ТВ-вещании, не должна превосходить полосу частот, отведенную для передачи сигналов
черно-белого телевидения.

Сигналы основных цветов не могут быть приняты приемником черно-белого изображения, поэтому эти сигналы подвергают преобразованиям в передающем устройстве. Приемники черно-белого изображения используют только один сигнал — сигнал яркости (£г). Сигнал яркости несет информацию о яркости передаваемого изображения. Для получения сигнала яркости сигналы основных цветов преобразуются в передающем устройстве в сигнал EY.

Для передачи цвета можно использовать полученный сигнал яркости и любую пару сигналов основных цветрв, например ER EB. Таким образом, получается система из трех новых основных цветов. Однако сигналы ER и EB в передающем устройстве также подвергаются преобразованиям. Это объясняется тем, что при передаче черно-белого изображения сигналы ER и Ев не равны нулю и создают помеху при приеме сигнала EY, поэтому сигналы ER и EB заменяются сигналами ER-Y и EB-y, которые получаются вычитанием из сигналов ER и EB сигнала EY. Сигналы ER-Y и EB-y называются цветоразностными.

Переход к сигналам EY, ER-Y, EB-Y можно рассматривать как представление любого цвета тремя новыми цветовыми составляющими: яркостной составляющей с координатой, пропорциональной сигналу EY, составляющей, передающей малиново-голубые цвета, с координатой, пропорциональной величине ER-,Y, и составляющей сине-желтых цветов, координата которой пропорциональна величине EB-Y.

Формирование сигнала яркости. Поскольку сигнал яркости EY несет информацию о яркости изображения, то он должен быть пропорционален величине FЦ в выражении (4.3). Соотношение единичных количеств основных цветов в этом выражении составляет FQR : FQG : FQB = 0,3 : 0,59 : 0,11, поэтому сигнал яркости через сигналы основных цветов можно записать как

$$EY = 0{,}3ER + 0{,}59EG + 0{,}11\,EB. \qquad (4.5)$$

Формирование цветоразностных сигналов. Существует три цвето-разностных сигнала: цветоразностный сигнал красного er-узеленого EG-Y и синего EB-Y (названия следует понимать не в буквальном смысле, а в смысле формирования цветоразностных сигналов из сигналов основных цветов). Эти сигналы получаются путем вычитания из сигналов основных цветов сигнала яркости

EB-Y = ER - EY , EB-Y = EB - EY, EG-Y =EG - EY (4.6)

Для понимания работы цветной ТВ-системы, настройки и регулировки ТВ-приемников необходимо знать свойства цветоразностных сигналов.

Свойства цветоразностных сигналов

1. Цветоразностные сигналы могут быть выражены через сигналы основных цветов. Учитывая выражения (4.6) и (4.5), имеем

ER-Y = 0,7ER -0,59EG - 0,11EB;

EB-Y = -0,3ER - 0,59FG + 0,89EB;

EG-Y = -0,3ER + 0,41EG - 0,11 EB. (4.7)

При передаче черно-белого изображения цветоразностные сиг-налы равны нулю. Действительно, в этом случае ER= EG= Ев, тогда, как следует из (4.7), ER-Y= EB-Y= EG-Y=0.

Любой цветоразностный сигнал может быть получен из двух других. Например, выразим EG-Y через EB-Y и ER-Y. Для этого предста-вим EY как

EY= 0,3EY+ 0,59EY+ O,11EY.

Вычитая из равенства (4.5) это равенство, имеем

O=0,3ER-Y+0,59 EG-Y +0,11EB-Y

откуда

EG-Y = -0,51ER-Y - 0,19EB-Y. (4.8)

При передаче информации о цвете должно в принципе выбирать любую пару цветоразностных сигналов. На практике выбирают ER-Y и EB-Y. Это объясняется тем, что для большинства передаваемых сюжетов уровень сигналов ER-Y и EB-Y оказывается большим, чем уровень сигнала EG-Y. Поэтому при сигналах ER-Y и EB-Y обеспечивается боль-шая помехоустойчивость ТВ-приемника.

Как известно, изменение яркости изображения в А раз изменя ет величину сигналов ER, EG и EB также в А раз. Следовательно, как вытекает из (4.5), (4.7), в А раз изменяется и величина сигналов EY, ER-Y, EB-Y .

Отношение цветоразностных сигналов ER-Y : EB-Y не меняется при изменении яркости изображения. Это отношение определяет цве-товой тон.

Сигналы ER.Y, EB- Y могут передаваться в более узкой полосе час тот, чем сигнал EY. Это связано с особенностями зрения человека. Мелкие детали изображения, размеры которых не превышают 10' (размеры пространственного угла зрения, в который укладывается де таль), воспринимаются как черно-белые. Для передачи таких деталей требуется полоса частот сигнала от 0 до 6 МГц. Цвет деталей, угловые размеры которых составляют от 10' до 20', воспринимается человеком

как состоящие из смеси всего двух цветов: оранжевого и голубого.
Для передачи таких деталей сигнал должен иметь полосу до 1—1,5 МГц. Для предметов с размерами более 20' наше зрение трехцветно. Для передачи этих деталей требуется полоса до 0,6—1 МГц.
Из всего сказанного следует, что мелкие детали можно передавать сигналом EY, а для передачи цвета более крупных деталей можно ис пользовать сигналы ER-Y и EB-Y с полосой частот от 0 до 1,5 МГц и сигнал яркости EY. Для этого сформированные сигналы ER-Y и EB-Y в передающем устройстве пропускаются через низкочастотный фильтр. 8. Сигналы er-y и EB-Y могут принимать как положительные, так и отрицательные значения.
Краткие итоги
для того чтобы систему цветного телевидения можно было со вместить с системой черно-белого ТВ-вещания, при цветном ТВ формируется сигнал яркости;
приемники черно-белого изображения принимают только сигнал яркости;
для приемников цветного изображения, кроме сигнала яркости, формируются еще два цветоразностных сигнала;
сигнал яркости несет информацию о яркости изображения;
отношение цветоразностных сигналов определяет цветовой фон;
при передаче белого и серого изображений цветоразностные сигналу равны нулю;
по двум цветоразностным сигналам можно восстановить третий цветоразностный сигнал.
Контрольные вопросы
С какой целью в ТВ-системах при передаче цветного изображения переходят от сигналов основных цветов к сигналу яркости и цветоразностным сигналам?
Каковы свойства цветоразностных сигналов?
Как получается сигнал яркости?
Как получаются цветоразностные сигналы?
4.1.7. Частотное уплотнение сигналов цветного изображения и понятие о системах цветного ТВ-вещания
Согласно второму принципу совместимости черно-белого и цветного ТВ-вещания, полоса частот, занимаемая системой цветного телевидения, не должна превосходить полосу частот, отведенную для передачи сигналов черно-белого ТВ. С этой целью осуществляют преобразование цветоразностных сигналов в сигналы цветности ECR и ECB, а спектры полученных сигналов цветности размещают в спектре сигйала яркости. Сигнал цветности ECR несет информацию о «красном» цветоразностном сигнале, а сигнал ECB — о «синем» цветоразностном сигнале. Преобразование осуществляется в устройстве, называемом модулятором. Вид преобразованного сигнала определяется системой цветного ТВ, В настоящее время в мире используются три стандартизованных системы цветного телевидения: SECAM, NTSC, PAL. Система NTSC разработана в США (1950—1953 гг.) и принятая 18 странах мира. Система SECAM разработана во

Франции (1966 г.) и используется в 25 странах. Система PAL создана в Германии (1963 г,), применяется в 62 странах. В России в качестве основной системы ТВ вещания принята система SECAM,
Размещение спектров сигналов цветности в спектре сигнала яркости осуществляется во всех системах и приводит к взаимным искажениям сигналов. Такие искажения называются перекрестными,
Способы ослабления перекрестных искажений
Спектры сигналов цветности придвигаются почти вплотную к правому краю спектра сигнала яркости. При этом оказывается, что они влияют лишь на искажение верхних частот спектра сигнала Еу, которые воспроизводят мелкие детали изображения.
Поскольку спектры сигналов имеют дискретную структуру, то при «наложении» спектров добиваются того, чтобы составляющие спектров сигналов цветности располагались между составлякшйши спектра сигналов яркости.
Высокочастотные составляющие Спектра сигнала EY в том месте, куда помещаются спектры сигналов ECR и ECB частично ослабляются.
В канале цветности приемного устройства, где обрабатываются сигналы ECR и ECB, специальными фильтрами устраняются составляющие спектра сигнала яркости, находящиеся за пределами спектров сигналов цветности.
Изменяют начальную фазу сигнала цветности от строки к строке по определенному закону, что ослабляет заметность сигналов цветности на экране ТВ, проникших в канал яркости приемника.

Краткие итоги
для того чтобы обеспечить передачу сигналов цветного изображения в полосе частот, отведенной для работы черно-белого телевидения, приходится совмещать спектры сигналов яркости и
сигналов, несущих информацию о цвете;
для ослабления взаимных помех, возникающих при совмещении спектров этих сигналов, принимают ряд мер, важнейшей
из которых является размещение спектров сигналов, несущих информацию о цвете в области высокочастотных составляющие сигнала яркости;
• для смещения спектров сигналов, несущих информацию о цве-
те, в область высокочастотных составляющих сигнала яркости цветоразностные сигналы ER-y и EB.Y преобразуются в сигналы цветности ECR и ECB соответственно.
Контрольные вопросы
С какой целью цветоразностные сигналы преобразуются в сигналы цветности?

Что такое перекрестные искажения?
Какие меры принимаются в ТВ-вещании для ослабления перекрестных по-
мех?

4.2. Принципы построения системы SECAM

Название системы происходит от начальных букв французских слов: «доочередные цвета и память». Системе SECAM присущи два основные особенности: во-первых, в каждую строку передается только один из сформированных сигналов цветности; во-вторых, преобразование цветоразностных сигналов в сигналы цветности осуществляется методом частотной модуляции.

4.2.1. Сигналы цветности и цветоразностные сигналы в системе SECAM

Понятие о модуляции и демодуляции сигналов. Преобразование цветоразностных сигналов в сигналы цветности осуществляется в передатчике, в узле, называемом модулятором. На вход модулятора подается модулирующий сигнал, который хотят преобразовать. На выходе модулятора напряжение представляет собой гармоническое колебание, у которого во времени изменяется один из параметров: или амплитуда, или частота, или начальная фаза. Закон изменения этого параметра соответствует закону изменения модулирующего сигнала.

В зависимости от вида изменяемого параметра модуляторы бывают; амплитудные (АМ), частотные (ЧМ) и фазовые (ФМ). I

При преобразовании цветоразностных сигналов в системе SECAM применяется частотная модуляция. На вход частотного модулятора поступают цветоразностные сигналы EB-Y, ER-Y, с выхода модулятора]снимаются сигналы цветности ЕСЛ и ЕСВ. В отсутствие сигнала на входе модулятора выходной сигнал представляет собой гармоническое колебание с частотой fQ. При возрастании модулирующего сигнала частота выходного колебания увеличивается, а при уменьшении — убывает (относительно величины fQ).

В зависимости от ширины спектра сигнала на выходе модулятора ЧМ-сигналы делятся на широкополосные и узкополосные. Широкополосные сигналы обладают высокой помехоустойчивостью при приеме, но их спектр во много раз превышает спектр модулирующего сигнала. При размещении таких сигналов в спектре сигнала яркости может оказаться, что спектры сигналов яркости и широкополосного ЧМ-сигнала цветности полностью перекроются. Это приведет к большим перекрестным искажениям. Поэтому при преобразовании цветоразностных сигналов такие сигналы не используются. В системе SECAM применяется узкополосная ЧМ.

При узкополосной ЧМ-спектр выходного колебания состоит из трех составляющих: верхней боковой (ВБ), нижней боковой (НБ) и расположенной между ними гармонической составляющей с частотой fQ (рис. 4.2). Гармоническая составляющая называется поднесущей. Форма спектра ВБ составляющей подобна форме спектра модулирующего сигнала, а форма спектра НБ — зеркальное отображение верхней боковой относительно частоты поднесущей. Таким образом; ширина спектра сигнала на выходе

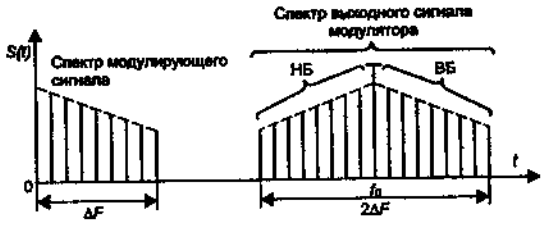


Рис. 4.2. Спектры модулирующего сигнала и сигнала на выходе модулятора при узкополосной ЧМ

модулятора в два раза больше ширины спектра ΔF модулирующего сигнала.
В приемном устройстве из принятого сигнала изображения, состоящего из совмещенных сигналов яркости и цветности, выделяются сигналы цветности. Каждый из выделенных сигналов подается на свой частотный детектор.
Частотный детектор (ЧД) — это устройство, напряжение, на выходе которого Uвых пропорционально отклонениям частоты входного сигнала f от величины fQ. Uвых = S (f-f0) где S — постоянный коэффициент, называемый крутизной частотного детектора. ЧД производит операцию, обратную операции/ выполняемой частотным модулятором. Эта операция называется демодуляцией сигнала. Итак, ЧД преобразует поступившие сигналы цветности ECR и Ecв в соответствующие цветоразностные сигналы EB_Y, ER-y
Демодуляция ЧМ-сигнала в присутствии шумовой помехи. Демодуляция сигнала всегда осуществляется в присутствии шумового напряжения (помехи) на входе детектора. Одной из причин такой помехи является хаотическое тепловое движение электронов в радиодеталях (резисторах, транзисторах, микросхемах). Шумовая помеха просматривается на экране ТВ в виде мерцающих точек (так называемого «снега»).
При детектировании ЧМ-сигналов совместно с шумом происходит значительное ухудшение соотношения сигнал/шум на выходе детектора в области верхних частот модуляции. Для устранения этого эффекта в передающем устройстве в модулирующий сигнал вводят низкочастотные предыскажения, а в сигнал на выходе модулятора — высокочастотные предыскажения.
Низкочастотные предыскажения — это увеличение уровня верхних модулирующих частот, а высокочастотные — увеличение уровня крайних составляющих спектра на выходе модулятора (рис, 4.3).

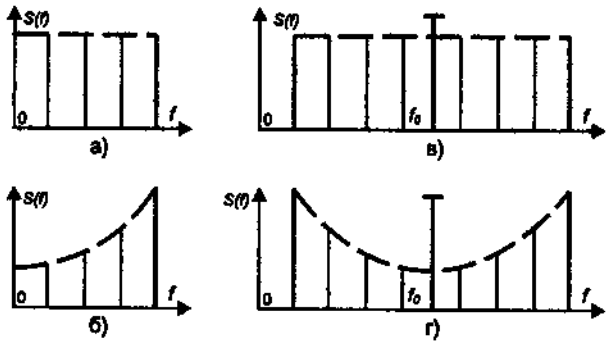


Рис. 4.3. Спектры сигналов на входе и выходе ЧМ-модулятора: *а, б* — форма спектра модулирующего сигнала без низкочастотных предыскажений и с предыскажениями; *в, г* — форма спектра сигнала на выходе ЧМ-модулятора без высокочастотных предыскажений и с предыскажениями

Предыскажения, как низкочастотные, так и высокочастотные, осуществляются с помощью специальных фильтров, устанавливаемых соответственно на входе и выходе модулятора.
В ТВ-приемнике предыскажения устраняются: высокочастотные — до демодулятора, низкочастотные — после. Это делается с помощью фильтров, амплитудно-частотная характеристика

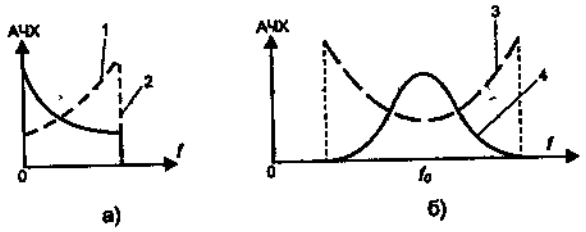


Рис. 4.4. АЧХ фильтров: 1 — низкочастотных предыскажений; 2 — фильтра, компенсирующего низкочастотные предыскажения; 3 — высокочастотных предыскажений; 4 — фильтра, компенсирующего высокочастотные предыскажения

(АЧХ) которых обратна АЧХ фильтров, вносящих соответствующие предыскажения (рис. 4.4). (Под АЧХ понимается зависимость уровня сигнала на выходе фильтра от частоты гармонического сигнала постоянной амплитуды, подаваемого на вход фильтра.)

Компрессия цветоразностных сигналов. В системе SECAM цветоразностные сигналы ER.Y, EB,Y заменены сигналами DR и DB, которое определяются как DR =- 1.9E r-y DB=l,5EB-Y. (4.9)

Такая замена обьясняется тем, что для большинства передаваемых изображений максимальные значения сигналов ER-Yn EB.Y оказываются различными.

Стремление выровнять размахи этих сигналов приводит к необходимости умножить их величины на коэффициенты 1,9 и 1,5, называемые коэффициентами компрессии (3].

Для большинства передаваемых сюжетов полярность сигналов ER_Y оказывается положительной, при этом (поскольку отклонение частоты сигнала цветности на выходе модулятора (от частоты поднесу-щей) того же знака, что и знак сигнала ER может оказаться, что частота сигнала ECR окажется настолько большой, что выйдет за пределы полосы частот, которая отведена сигналу изображения. Для устранения такого эффекта изменяют полярность сигнала ER-Y.

Выбор поднесущих частот сигналов цветности. Фильтр, компенсирующий высокочастотные предыскажения (часто называемый фильтром «клеш»), выполняет одновременно и вторую задачу — выделяет сигналы цветности из принятого ПЦТС, В процессе передачи информации о цвете частота сигналов цветности меняется. В системе SECAM в течение каждой строки передается только один из сигналов цветности: в нечетные строки передается сигнал ECR, а в четные — Есв. Такой принцип позволяет избежать перекрестных искажений между сигналами цветности, которые возникли бы при их одновременной передаче. Таким образом оказывается, что цветовая информация поступает к приемнику ТВ как бы через строку. Это несколько Уменьшает цветовую четкость изображения. Строки, в которых передается сигнал ECR, называют «красными». Строки, в которых размещают сигнал Есв, называют «синими». Специальные исследования показали, что при передаче реальных сюжетов область частот, где чаще всего оказывается частота «красного» сигнала цветности, располагается ниже величины поднесущей этого сигнала, а для «синего» сигнала цветности — выше частоты поднесущей. Для лучшей помехоустойчивости сигналов цветности эти области должны располагаться под частотой настройки фильтра «Клеш» [3]. Поэтому если выбрана частота настройки этого фильтра Ооф), то поднесущая сигнала ECR (fOR) выбирается больше величины f^ а поднесущая сигнала Есв (foe) меньше величины f^. На практике fф-4,3 МГц; fОЛ = 4,4 МГц; fo, = 4,25 МГц.

Выбор величины девиации частоты сигналов цветности. Под девиацией частоты $\Delta f\partial$ сигнала с частотной модуляцией понимается максимальное отклонение частоты сигнала от частоты поднесущей (т. е. $\Delta f\partial$ = fmax –f0)- Величина девдтции определяет максимальный уровень сигнала на выходе частотного детектора (Uвых мах. Между этими величинами существует

простая зависимость
где S — крутизна частотного детектора.
В ТВ вводится понятие номинальной девиации. Под этой величи
ной понимается отклонение частоты сигнала цветности на выходе мо
дулятора при подаче на его вход
модулирующего сигнала с уровнем
1 В. Номинальная девиация «красного»
сигнала цветности принята рав
ной 280 кГц, а для «синего» сигнала — 230
кГц [3]. Увеличение девиа
ции частоты для сигнала ECR сделано с
целью повышения помехе-,
устойчивости передачи сигнала DR. Дело в
том, что шумовые помехи щ

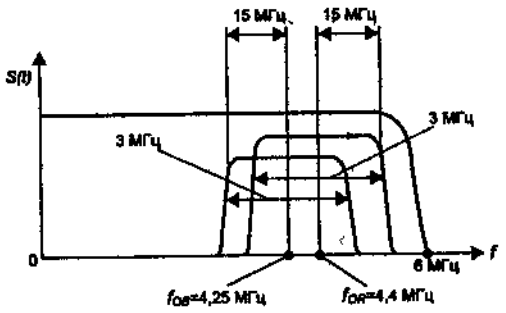


Рис. 4.5. Спектры сигналов изображения системы SECAM

силу особенности человеческого зрения более всего заметны на крас
ном фоне (воспринимаются в виде «снега» на изображении). Поэтому
с целью уменьшения заметности этой помехи желательно увеличить
уровень сигнала, несущего информацию о красном цвете на выходе
частотного детектора. Это можно сделать, увеличив девиацию частоты
сигнала, поступающего на ЧД.
Основные параметры сигналов изображения системы SECAM. Ширина
спектра сигнала яркости — 6 МГц. Ширина спектра каждого из
сигналов цветности —- 3 МГц. Частота поднесущей «красного» сигнала
цветности — 4,4 МГц. Частота поднесущей «синего» сигнала цветности —
4,25 МГц.
Следует помнить, что в каждый момент времени существует толь
ко один из сигналов цветности, поэтому реально их спектры не перен
крываются во времени.
Краткие итоги
с целью повышения помехоустойчивости приема сигналов
цветности к шумовым помехам в цветоразностные сигналы
вносятся низкочастотные предыскажения, а в сигналы цветности —
высокочастотные. Такие операции осуществляются в передающем устройстве
с помощью фильтров;
в приемном устройстве внесенные предыскажения устраняются
специальными фильтрами компенсации предыскажений;
для выравнивания размахов цветоразностных сигналов осуществляют
компрессию этих сигналов;
для предотвращения выхода/частоты «красного» сигнала цветности за пределы
полосы частот, в которой передаются сигналы
изображения, у этого сигнала изменяют полярность;
в целях повышения качества приема сигналов цветности пере
дача сигналов осуществляется на разных поднесущих;
для повышения помехоустойчивости приема «красного» сигнала цветности
увеличивают девиацию частоты этого сигнала.
Контрольные вопросы

Почему выбираются разные поднесущие для передачи сигналов цветности?
Почему стремятся повысить помехоустойчивость приема «красного» сигнала цветности?
Почему увеличение девиации «красного» сигнала цветности приводит к увеличению помехоустойчивосттгнриема?
Каковы особенности системы SECAM?
Для чего вводятся высокочастотные и низкочастотные предыскажения ЧМ-сигналов?
Как устраняются в приемнике предыскажения ЧМ-сигналов?

4.2.2. функциональная схема кодирующего устройства

Кодирующее устройство (КУ) предназначено для формирования полного цветного телевизионного сигнала (ПЦТС). Этот сигнал несет информацию о цветном изображении, а также управляет работой всех устройств ТВ-приемника. КУ входит в состав передающего устройства ТВ-системы. При описании структуры и работы КУ будем полагать, что на выходе устройства формируются ПЦТС «вертикальные цветные полосы». Такой сигнал находит широкое применение при настройке телевизоров и воспроизводится на экране в виде вертикальных цветных полос в следующем порядке: белая полоса (Б), желтая (Ж), голубая (Г), зеленая (3), пурпурная (П), красная (К), синяя (С) и черная (Ч). Цвета образуются при всевозможных комбинациях координат цветов R,G,B состоящих только из нулей и единиц (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Цвет		Белый	Желтый	Голубо	«зелены	Пурпурны	Красны	Сини	Черный
Координаты цвета	R	1	1	0	0	1	1	0	0
	B	1	0	1	0	1	0	1	0
	G	1	1	1	1	0	0	0	0

Рассмотрим работу кодирующего устройства (рис. 4.6).

Эпюры сигналов на выходе функциональных устройств КУ приведены на рис. 4.7. Входные сигналы ER, EG, EB поступают в матрицу М, где преобразовываются в сигналы EY, EB_Y, ER.Y. Уровни входных сигналов, соответствующие единичным и нулевым координатам, приняты на рис. 4.7, а за 0,75 В и О В. Преобразование сигналов ER, EG, Eg в матрице М осуществляется в соответствии с выражениями (4.5), (4.7). Сформированный сигнал EY (рис. 4.7, 6) поступает в канал яркости, а сигналы EB.Y, ER_r(puc. 4.7, в) - в канал цветности.

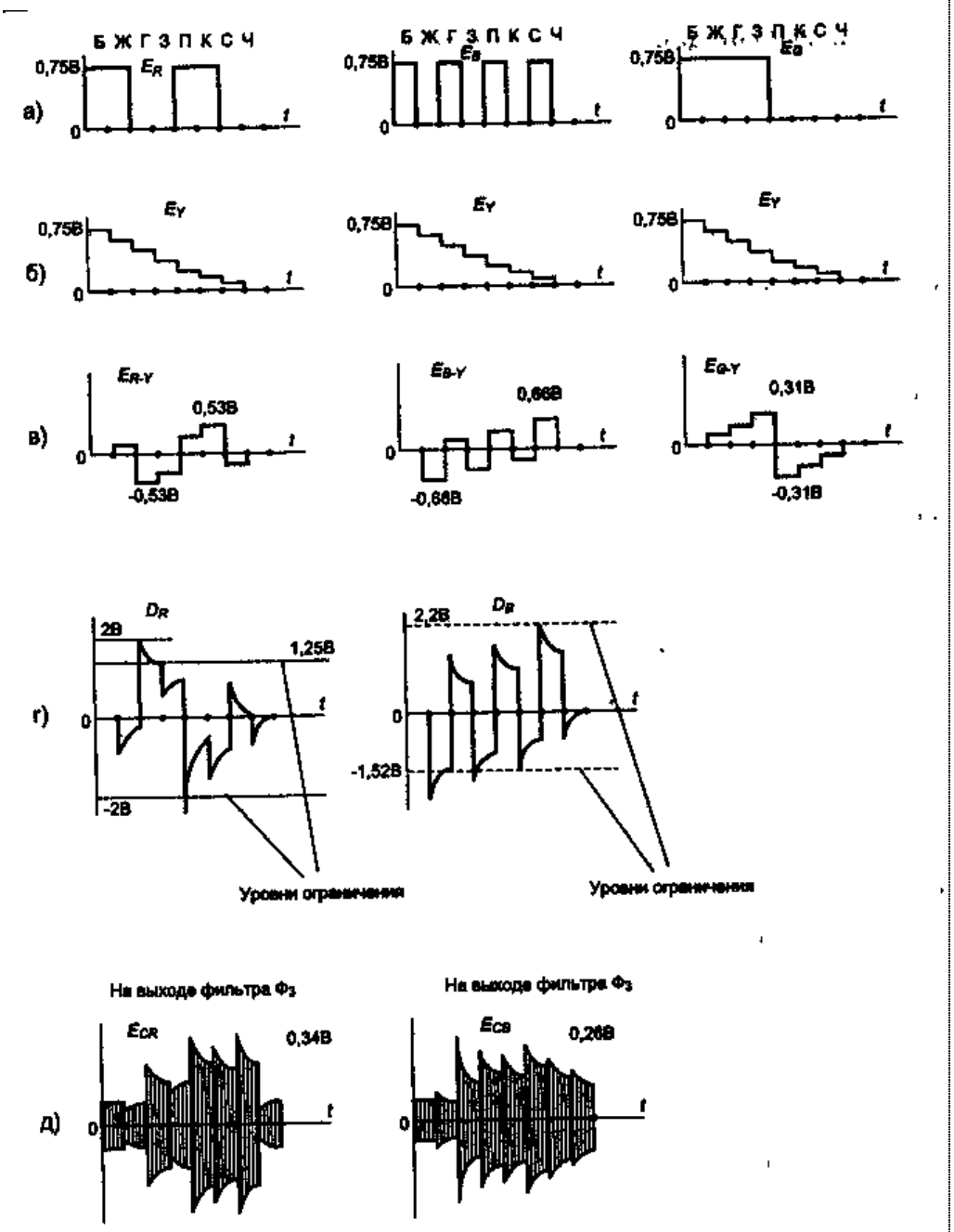


Рис. 4.7. Сигналы в кодирующем устройстве SECAM при формировании сигнала «Вертикальные цветные полосы»

Канал цветности. Усилители (УС) преобразуют сигналы ER.Y, EB.Y в сигналы DR и DB. Фильтры Ф1 вносят в сигналы DR и DB низкочастотные предыскажения. При этом на выходе фильтров появляются выбросы напряжения, соответствующие резким перепадам напряжения входных сигналов (рис. 4.7, г).

Коммутатор К последовательно, от строки к строке, подключает к своему выходу то один, то другой фильтр Ф7. В результате на выходе коммутатора сигналы D'R и D'B чередуются между собой.

Фильтр Ф2 ограничивает спектры сигналов до 1,5 МГц (устраняются высокочастотные составляющие сигналов D'R и D'& которые несут информацию о мелких деталях изображения).

Ограничитель О «срезает» вершины выбросов напряжения, которые возникли в результате низкочастотных предыскажений (на рис. 4.7, г уровни ограничения показаны пунктирными линиями).

Частотный модулятор ЧМ формирует сигналы цветности ECR и Есв. При поступлении на вход модулятора сигнала D'R вырабатывается частотно-

модулированный сигнал, частота поднесущей которого равна 4,4 МГц. При поступлении на вход модулятора сигнала Ь'в на его выходе получается частотно-модулированный сигнал с частотой под-несущей, равной 4,25 МГц. Фильтр ФЗ — фильтр высокочастотных предыскажений. Частотно-модулированный сигнал, прошедший фильтр ФЗ, приобретает дополнительно к частотной модуляции и изменения амплитуды сигнала (рис. 4,7 д). Это объясняется видом АЧХ фильтра ФЗ (рис. 4.4, б): при отклонении частоты сигнала от частоты настройки фильтра уровень сигнала на выходе возрастает.
Коммутатор фазы КФ изменяет начальную фазу сигнала цветности от строки к строке по определенному закону. Коммутация фазы и закон ее изменения выбирается, исходя из ослабления заметности сигналов цветности на экране ТВ-приемника, которые проникают как помехи в канал яркости приемного устройства.
Канал яркости. Сумматор S7 к сигналу яркости (в промежутках между передачей его в строках) добавляет синхросигналы, управляющие работой всех устройств ТВ-приемника.
Линия задержки ЛЗ выравнивает задержки сигналов в каналах яркости и цветности и тем самым обеспечивает их одновременное появление на выходе КУ. Дело в том, что для прохождения радиотехнической цепи или устройства сигналу требуется определенное время tj. Это время может быть примерно оценено как τЗ = $1/\Delta F$, где ΔF — полоса пропускания цепи. (Под полосой пропускания ΔF понимается ширина интервала частот, в которой значение АЧХ цепи не менее чем 0,7 от максимальной величины.) Полоса пропускания канала яркости равна 6 МГц, а канала цветности — 3 МГц, поэтому времена прохождения сигналами этих каналов оказываются различными. Для их выравнивания и ставится линия задержки.
Корректор Кр ослабляет составляющие сигнала в окрестностях частоты 4,28 МГц так, чтобы их уровень не превышал одной десятой уровня составляющих этого сигнала на низких частотах. В этом «окне» будут размещаться сигналы цветности.
Сумматор $\sum^2$ складывает сигналы с выхода канала яркости и цветности. На выходе этого сумматора получается полный цветной телевизионный сигнал.
Контрольные вопросы
Как воспроизводится на экране ТВ-приемника испытательный сигнал «вертикальные цветные Полосы»?
Изобразить сигналы основных цветов и сигнал яркости, входящий в состав испытательного сигнала «вертикальные цветные полосы».
Нарисовать цветоразностные сигналы е r.y, ев-у испытательного сигнала.
Нарисовать функциональную схему канала яркости кодирующего устройства. Объяснить назначение элементов этого устройства.
Нарисовать функциональную схему канала цветности кодирующего устройства. Объяснить назначение элементов этого устройства.
4.2.3. Полный цветной телевизионный сигнал
Полный цветной телевизионный сигнал (ПЦТС) состоит из сигналов первого и второго поля. В состав сигналов каждого поля входят:
сигналы изображения;

гасящие импульсы строк и полей;
синхроимпульсы строк и полей;
сигналы цветовой синхронизации;
специальные сигналы, передающие информацию телетекста и сигналы, управляющие работой видеомагнитофона.

Сигналы изображения — это сигналы яркости и цветности (рис. 4.8, в). В нечетных строках к сигналу яркости добавляется «красный» сигнал цветности, в четных строках к сигналу яркости замешивается «синий» сигнал цветности. Размах сигнала яркости от уровня белого до уровня черного принят за эталон измерения размаха других сигналов. Размах сигналов цветности 60—20 % от максимального размаха сигнала яркости. Длительность сигнала изображения (длительность активной части строки) — 52 мкс.

Гасящие импульсы служат для привязки начального уровня ПЦТС к фиксированному уровню в местах их расположения (рис. 4.8, в) Вершины этих импульсов образуют как бы «площадки» в ПЦТС, где размещаются сигналы, синхронизирующие работу устройств ТВ приемника и ряд других специальных сигналов. Уровень гасящих импульсов (вершин импульсов) принимается в телевидении за начальный (нулевой) уровень, относительно которого отсчитываются все другие уровни ПЦТС.

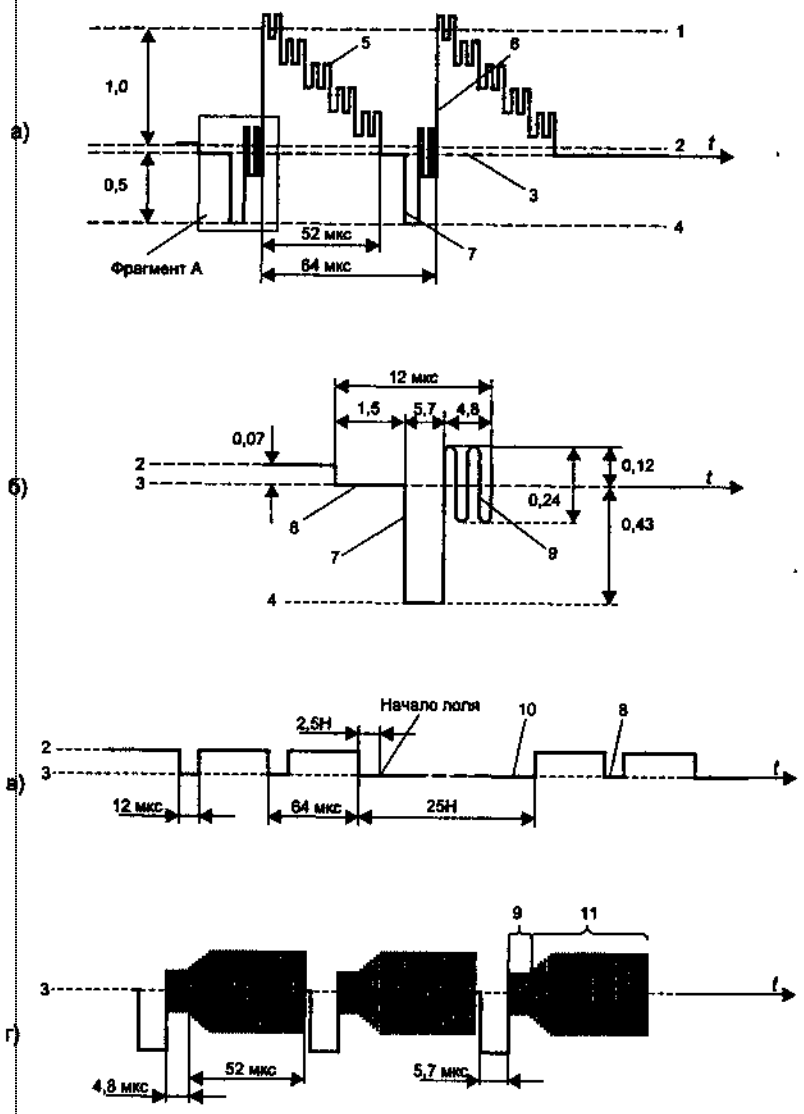


Рис. 4.8. Выходные сигналы кодирующего устройства: *а* — сигналы, передаваемые в течение строки; *б* — сигналы, передаваемые за время пассивной части строки (фрагмент А рис. 4.8, *а*); *в* — гасящие импульсы строк и полей; *г* — сигналы цветовой синхронизации; 1 — уровень белого, 2 — уровень черного, 3 — уровень гашения, 4 — уровень синхроимпульсов, 5 — сигнал цветности, 6 — сигнал яркости, 7 — синхроимпульс строки, 8 — гасящий импульс строки, 9 — «вспышка», 10 — гасящий импульс поля, 11 — импульс цветовой синхронизации

Гасящие импульсы бывают двух видов: гасящие импульсы строк и гасящие импульсы полей. Амплитуда этих импульсов (от уровня черного до уровня гашения) равна 7 % максимального размаха сигналов яркости. Гасящие импульсы строк разделяют сигналы изображения. Их длительность равна 12 мкс. Гасящие импульсы полей располагаются в начале каждого поля, начинаясь за 2,5 строки до момента начала поля. Их длительность равна длительности 25 строк,

Синхроимпульсы строк и полей предназначены для работы устройств строчной и кадровой

развертки. Синхроимпульсы строк (рис. 4.8, б) располагаются на гасящих импульсах строк. Их длительность равна 4,7 мкс, а амплитуда составляет 43 % от максимального размаха сигнала яркости.

Синхроимпульсы полей вместе со вспомогательными импульсами (уравнивающими импульсами, обеспечивающими устойчивость синхронизации развертки по полям) имеют длительность семь с половиной строк и размещаются на гасящем импульсе поля с момента его начала (рис. 4.8, в). Амплитуда синхроимпульса и уравнивающих импульсов такая же, как и у синхроимпульсов строк.

Сигналы цветовой синхронизации предназначены для опознавания вида строки («красная» или «синяя» строка). Эти сигналы бывают двух типов. «Вспышка» — радиоимпульс длительностью 4,8 мкс, размещаемый на гасящем импульсе строк за синхроимпульсом строки (рис. 4.8, б). Частота заполнения «вспышек» в «красных» строках равна 4,4 МГц, а «вспышек» в «синих» строках — 4,25 МГц. Полный размах сигнала вспышка составляет 24—30 % от максимального размаха сигнала яркости.

Сигналы цветовой синхронизации второго типа — это серия из девяти радиоимпульсов, располагаемых на гасящих импульсах полей (рис. 4.8, г). Длительность каждого импульса равна длительности активной части строки. Частота заполнения импульсов «красной» строки (нечетной) равна 4,8 МГц, «синей» строки — 3,9 МГц. Форма импульсов — трапецеидальная. Полный размах сигналов — 35 и 30 % (от максимального размаха сигнала яркости) для «красной» и «синей» строк соответственно. Импульсы «красных» и «синих» строк чередуются между собой от строки к строке. Место расположения всех описанных сигналов в структуре ПЦТС за один кадр приведено в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Сигнал	Сигналы изображ	Импульсы	Синхроимпульсы	Импульсы	Сигналы телетекс
1 поле	Со второй половин	Со второй половин	Со второй половин	С начала 7-й строки	С начала 17-й строки
2 поле	С начала 336-й строки	С начала 311-й строки	С начала 31 1-й строки	С начала 320-й строки	С начала 330-й строки

Контрольные вопросы

Изобразите фрагмент ПЦТС «вертикальные цветные полосы» за время, равное длительности одной строки.

Для чего предназначены сигналы цветовой синхронизации? Какие типы этих сигналов вы знаете?

Нарисуйте сигналы цветовой синхронизации, передаваемые во время об ратного хода развертки по полю.

4.2.4. Функциональная схема декодирующего устройства

Декодирующее устройство (ДУ) входит в состав приемного устройства. Оно выполняет две функции: выделяет из ПЦТС сигналы яркости Еу и цветности Ес, преобразует сигналы Ес в три цветоразностных сигнала ER-Y, EG-Y, EB-Y.

Декодирующее устройство (рис. 4.9) состоит из канала яркости, канала цветности и системы цветовой синхронизации (ЦС).

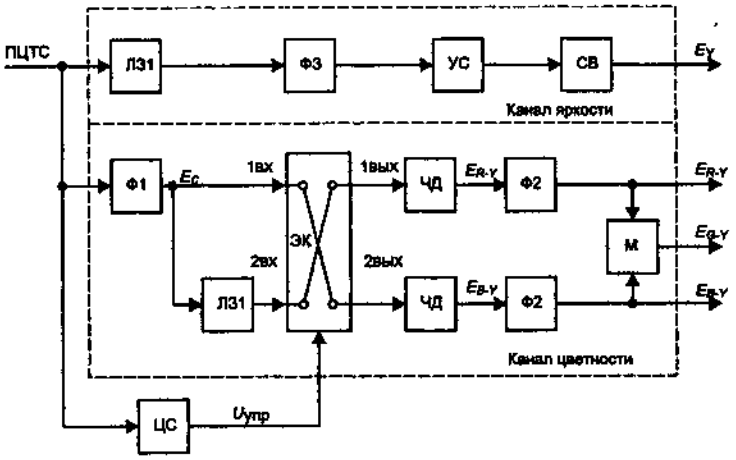


Рис. 4.9. Упрощенная функциональная схема декодирующего устройства: Ф1, Ф2, Ф3 — фильтры; Л31, Л32 — линии задержки; ЭК — электронный коммутатор; ЧД — частотный детектор; М — матрица; ЦС — система цветовой синхронизации; УС — усилитель; СВ — схема восстановления постоянной составляющей сигнала E_Y

Канал цветности. Канал цветности предназначен для выделения из ПЦТС сигналов цветности и преобразования их в три цветоразностных сигнала.

Фильтр Ф1 выделяет сигналы цветности из ПЦТС и устраняет высокочастотные предыскажения в этом сигнале. (Фильтр компенсации высокочастотных предыскажений.) Амплитуда сигналов на выходе фильтра после компенсации высокочастотных предыскажений не изменяется во времени.

Электронный коммутатор совместно с линией задержки Л31 разделяет чередующиеся друг с другом «красные» и «синие» сигналы цветности и направляет их в соответствующие устройства обработки. ЭК имеет два входа и два выхода. На первый вход коммутатора сигналы поступают непосредственно с фильтра Ф1, а на второй- сигналы поступают непосредственно с фильтра Ф1, а на второй — через линию задержки, задерживающую сигнал на время, равное длительности строки. В итоге на входах ЭК одновременно оказываются два разных сигнала (на одном — «красный» сигнал цветности, на другом — «синий»). Каждую строку коммутатор соединяет свои входы с выходами таким образом, что «красные» сигналы цветности всегда поступают на первый выход, а «синие» — на второй выход. (Во время «красных» строк первый вход соединяется с первым выходом, а второй вход — со вторым выходом. Во время «синих» строк первый вход соединяется со вторым выходом, а второй вход — с первым выходом.) Тем самым осуществляется разделение сигналов цветности. Управление работой коммутатора осуществляется системой цветовой синхронизации.

Частотные детекторы ЧД преобразуют сигналы цветности в цветоразностные сигналы. На выходе ЧД1 формируется сигнал ER_Y, а на выходе ЧД2 - EB-Y. Фильтры Ф2 устраняют низкочастотные предыскажения цвето-раз-ностных сигналов.

С помощью матрицы М из двух сигналов ER.Y и EB.Y формируется «зеленый» цветоразностный сигнал EG.Y в соответствии с выражением (4.8).

Канал яркости. Канал яркости предназначен для выделения сигнала яркости из ПЦТС.

Линия задержки ЛЗ выравнивает задержки сигналов в каналах яркости и цветности.
Режекторный фильтр ФЗ устраняет сигналы цветности в ПЦТС, поступившем на вход канала яркости. Таким образом, на выходе фильтра остается сигнал яркости с ослабленными спектральными составляющими в том месте, где располагался спектр сигналов цветности.
Схема восстановления постоянной составляющей сигнала Ег Сигнал яркости Еу — это однополярный сигнал, имеющий в своем составе постоянную составляющую EY (рис. 4.10, а). Проходя через последовательно соединенные функциональные элементы канала яркости (например усилители), соединенные разделительными конденсаторами Ср, составляющая сигнала EY не пропускается этими емкостями к выходу канала. В результате сигнал E'Y= EY- EY оказывается непригодным4 для дальнейшего ^использования (сигнал как бы «проседает» на величину напряжения EY) (рис. 4.10, б). Поэтому невыходе канала необходимо восстановить утраченную составляющую EY.
Схема восстановления постоянной составляющей (рис. 4.11) работает следующим образом.

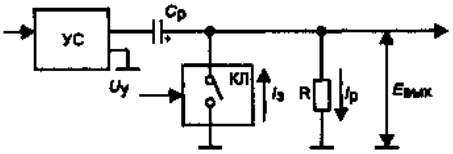


Рис. 4.11. Схема восстановления постоянной составляющей сигнала яркости: УС — усилитель; КЛ — ключ

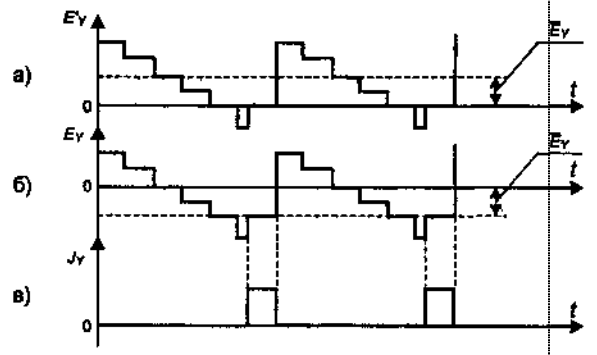


Рис. 4.10. К пояснению работы схемы восстановления остоянной составляющей

В момент прихода управляющего импульса Uy ключ КЛ замыкается. Временное положение импульса Uy соответствует задней площадке гасящего импульса полного телевизионного сигнала (рис. 4.10, в). В этот интервал времени конденсатор СР заряжается током /З через замкнутый ключ до напряжения, приложенного к его левой обкладке и равного EY. По окончании импульса Uy ключ размыкается и емкость Ср разряжается. Ток разряда конденсатора /Р протекает по цепи; правая обкладка конденсатора Ср -» сопротивление R -> корпус -> внутреннее сопротивление усилителя УС -» левая обкладка СР. Величина сопротивления R выбирается значительно больше величины внутреннего сопротивления усилителя, а постоянная времени разряда емкости τ р = RCP должна намного превышать длительность строки. При выполнении этих условий на сопротивлении R вовремя разрдца емкости образуется постоянное напряжение, равное Еу которое складывается с напряжением E'Y, передаваемым через конденсатор СР. В итоге в течение активной части строки на выходе схемы образуется напряжение

$$E_{ВЫХ} = \overline{E}_Y + E'_Y = \overline{E}_Y + \left(E_Y - \overline{E}_Y\right) = E_Y$$

т. е. в выходном напряжении восстанавливается утерянная постоянная составляющая.
Система цветовой синхронизации. Система цветовой синхронизации предназначена для управления работой коммутатора в декодирующем устройстве. Она определяет вид строки ПЦТС («красная» или «синяя») j

поступающей в данный момент времени в декодирующее устройство, и в соответствии с этим подсоединяет входы коммутатора к тому или иному выходу коммутатора.
В зависимости от сигналов, по которым работает схема ЦС, эти системы бывают двух видов. Условно назовем их системой цветовой синхронизации первого вида, системой цветовой синхронизации второго вида.
Функциональная схема системы ЦС первого вида приведена на рис. 4.12.
Система работает по сигналам цветовой синхронизации, которые передаются во время обратного хода развертки по полю (рис. 4.13, а и рис. 4.8, г).
Фильтр Ф1 пропускает на свой выход из последовательности девяти сигналов цветовой синхронизации только сигналы синхронизации «красной» строки U{ (настроен на частоту 4,8 МГц) (рис. 4.13, б).
Фильтр Ф2 выделяет на своем выходе сигналы синхронизации «синей» строки U2 (настроен на частоту 3,9 МГц) (рис. 4.13, в).
Линия задержки ЛЗ задерживает сигналы синхронизации синей строки на время, равное длительности строки (рис. 4.13, г). Таким образом, сигналы синхронизации «красной» и «синей» строк появляются одновременно на J и 2 входах схемы И (рис. 4.13, б и рис. 4.13, г). Схема И — схема совпадения, имеет три входа и один выход. На 3 в*од схемы поступаем импульс обратного хода по полям U4, который формируется в устройстве кадровой развертки ТВ-приемника. На выходе схемы И вырабатывается импульс U5 только в том случае, когда на все три входа одновременно поступят сигналы. За время передачи одного поля на выходе схемы И появляются четыре импульса (рис. 4.13, ё). Эти импульсы совпадают с моментами поступления на вход схемы ЦС сигналов синхронизации «красной» строки. Сигналы на выходе схемы И называются установочными. Описанная система формирования установочных сигналов позволяет исключить срабатывание системы ЦС от случайных помех.
Триггер системы ЦС предназначен для управления работой электронного коммутатора декодирующего устройства. Триггер — это схема с двумя устойчивыми состояниями. Триггер имеет два выхода — прямой и инверсный и несколько входов (в зависимости от вида триггера). Когда потенциал на прямом выходе высокий, то говорят, что триггер находится в состоянии 1. Когда низкий — говорят, что триггер находится в состоянии 0.
По инверсному выходу состояние триггера обратно состоянию по прямому выходу.
В системе ЦС триггер управляется по двум входам: установочному S и синхронному С. При подаче на синхровход импульса напряжения триггер меняет свое состояние на обратное. При подаче импульса на S-вход триггер устанавливается в состояние «1» независимо от того, в каком состоянии он перед этим находился. На синхровход триггера в системе ЦС поступают синхроимпульсы строк (ССИ) из устройства синхронизации ТВ-приемника. На установочный вход подаются сигналы с выхода схемы И. Следовательно, в момент поступления «красного» сигнала цветовой синхронизации триггер всегда принимает состояние «1», с которого и начинается последовательная смена состояний триггера по приходу импульсов синхронизации.
Тг управляет работой электронного коммутатора следующим образом. Прямой

выход триггера соединен с управляющим входом коммутатора. Когда Тг находится в состоянии «1», то первый вход коммутатора соединяется с его первым выходом, а второй вход — со вторым выходом (рис. 4.9) Когда Тг находится в состоянии «О», то первый вход коммутатора подсоединяется ко второму выходу, а второй вход — к первому выходу. Проследив (по рис. 4.13) соответствие входных сигналов коммутатора и импульсов управления, нетрудно заметить, что на первом выходе коммутатора оказываются только «красные» строки сигнала цветности, а на втором «синие» строки.

Недостаток рассмотренной системы цветовой синхронизации в том, что если во время работы произойдет сбой работы триггера (триггер оказывается в состоянии «1», тогда как его состояние должно быть «О»), то нормальная работа коммутатора нарушается. (На первый выход начнут поступать «синие» строки, а на второй — «красные».) Это состояние будет продолжаться до конца передаваемого поля, пока со схемы И не придут новые установочные сигналы.

Функциональная схема системы ЦС второго вида приведена на рис. 4.14. Система работает по сигналам «вспышка» (рис. 4.15, а).

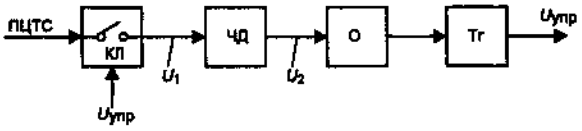


Рис. 4.14. Упрощенная функциональная схема системы цветовой синхронизации второго вида: КЛ — ключ; ЧД — частотный детектор; Тг — триггер; О — ограничитель

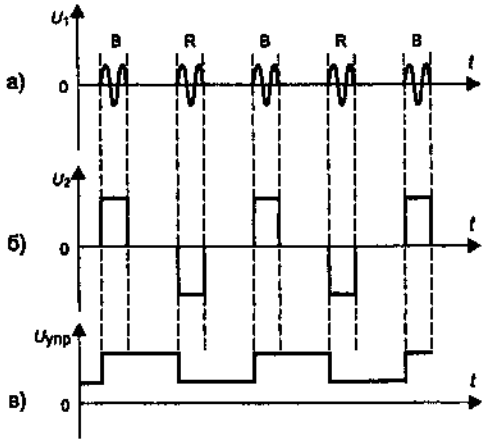


Рис. 4.15. Эпюры сигналов в системе цветовой синхронизации второго вида: U_1 — «вспышки»; U_2 — напряжение на выходе ЧД; $U_{УПР}$ — выходное напряжение схемы ЦС

Ключ Кл выделяет из входного сигнала ПЦТС сигналы «вспышка» (когда на входе ключа действует сигнал «вспышка», ключ замыкается, в остальное время ключ разомкнут). Частотный детектор преобразует импульсы сигналов «вспышка» в видеоимпульсы положительной или отрицательной полярности в зависимости от частоты заполнения сигналов «вспышка». При поступлении на вход ЧД «красной вспышки» (частота заполнения сигнала 4,4 МГц) на выходе детектора появляется импульс положительной полярности. При поступлении «синей вспышки» (частота заполнения сигнала 4,25 МГц) на выходе ЧД образуется импульс отрицательной полярности (рис. 4.15, б). Ограничитель О не пропускает на свой выход импульсы отрицательной полярности. Таким образом, оказывается, что на установочный вход триггера Тг приходят импульсы только в «красные» строки ПЦТС.

Триггер ТГ предназначен для управления работой электронного коммутатора декодирующего устройства (Аналогичен триггеру системы цветовой

синхронизации первого вида.)
Управление работой электронного коммутатора декодирующего устройства такое же, как в системе первого вида.
Контрольные вопросы
Для чего предназначено декодирующее устройство?
Нарисовать функциональную схему канала цветности. Объяснить ее ра боту.
Нарисовать функциональную схему канала яркости. Объяснить ее работу.
Для чего предназначена система цветовой синхронизации?
По каким сигналам работает система цветовой синхронизации?
Нарисовать функциональную схему системы цветовой синхронизации первого вида. Объяснить ее работу.
Нарисовать функциональную схему системы цветовой синхронизации втр - рого вида. Объяснить ее работу.
4.2.5. Достоинства и недостатки системы SECAM
Достоинства и недостатки системы связаны с ее особенностями — принципом последовательной передачи сигналов цветности и применением частотной модуляции.
Достоинства
Поскольку сигналы цветности передаются в разные строки, в системе SECAM исключены перекрестные искажения между этими сигналами.
Использование частотной модуляции при передаче сигналов цветности позволило обеспечить высокую помехоустойчивость системы.
Недостатки
Система подвержена перекрестным искажениям между канала ми яркости и цветности. Качественное разделение сигналов яркости и цветности затруднено из-за использования частотной модуляции.
Принцип последовательной передачи сигналов цветности ухудшает цветовую четкость изображения.

4.3. Принципы построения системы NTSC

Название системы соответствует аббревиатуре национального комитета телевизионных систем США. В системе NTSC изображение передается тремя сигналами: сигналом яркости EY и двумя сигналами цветности. Системе присущи две особенности: одновременная передача сигналов цветности каждую строку и использование цветоразностных сигналов Et и EQ, отличных от ER-Y, EB-Y.
4.3.1. Сигналы цветности и цветоразностные сигналы в системе NTSC
Понятие об амплитудной модуляции. Под амплитудной модуляцией АМ

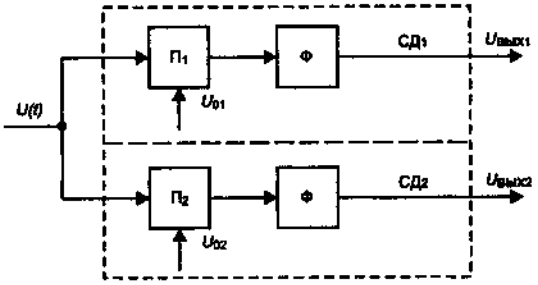


Рис. 4.17. Функциональная схема квадратурного демодулятора: $П_1$, $П_2$ — перемножители; Ф — фильтр

понимается изменение амплитуды гармонического сигнала в соответствии с изменением величины модулирующего сигнала. При этом частота и начальная фаза гармонического сигнала остаются постоянными. Амплитудная модуляция осуществляется в устройстве, называемом амплитудным модулятором. Сигнал на выходе модулятора может быть записан как $A(t)Cos(\omega_0 t+\varphi)$, где A(t) — амплитуда сигнала, изменяющаяся во времени, оо0, ф — частота и начальная фаза поднесущего колебания.

Спектр сигнала с амплитудной модуляцией состоит из трех составляющих: верхней боковой ВБ, нижней боковой НБ и расположенной между ними гармонической составляющей с

$$\cos\alpha\cos\beta = l/2c0os(\alpha - \beta) + l/2cos(\alpha + \beta),$$
$$\cos\alpha\sin\beta = l/2sin(\alpha - \beta) + l/2sin(\alpha + \beta),$$
$$\sin\alpha\sin\beta = l/2c0os(\alpha - \beta) + l/2cos(\alpha + \beta),$$

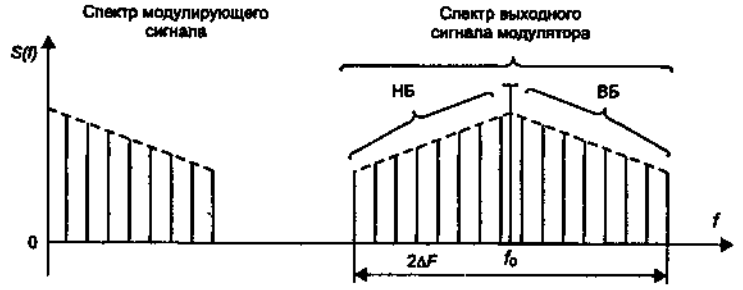


Рис. 4.16. Спектры модулирующего сигнала и сигнала с АМ

частотой fQ. Форма спектра ВБ составляющей подобна форме спектра модулирующего сигнала, а НБ — зеркальное отображение верхней боковой относительно частоты (рис. 4.16).

Квадратурная модуляция. Квадратурный демодулятор. Квадратурная модуляция (КМ) позволяет передать два разных сообщения сигнала ми с АМ, имеющих одинаковую частоту поднесущего,колебания. Для этого:

Начальные фазы поднесущих каждого АМ-сигнала сдвигают относительно друг друга на π /2. (Например, для первого колебания принимают ф = 0, а для второго ф = π /2.)

Суммируют оба АМ-сигнала. Тогда сигнал на выходе квадратурного модулятора записывается в виде

$$U(t) = A(t)Cos(\omega_0 t) + B(t)Cos(\omega_0 t + \pi/2) = A(t)Cos(\omega_0 t) + B(t)Sin(\omega_0 t)$$

Сигналы $A(t)Cos(\omega_0 t)$ и $B(t)Sin(\omega_0 t)$ входящие в состав U(t) носят название квадратурных сигналов.

В приемном устройстве сигнал U(t) демодулируется с помощью квадратурного демодулятора, состоящего из двух синхронных детекторов (рис. 4.17).

Каждый синхронный детектор СД состоит из перемножителя П, и фильтра Ф. На один вход перемножителя подается входной сигнал, на другой — опорный U0.

Частота и фаза опорного сигнала UQl в СД1 должны быть равны частоте и фазе поднесущей первого квадратурного сигнала; частота и фаза опорного сигнала U02 — частоте и фазе поднесущей второго квадратурного сигнала в СД2. Для нашего примера UQl ~ cos(co0/), а £/02 = sin(co0/). Работу

синхронного детектора можно понять, если вспомнить известные тригонометрические формулы

В нашем случае $\alpha = \beta = \omega_0 t$ Учитывая выражения для U(t), (£01, £/02, а также (4.10), на выходах перемножителей Щ и /Г2 напряжения можно записать

U1 (t)= A(t)/2 + (A(t)/2)cos(2ω0t) + B(t) cos(2ω0t);

U2 (t)= B(t)/2 + (B(t)/2)cos(2ω0t)+ A(t)cos(2ω0t)(4.11)

Составляющие с частотами 2ω0 не пропускаются на выход СД фильтрами Ф, поэтому напряжение на входе СД1 записывается как UBUXl(t) = A(t)/2, а на выходе СД2 — Uвых2(t) = B(t)/2. Таким образом, напряжения на выходах демодулятора оказываются пропорциональными изменениям амплитуд квадратурных сигналов.

В системе NTSC модулирующими сигналами являются цветоразно-стные сигналы, а квадратурными сигналами — сигналы цветности. В системе отводится сравнительно небольшая полоса частот для передачи изображения (4,2 МГц). В связи с этим ограничивается и ширина спектров сигналов цветности, которые так же, как и в системе SECAM, «вкладываются» в спектр яркостного сигнала. Уменьшение ширины спектра сигналов цветности приводит к ухудшению цветовой четкости изображения. Улучшить цветовую четкость изображения при ограниченной ширине спектров сигналов цветности можно путем использования АМ-сигналов с одной боковой полосой (ОБП).

Сигналы с ОБП. При использовании сигналов с АМ информацию можно передать с помощью одной боковой полосы спектра сигнала. Применение сигналов с ОБП позволяет вдвое сократить полосу частот, занимаемую сигналом, либо при фиксированной ширине частотного интервала, отводимого для передачи информации, увеличить вдвое ширину спектра модулирующего сигнала.

На практике обычно вторая боковая полоса подавляется лишь частично: от нее остается часть спектральных составляющих, примыкающих к частоте поднесущей (рис. 4.18, а). Такие сигналы называются сигналами с частично подавленной боковой полосой.

Однако использование сигналов с ОБП в системах с квадратурной модуляцией наталкивается на серьезные трудности. Это объясняется высокой чувствительностью таких систем к фазовым искажениям сигналов. Фазовые искажения приводят к появлению помех при приеме сигналов с КМ и искажению передаваемой информации.

Под фазовыми искажениями понимается изменение начальной фазы сигнала. Такие искажения могут возникнуть при прохождении сигнала через радиотехнические цепи (контура, фильтры и т. п.), при воздействии внешних помех в виде электрических колебаний, из-за нарушения подобия формы боковых составляющих спектра АМ-сиг-нала. Фазовые искажения в системах ТВ, где используется КМ, приво дят к появлению помех, к нарушениям цветопередачи изображения. Действительно, предположим, что начальная фаза одного из квадратурных сигналов изменилась на величину ф, т. е. сигнал на входе демодулятора (для рассмотренного выше примера) принял вид

U (t)= A(t)cos(2ω0t+φ) + + B(t) sin(2ω0t);.

Рассуждая как и раньше, можно записать напряжение на выходе СД,
$U_{вых1}(t) = a(t)/2\cos(\varphi)$
а напряжение на выходе СД2 —
$U_{вых2}(t) = B(t)/2 + A(t)\sin(\varphi)$
Откуда видно, что на выходе первого синхронного детектора изменяется величина напряжения, а на выходе второго — появляется дополнительная составляющая, $A(t)\sin(\varphi)$ которая называется перекрестной помехой.
Частичное или полное подавление боковой полосы одного из квадратурных сигналов приводит к тому, что фаза этого сигнала начинает изменяться во времени, что в свою очередь приводит к искажению сигнала на выходе одного из каналов квадратурного детектора и появлению перекрестной помехи в другом канале.

Сигналы цветности и их демодуляция в системе NTSC. В системе NTSC при преобразовании цветоразностных сигналов в сигналы цветности используется квадратурная модуляция. Один квадратурный сигнал передается с частично подавленной верхней боковой полосой, а второй — с двумя «полными» боковыми полосами. Использование сигнала с частично подавленной боковой полосой позволяет при фиксированной полосе частот, отводимой для передачи сигнала, увеличить ширину спектра модулирующего сигнала (цветоразностного сигнала) и тем самым увеличить цветовую четкость изображения. Спектры сигналов цветности в системе NTSC изображены на рис. 4.18, а, д.

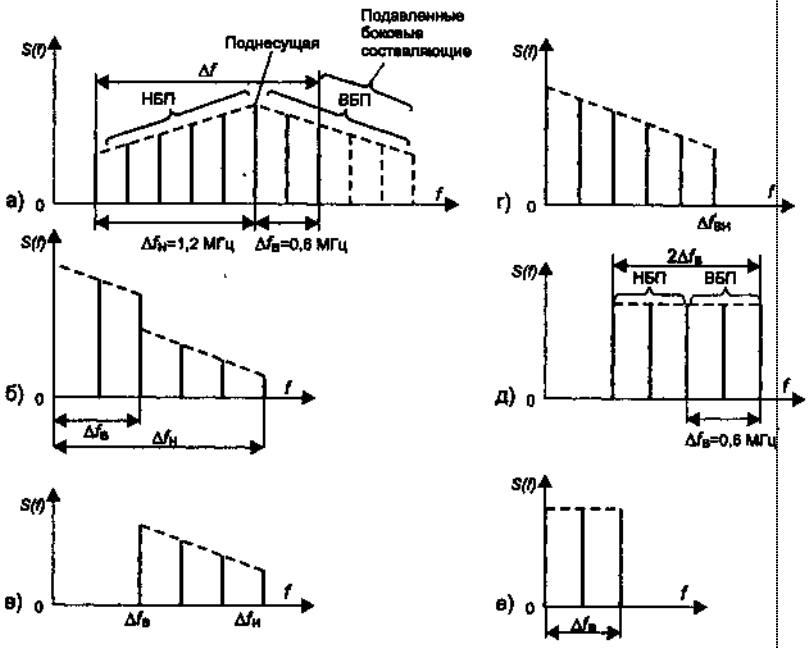


Рис. 4.18. Спектры сигналов на входе и выходах демодулятора в системе NTSC

Один сигнал цветности с частично подавленной боковой полосой (рис. 4.18, а) занимает полосу частот Д/= 1,8 МГц: ширина спектра НБП составляет Δf_H =1,2 МГц, ширина спектра частично подавленной ВВП равна А/в = 0,6 МГц.

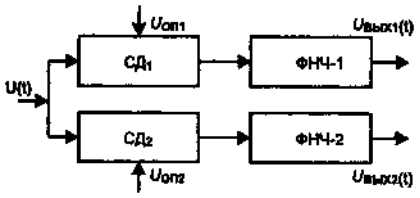


Рис. 4.19. Квадратурный демодулятор системы NTSC: СД$_1$, СД$_2$ — синхронные детекторы; ФНЧ-1, ФНЧ-2 — низкочастотные фильтры

В результате демодуляции такого сигнала на выходе первого квадратурного канала демодулятора появляется цветоразностный сигнал, ширина спектра которого составляет А/н=1,2 МГц (рис. 4.18, б). Форма спектра этого сигнала

отличается от формы спектра модулирующего сигнала (рис. 4.18, г) из-за того, что в сигнале цветности час тично подавлена боковая полоса. Эти искажения формы спектра проявляются в виде подъема низкочастотных составляющих выходного сигнала. Для их устранения к выходу канала подключается низкочастотный фильтр ФНЧ-1 (рис. 4.19)

В результате частичного подавления ВВП на выходе второго канала появляется перекрестная помеха, которая занимает полосу частот от ΔFв до ΔF н (рис. 4.18, в). Для устранения помехи к выходу второго канала демодулятора подключается фильтр ФНЧ-2. Этот фильтр про пускает на свой выход только составляющие спектра, частоты которых лежат в пределах от нулевой частоты до A/Jj.

Постановка фильтра ФНЧ-2 накладывает ограничения на выбор ширины спектра второго цветоразностного сигнала. Действительно, для того чтобы полученный в результате демодуляции второй цветоразностный сигнал (рис. 4.18, ё) без искажений проходил через фильтр ФНЧ-2, ширина его спектра не должна превышать величины ΔF в = 0,6 МГц.

Второй сигнал цветности, передаваемый в системе NTSC, — это сигнал цветности с полными двумя боковыми полосами. Ширина его спектра равна 2ΔFB = 1,2 МГц (рис. 4.18, д). Поскольку это сигнал с двумя боковыми полосами, то при его демодуляции не возникает искажений сигнала и не появляются перекрестные помехи в первом канале.

В целях уменьшения размахов сигналов цветности в каждом из этих сигналов в системе NTSC подавлена поднесущая. Это позволяет снизить непроизводительные затраты мощности сигнала (поднесущая не передает никакой информации) и снизить заметность сигналов цветнос'ти на экране ТВ, когда они как помеха проникают в канал яркости ТВ-приемника.

Цветоразностные сигналы £7и EQ Использование цветоразностных сигналов ER_Y и EB.Y в системе NTSC оказывается малоэффективным. Действительно, положим, что ширина спектра сигнала ER.Y выбрана равной 1,2 МГц, а ширина спектра сигнала EB.Y — 0,6 МГц. Тогда в полосе частот от 0,6 до 1,2 МГц цвет деталей (средних размеров) будет передаваться только сигналом ER_Y (поскольку в этой полосе частот сигнал EB.Y отсутствует) и изображение деталей таких размеров оказывается окрашенным в смесь малиновых и голубых цветов (такие цвета передает сигнал ER_Y). Разрешающая способность человеческого глаза в этих цветах невелика, и заметного увеличения цветовой четкости за счет использования сравнительно широкой полосы сигнала ER,Y не происходит. Результаты будут еще хуже, если в качестве широкополосного сигнала использовать сигнал EB.Y.

При разработке системы NTSC опытным путем были найдены цвета, при которых глаз человека обнаруживает наибольшую разрешающую способность. Эти цвета передаются сигналами E1 и EQ) связанными с сигналами EB_Yn ER_Y соотношениями

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= 0{,}47E_{R-Y} - 0{,}27E_{B-Y} \\ E_Q &= 0{,}48E_{R-Y} + 0{,}41E_{B-Y} \end{aligned}\right\}$$

Сигнал ei передает цвет, образуемый смесью оранжевого и голубого цветов. Выбор сигналов Et и EQ станет более

понятным, если учесть (см. раздел 4.1.6), что детали мелких размеров воспринимаются человеком как черно-белые. Такие детали передаются сигналом Еу. Цвет деталей изображения средних размеров (10—20') воспринимаются человеком как смесь двух цветов — оранжевого и голубого. Для передачи таких деталей нужна полоса частот порядка 1,2 МГц. Такие де- • тали передаются сигналом Ef. Детали больших размеров (для которых j поле зрения трехцветно) передаются сигналами EY, Et и EQ, вместе j взятыми. Для передачи таких деталей каждый из сигналов должен иметь полосу не менее 0,6 МГц. Поэтому полоса частот, отводимая сигналу EQy составляет 0,6 МГц.
Основные параметры сигналов изображения системы NTSC. Ширина спектра сигнала яркости 4,2 МГц (рис. 4.20). Ширина спектра цветоразностного сигнала EQ —- 0,6 МГц. Ширина спектра цветоразностного сигнала Ef — 1,2 МГц.
Квадратурная составляющая цветности ECQ (несущая информацию о сигнале EQ) — сигнал с подавленной несущей и двумя боковыми спектральными составляющими. Ширина спектра сигнала ECQI
1,2 МГц. Частота поднесущей сигнала цветности 3,58 МГц. Вторая квадратурная составляющая сигнала цветности Еа (несущая информацию о сигнале Ef) — сигнал с частично подавленной верхней боковой составляющей спектра и полностью подавленной несущей. Общая ширина спектра сигнала EC11,8 МГц. 1

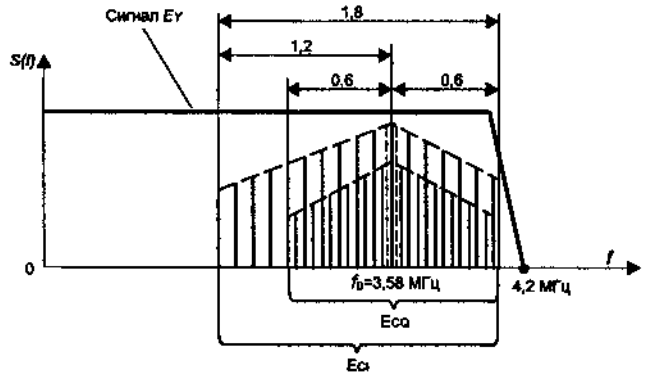


Рис. 4.20. Спектр сигнала изображения системы NTSC

Краткие итоги

использование квадратурной модуляции позволяет одновременно передавать два цветоразностных сигнала;
использование сигналов с ОБП для передачи цветоразностных сигналов позволяет увеличить ширину спектра цветоразностного сигнала; при частичном или полном подавлении одной боковой полосы в сигнале возникают фазовые искажения;
фазовые искажения при использовании КМ приводят к появлению перекрестных помех и искажению сигналов на выходе квадратурного демодулятора;
в системе NTSC используются сигналы цветности с квадратурной модуляцией. В целях увеличения цветовой четкости изображения и минимизации уровня перекрестных помех один квадратурный сигнал выбирается широкополосным с частично подавленной боковой полосой. Второй квадратурный сигнал — это узкополосный сигнал с двумя «полными» боковыми полосами.

Контрольные вопросы
Что такое квадратурная модуляция?
Почему в NTSC используются сигналы с КМ?
Чем привлекательно использование сигналов цветности с ОБП?
Какие проблемы возникают при использовании сигналов цветности с ОБП?

4.3.2. Функциональная схема декодирующего устройства

Декодирующее устройство (рис. 4.21) выделяет из ПЦТС сигналы яркости и цветности, преобразует сигналы цветности в два цветоразностных сигнала E1 и EQ и формирует из них три цветоразностных сигнала EB_Y, ER_Y, EG_Y. Декодирующее устройство состоит из канала яркости, канала цветности и системы цветовой синхронизации. Канал яркости аналогичен подобному каналу декодирующего устройства SECAM.

Канал цветности выделяет из ПЦТС сигналы цветности, демодулирует их и из полученных цветоразностных сигналов формирует сигналы
eb-y> er-y> eg-y-

Фильтр Ф2 выделяет из ПЦТС сигналы цветности.

Квадратурный демодулятор (КД) преобразует сигналы цветности в

$R_{R-Y} = 0{,}96E_1 + 0{,}62E_Q$ цветоразностные сигналы EQ, £,.

$E_{R-Y} = -1{,}11E_1 + 1{,}7E_Q$ Матрица М формирует цветоразностные сигналы EB_Y,

$E_{G-Y} = -0{,}27E_1 - 0{,}65E_Q$ ER_Y, EG.Y. Используются соотношения (4.12), (4.8), из которых следует, что

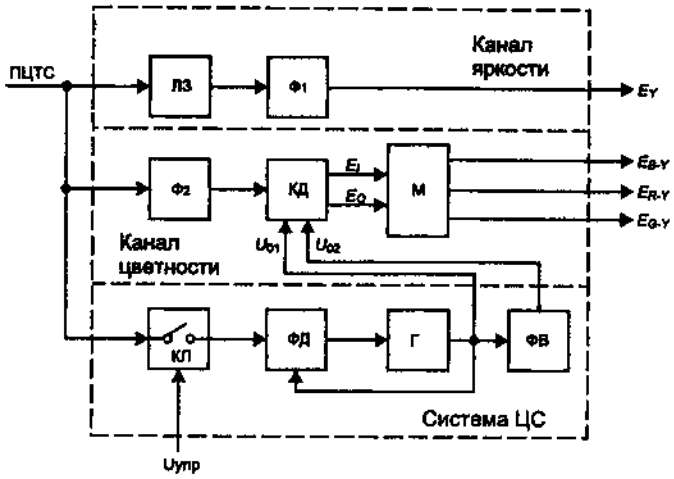


Рис. 4.21. Упрощенная функциональная схема декодирующего устройства NTSC: ЛЗ — линия задержки; КД — квадратурный демодулятор; М — матрица; КЛ — ключ; ФД — фазовый детектор; Г — генератор; ФВ — фазовращатель; $Ф_1$, $Ф_2$ — фильтры

Система цветовой синхронизации формирует опорные напряжения U01 и U02 по частоте и фазе жестко Связанные с подавленной поднесущей сигналов цветности. Система работает по сигналам «вспышка». Частота заполнения этих сигналов — 3,58 МГц. На вход системы поступает сигнал ПЦТС. Ключ Кл замыкается на время передачи сигнала «вспышка» и выделяет из ПЦТС эти сигналы.

Генератор (Г) вырабатывает опорное напряжение UOI.
Фазовый детектор (ФД) сравнивает по частоте и фазе колебания сигналов «вспышка» и генератора. При рассогласовании этих колебаний на выходе ФД образуется напряжение, которое подстраивает колебания генератора под колебания сигнала «вспышка».
Фазовращатель ФВ изменяет начальную фазу колебаний генератора на 90е, в результате образуется опорное напряжение £/02.
Контрольные вопросы
Почему в системе NTSC выбраны цветоразностные сигналы Е/ и £0?
Как сигналы Е/ и eq связаны с сигналами Е.В-у и Ub-y?
Каковы основные параметры сигналов изображения системы NTSC?
Нарисовать схему цветовой синхронизации системы NTSC и объяснить ее рабогу.

4.3.3. Достоинства и недостатки системы NTSC
Достоинства
Одновременная передача двух сигналов цветности.
Высокая помехоустойчивость к шумовым помехам благодаря использованию синхронных детекторов.
Меньшая полоса частот сигналов изображения, чем в системе SECAM.
Сигналы цветности не создают помех при передаче черно-бело го изображения, и сигналы отсутствуют при передаче черно-белого изображения.
Оптимальный выбор цветоразностных сигналов для передачи цвета.
Недостатки
Система чувствительна к фазовым искажениям сигналов цветности.
Меньшая четкость изображения, чем в системе SECAM (меньшая ширина спектра сигнала яркости).
4.4. Принципы построения PAL
4.4.1. Сигналы цветности в системе PAL и их декодирование
Название системы состоит из первых букв немецких слов: «строки с переменной фазой».
Система PAL может рассматриваться как модернизация системы NTSC с целью устранения ее недостатков. В ней также используется квадратурная модуляция с подавленными поднесущими сигналов цветности. Отличие КМ-сигналов в системе PAL заключается в том, что начальная фаза одного из квадратурных сигналов («красного» сигнала цветности) изменяется от строки к строке на 180°. Фаза «синего» сигнала цветности при этом остается неизменной.
Инверсия фазы «красного» сигнала цветности от строки к строке приводит к тому, что искажения сигналов на выходах синхронных детекторов и перекрестные помехи, вызванные фазовыми искажениями, оказываются одинаковыми в соседних строках по форме, но с разными знаками. Следовательно, они могут быть скомпенсированы, если перед СД или после

него сложить сигналы двух соседних строк.
В системе PAL используются также, как в системе SECAM, цветоразностные сигналы ER_Y и EB.Y-
Функциональная схема декодирующего устройства. Функциональная схема декодирующего устройства системы PAL изображена на рис. 4.22.

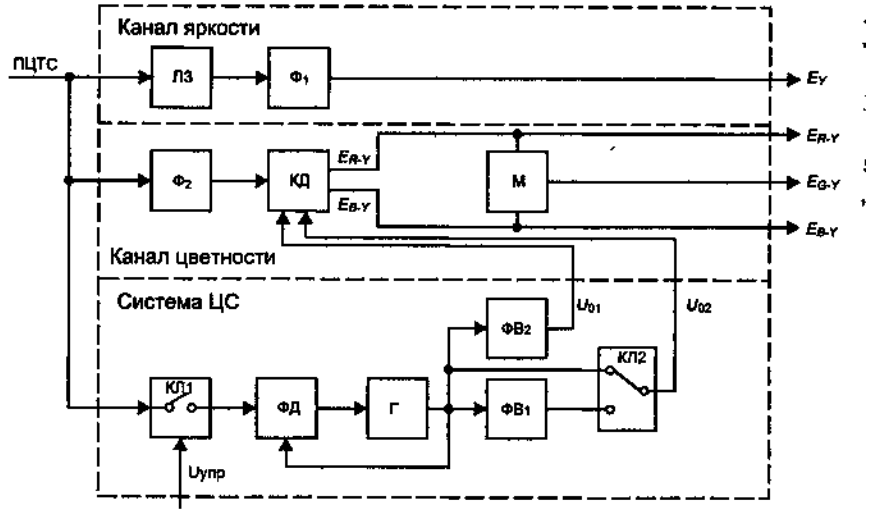


Рис. 4.22. Упрощенная функциональная схема декодирующего устройства PAL: ЛЗ — линия задержки; КД — квадратурный демодулятор; М — матрица; КЛ — ключи; ФД — фазовый детектор; Г — генератор; $ФВ_1$, $ФВ_2$ — фазовращатели; $Ф_1$ — фильтр

Назначение и состав декодирующего устройству системы PAL (рис. 4.21) такое же, как и декодирующего устройства в системе NTSC. Отличие — в структуре квадратурного демодулятора и системе цветовой синхронизации.
Квадратурный демодулятор (рис. 4.23) состоит из двух каналов: канала «синего» цветоразностного сигнала и канала «красного» цветоразностного сигнала.
Сумматор I, предназначен для сложения прямого и задержанного сигналов цветности. С выхода сумматора снимается «синий» сигнал цветности («красный» сигнал цветности оказывается скомпенсированным, поскольку в соседних строках его фаза противоположна).
Линия задержки ЛЗ задерживает сигнал на время одной строки. Синхронный детектор СД\ преобразует «синий» сигнал цветности в «синий» цветоразностный сигнал EB_Y.

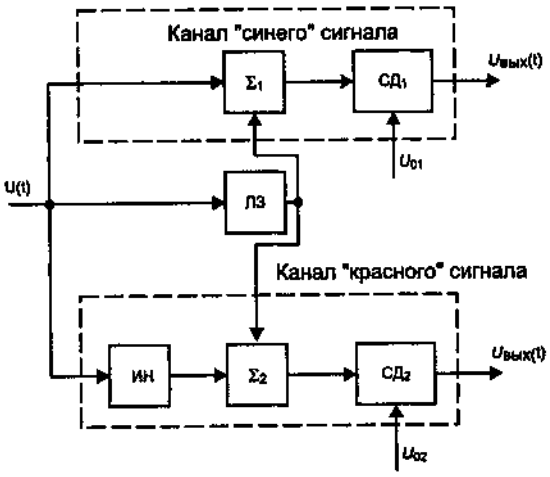


Рис. 4.23. Функциональная схема квадратурного демодулятора КД PAL: $Σ_1$, $Σ_2$ — сумматоры; ЛЗ — линия задержки; ИН — инвертор; $СД_1$, $СД_2$ — синхронные детекторы

Инвертор ИН — перед сложением прямого и задержанного «красного» сигнала цветности необходимо инвертировать фазу прямого на 180°. Иначе «красные» сигналы цветности на выходе Е2 окажутся в противофазе и при сложении

компенсируют друг друга.
Сумматор Х2 складывает задержанные и инвертированные сигналы цветности. С выхода сумматора снимается «красный» сигнал цветности («синие» сигналы компенсируют друг друга, поскольку их фазы перед сложением оказываются противоположными). Синхронный детектор СД2 преобразует «красный» сигнал цветности в «красный» цветоразностный сигнал ER.Y.
Система цветовой синхронизации (рис. 4.22) формирует опорные напряжения U01 и U02 для синхронных детекторов демодулятора (рис. 4.23).
Так же, как и в NTSC, система ЦС работает по сигналам «вспышка». Генератор Г вырабатывает колебание, из которого создаются опорные напряжения. Принцип синхронизации этого генератора сигналами «вспышка», структурная схема системы ФАП аналогичны подобному устройству системы NTSC.
Ключ КЛ2 и фазовращатель ФВ-1 формируют опорное напряжение U02, начальная фаза которого должна изменяться от строки к строке на 180°, поскольку фаза входного напряжения СД2 изменяется подобным же образом. Ключ имеет два входа и один выход. На первый вход ключа напряжение поступает непосредственно от генератора, а на второй — через фазовращатель ФВ-1 изменяющий начальную фазу колебаний на 180°. Ключ попеременно, от строки к строке, переключает свои входы.
Фазовращатель ФВ-2 формирует опорное напряжение U01, сдвигая начальную фазу поступающих на него колебаний на 90°.
Передача сигналов цветности с одной боковой полосой. Использование квадратурной модуляции с инверсией фазы «красного» цветоразностного сигнала от строки к строке устраняет чувствительность системы к фазовым искажениям сигналов. Это позволяет использовать сигналы цветности с одной боковой полосой и, следовательно, улучшить цветовую четкость изображения.

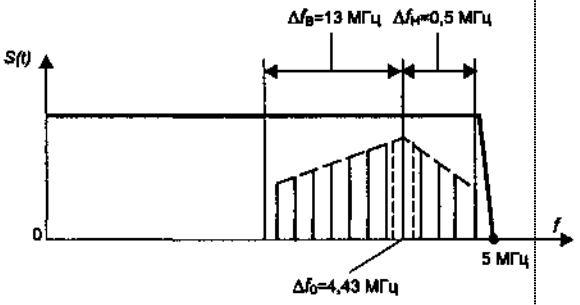


Рис 4 24. Спектр сигнала изображения системы PAL

Основные параметры сигналов изображения системы PAL. Существует несколько стандартов этой системы. В наиболее распространенном европейском стандарте сигнал ПЦТС занимает полосу до 5 МГц (рис. 4.24). Ширина спектров цветоразностных сигналов ER_Y и EB.Y, используемых в системе PAL, составляет 1,3 МГц. Частота поднесу-щей сигнала цветности равна 4,43 МГц. Квадратурные составляющие сигнала цветности (ECR и Есв) — сигналы с частично подавленной верхней боковой полосой. Ширина спектра каждого из сигналов ECR и Есв составляет 1,8 МГц.

4.4.2. Достоинства и недостатки системы PAL
Поскольку в системе PAL используется квадратурная модуляция, все достоинства системы NTSC следует отнести к системе PAL.
Модернизация квадратурной модуляции позволила, во-первых, устранить существенный недостаток таких систем — чувствительность к фазовым искажениям сигналов цветности; во-вгорых, использовать

при передаче сигналы цветности с ОБИ.

3 Применение сигналов цветности с ОБП позволяет расширить полосу частот цветоразностных сигналов, а значит, и улучшить цвето-
ВУЮ

4. К недостаткам системы PAL можно отнести большую сложность приемника по сравнению с системой NTSC.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные особенности сигналов цветности в системе PAL?
2. Нарисуйте структурную схему демодулятора сигналов цветности системы
PAL. Объясните ее работу.
3. Нарисуйте схему цветовой синхронизации системы PAL. Объяснить ее работу.
4. Какие достоинства и недостатки системы PAL вы знаете?
5. Что такое сигнал с ОБП? Нарисовать спектр сигнала с АМ и спектр сигнала с ОБП. Сравнить спектры.

5. РАЗВЕРТЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

5.1. Отклонение электронного луча в кинескопах с плоским экраном

Воздействие магнитного поля на движущийся электрон. Во многих ТВ-преобразователях свет-сигнал и сигнал-свет формируется электронный луч, который в процессе работы преобразователя отклоняют от оси преобразователя магнитным полем.

В принципе отклонить электронный луч можно и с помощью электрического поля. Однако электрическое поле в ТВ-преобразователях не используется. Это объясняется двумя основными причинами. Во-первых, при отклонении луча на угол более 30° электронный луч дефокусируется. Во-вторых, на отклоняющие пластины необходимо подавать напряжение, величина которого примерно равна одной трети от напряжения на втором аноде. Для современных кинескопов такое напряжение составило бы величину 6—8 кВ. Это приводит к определенным техническим сложностям и экономически нецелесообразно.

Рассмотрим воздействие магнитного поля на движущийся электрон. Допустим, что по всему объему горловины трубки-преобразователя на участке а создано равномерное магнитное поле (рис. 5.1) (объем, занимаемый этим полем, на рисунке зачернен), а электрон до входа в это поле двигался по оси трубки OO'. На электрон, влетевший в магнитное поле со скоростью V, действует сила Лоренца Гл, равная по величине

$F_Л = eVH\sin\alpha$, (5.1)

где е — заряд электрона, а — угол между векторами Н и V, Н — напряженность магнитного поля.

Вектор FЛ, перпендикулярен плоскости, в которой расположены вектора Н, V, и направлен таким образом, что если смотреть с конца этого вектора, то для совмещения векторов Н и V необходимо повернуть вектор V по часовой стрелке.

Под воздействием силы Лоренца электрон движется по

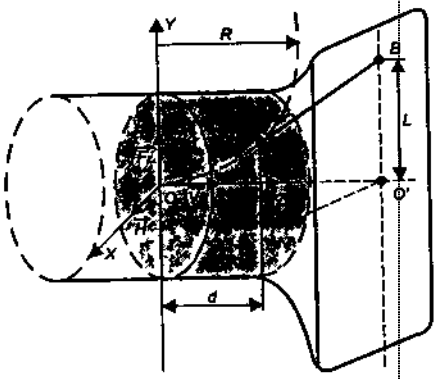


Рис. 5 1. Траектория полета электрона в кинескопе

дуге окружности, радиус R которой равен [3]:
R=mVH/e, (5.2)
где т — масса электрона.
При выходе из магнитного поля (точка А, рис. 5.1) электрон продолжает двигаться со скоростью К по прямой, касающейся окружности в точке выхода. Если изменять величину Я, то, как следует из (5.2), будет изменяться радиус окружности
R и, как следствие, расстояние L от центра экрана и до точки попадания электрона на экран В.
Итак, перемещение луча по экрану трубки можно осуществить с помощью изменения магнитного поля, созданного в горловине трубки.
Особенности отклонения электронного луча в кинескопах с плоским экраном.
Магнитное поле в кинескопах создается двумя парами катушек, надеваемыми на его горловину, по которым протекают отклоняющие токи. Одна пара катушек — строчные отклоняющие катушки (СК) — создает магнитное поле, вектор напряженности которого Яс направлен вертикально. Вторая пара — кадровые отклоняющие катушки (КК) — создает магнитное поле с горизонтально направленным вектором напряженности Як.
Для перемещения луча по экрану кинескопа токи горизонтального Ic и вертикального Iк отклонения изменяют по пилообразному закону (рис. 5.2). При значении тока Ic = IC1 электронный луч находится в одном из крайних положений по горизонтали на экране кинескопа (в левом или правом краю экрана). При изменении тока от IC1 до IC2 луч переместится в другое крайнее положение. Аналогичные перемещения луча по вертикали возникают при изменении тока Iк.

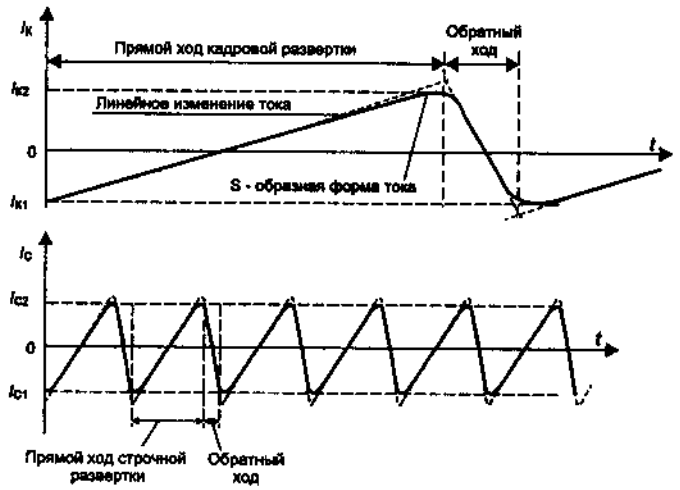


Рис. 5.2. Форма токов, протекающих через отклоняющие катушки

Чтобы осуществить движение луча по плоскому экрану с постоянной горизонтальной (вертикальной) скоростью, закон изменения пилообразного тока во времени должен отличаться от линейного. Это требование вытекает из нелинейной зависимости L(H). Зависимость L(H) можно найти из геометрических посгроений на основе рис. 5.1 и (5.2). Вид функции L(H) приведен на рис. 5.3, б
.

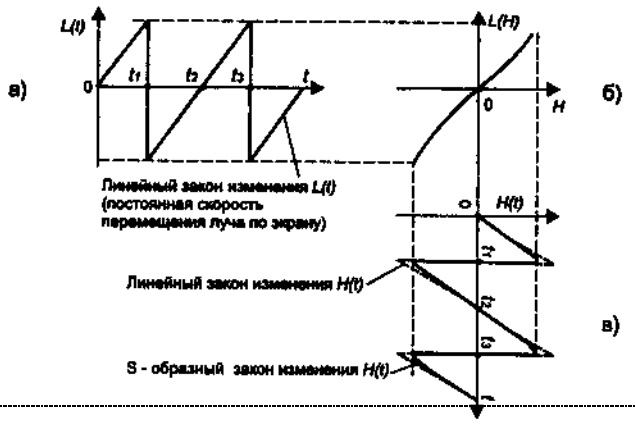


Рис. 5.3. Пояснение к формированию S-образного закона $H(t)$

На рис. 5.3, в с помощью кривой L(H) построен закон изменения магнитного поля во времени H(t), при которой величина L(t) изменяется по линейному закону (рис. 5.3, а) (скорость движения луча по экрану постоянна).
Из этого рисунка следует: для того чтобы электронный луч передвигался по экрану с постоянной скоростью, зависимость H(t) должна иметь S-образную форму и, как следствие, такую же форму должен иметь отклоняющий ток в катушках (рис. 5.2). В телевизорах для придания отклоняющему току такой формы применяют специальные
схемы.
Вторая особенность отклонения электронного луча в кинескопах с плоским экраном связана с так называемыми «подушкообразными» иска-жениями растра. Эти искажения проявляются в нарушении формы растра, искривлении горизонтальных и вертикальных линий изображения (рис. 5.4).
«Подушкообразные» искажения возникают из-за плоской поверхности экрана. Действительно, если луч отклонить по вертикали от оси кинескопа на угол а (рис. 5.5), а затем, не изменяя величины этого угла, сместить его к правому краю экрана, то след луча на экране примет вид кривой bb*. При этом оказывается ab > ab, что следует из подобия треугольников Δoba и Δob'a'.

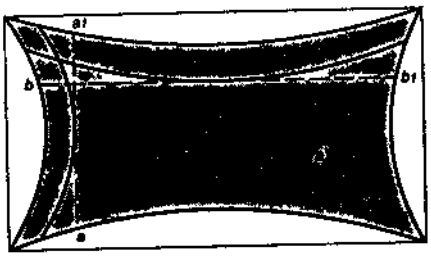


Рис. 5.4. «Подушкообразные» искажения растра, искажения вертикальной (aa_1) и горизонтальной (bb_1) линий

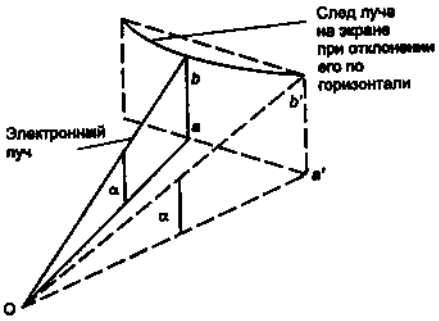


Рис. 5.5. Пояснения к образованию «подушкообразных» искажений

Для устранения таких искажений в ТВ ранних поколений использовались специальные электронные схемы, которые изменяли соответствующим образом амплитуду пилообразного тока /с(t) и закон изменения /к(t) (рис. 5.6).

В современных телевизорах «подушкообразные» искажения рас-
тра устраняются созданием неравномерного магнитного поля в горло
вине кинескопа, что достигается определенным распределением, вит
ков в катушках. \

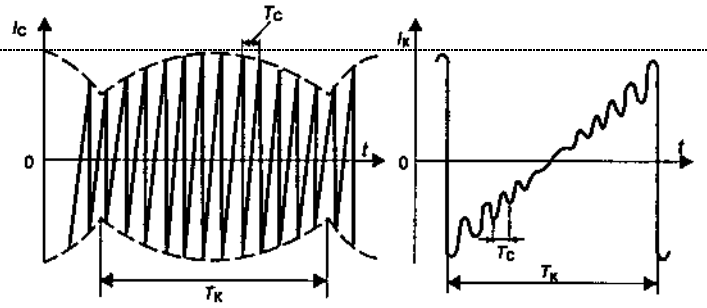


Рис. 5.6. Коррекция тока горизонтального $I_C(t)$ и вертикального $I_K(t)$ отклонений для устранения «подушкообразных» искажений, T_C — период строчного отклоняющего тока, T_K — период кадрового отклоняющего тока

Краткие итоги

на электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Она изменяет траекторию движения электрона. Это свойство используется для отклонения электронного в ТВ-пре - образователях свет-сигнал, сигнал-свет;
магнитное поле в преобразователях создается двумя парами отклоняющих катушек: двух катушек вертикального отклонения и
двух катушек горизонтального отклонения;
для перемещения луча по экрану ТВ-преобразователя формируют пилообразные токи горизонтального и вертикального отклонения, протекающие через соответствующие отклоняющие ка
тушки. Для равномерного движения луча по экрану кинескопа пилообразный ток, протекающий через катушки, должен иметь S-образную форму;
в кинескопах с плоским экраном при отклонении луча магнитным полем возникают «подушкообразные» искажения, проявляющиеся в изменениях формы растра и искривлениях вертикальных и горизонтальных линий на экране. «Подушкообраз
ные» искажения в современных телевизорах устраняются определенным распределением шага намотки витков отклоняющих катушек.

Контрольные вопросы
Почему в кинескопах не используется отклонение электронного луча с по мощью электрического поля?
Что такое сила Лоренца? Чему она равна?
Как изменится траектория электрона при его попадании в равномерное магнитное поле?
Что такое S-коррекция отклоняющего тока и зачем она применяется?
Что такое «подушкообразные» искажения растра?

5.2. Устройство кадровой развертки

Устройство кадровой развертки предназначено для формирования пилообразного отклоняющего тока, протекающего через кадровые катушки. Оно состоит из задающего генератора (ЗГ), усилителя-формирователя (УФ) и выходного каскада (ВК)
(рис. 5.7).
Выходной каскад создает пилообразный ток Iк в кадровых отклоняющих катушках. Он представляет собой низкочастотный усилитель

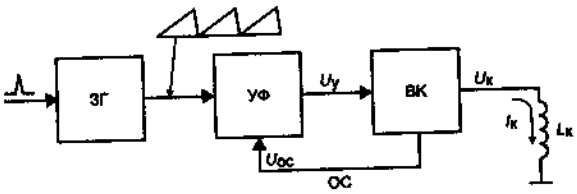


Рис. 5.7. Обобщенная функциональная схема устройства кадровой развертки: ЗГ — задающий генератор; УФ — усилитель-формирователь; ВК — выходной каскад

мощности.
В телевизорах первых поколений использовалось трансформаторное подключение отклоняющих катушек к выходному каскаду. Это позволяло получить хорошее согласование относительно большого тока отклонения и малого тока коллектора выходного транзистора. Однако такие каскады обладали низким КПД.
В современных ТВ используются более экономичные и технологичные выходные каскады на интегральных микросхемах, представляющие собой двухтактные бестрансформаторные каскады.
Усилитель-формирователь вырабатывает управляющее напряжение Uy, подаваемое на вход выходного каскада. Форма управляющего напряжения зависит от вида ВК и параметров отклоняющих катушек. В телевизорах ранних поколений, в которых использовались многовитковые седлообразные катушки с трансформаторным подключением к выходному каскаду, УФ формировал управляющее напряжение пилообразно-параболической формы. В современных телевизорах, где используются бестрансформаторные ВК и маловитковые катущки тороидального вида, Uy имеет импульсно-пилообразный вид (рис. 5.11). Каскады УФ и ВК охватываются обратными связями (ОС) для поддержания стабильности размаха и требуемой формы отклоняющего тока Iк. С помощью ОС осуществляется S-коррекция тока отклонения и регулировка вертикального размера растра.
Задающий генератор формирует пилообразное напряжение, из которого УФ создает напряжение Uy требуемой формы. ЗГ работает в автоколебательном режиме и синхронизируется импульсами короткой длительности, вырабатываемыми устройством синхронизации кадровой развертки.
Выходной каскад кадровой развертки. Выходной каскад — это низкочастотный усилитель мощности. Верхняя граница частотного диапазона усилителя определяется частотой 20-й гармоники кадрового тока Iк, равной 50 Гц х 20 = 1000 Гц, что позволяет воспроизвести линейное изменение тока Iк за время прямого хода развертки. Особенности этого усилителя от низкочастотных усилителей, используемых в аудиотехнике, обусловлены нагрузкой — отклоняющими кадровыми катушками.
Эквивалентная схема кадровой отклоняющей катушки приведена на рис. 5.8. Она состоит из индуктивности LK, сопротивления потерь rк и межвитковой емкости Ск.
В настоящее время в ТВ-приемниках используются маловитковые отклоняющие катушки тороидального типа. Для таких катушек емкостью Ск можно пренебречь. Величина индуктивной составляющей полного сопротивления катушки зависит от величины LK и скорости изменения тока Iк, протекающего через катушку. Во время прямого хода эта скорость сравнительно невелика и индуктивная составляющая полного сопротивления оказывается значительно меньше активного сопротивления rк, поэтому эквивалентная схема катушки во

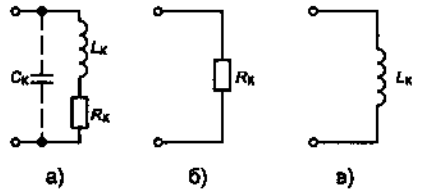


Рис. 5.8. Полная и упрощенные эквивалентные схемы кадровой катушки во время прямого и обратного хода кадровой развертки

время прямого хода развертки представляется в виде сопротивления rк (рис. 5.8, б).

Во время обратного хода развертки скорость изменения Iк возрастет раз в двадцать. При этом индуктивная составляющая сопротивления катушки оказывается много большей rк и эквивалентная схема катушки может быть представлена индуктивностью Lк (рис. 5.8, в).

Итак, одной из особенностей усилителей, используемых в выходных каскадах кадровой развертки, является изменение характера и величины нагрузки при прямом и обратном ходе развертки.

В связи с изменяющимся характером нагрузки для формирования линейно изменяющегося тока, протекающего через катушку, форма напряжения Uк, прикладываемого к катушке во время прямого и обратного хода развертки, оказывается различной (рис. 5.9).

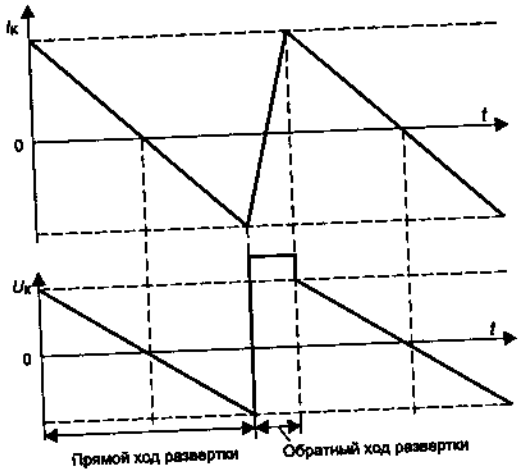


Рис. 5.9. Напряжение и ток через кадровые отклоняющие катушки во время прямого хода развертки

Во время прямого хода развертки ток Iк изменяется по линейному закону, форма напряжения на катушках повторяет форму тока Iк. Во время обратного хода развертки закон изменения тока, строго говоря, необязательно должен быть линеен (важно обеспечить возвращение электронного луча в исходное положение). Однако в целях уменьшения длительности обратного хода целесообразно выбрать линейное изменение тока и в это время. Тогда, поскольку напряжение на катушке пропорционально скорости изменения протекающего через нее тока, напряжение на катушке принимает вид прямоугольного импульса.

Другой важной особенностью усилителя выходного каскада явля ется использование в них маловитковых катушек тороидального типа. Это требует значительных величин тока коллектора транзисторов вы ходного каскада для создания требуемого магнитного поля отклоне

ния луча.

В современных ТВ-приемниках в качестве выходных каскадов кадровой развертки используются двухтактные бестрансформаторные усилители мощности, работающие в целях повышения экономичности в режиме класса В либо близком к нему классе АВ. Разнообразие конкретных схем довольно велико. Рассмотрим работу одной из них, часто встречающуюся на практике (рис. 5.10).

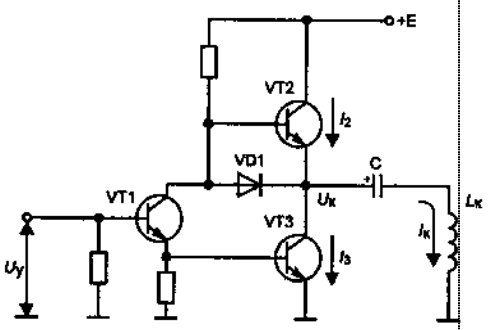


Рис. 5.10. Выходной каскад кадровой развертки

Интервал времени 0—t1 (обратный ход развертки) (рис 5.11). Транзисторы VT1 и VT3 закрыты напряжением Uy, приложенным к VT1. Транзистор VT2 насыщен. Напряжение на его эмиттере Uк близко к напряжению источника питания E. Конденсатор C довольно большой величины заряжен до величины Uc, и напряжение на нем во время работы схемы практически остается неизменным.

Таким образом, к катушке Lк оказывается, приложено постоянное напряжение E— Uc, поэтому ток через нее Iк возрастает по линейному закону (внутренним сопротивлением насыщенного транзистора VT2 и сопротивлением потерь катушки в первом приближении можно пренебречь).

Интервал времени t1—t2 (первая половина прямого хода развертки). Транзисторы VT1 и VT3 в момент времени t1 открываются. Поскольку Uy линейно растет, то и токи через эти транзисторы нарастают. Напряжение на коллекторе VT1 убывает, что приводит к постепенному закрыванию транзистора VT2 и уменьшению его тока I2. Уменьшение тока I2 и возрастание тока I3 обусловливает постепенное уменьшение тока Iк.

Интервал времени t2—t3 (вторая половина прямого хода развертки). К моменту времени t2 напряжение на базе VT2 уменьшается до такой величины, что транзистор VT2 закрывается. Начинается разряд емкости C через продолжающий открываться транзистор VT3 по цепи: положительно заряженная обкладка конденсатора C -> VT3 -> корпус -> LK -> отрицательно заряженная обкладка конденсатора C. (Следует обратить внимание на то обстоятельство, что направление тока Iк меняется на обратное.)

В момент времени t3 резко закрываются транзисторы VT1 и VT3 и открывается транзистор VT2, входя в насыщение. Цикл работы схемы повторяется вновь.

Полезной частью переменного напряжения, приложенного к отклоняющей катушке, является только пилообразная составляющая этого напряжения, которая определяет полезную составляющую мощности источника питания, отдаваемую в нагрузку. Расходы мощности источника питания, рассеиваемые на транзисторах и активных сопротивлениях схемы, следует отнести к непроизводительным затратам.

Из-за присутствия в катушках значительной реактивности, которая проявляется на обратном ходе развертки, возникает импульсная составляющая напряжения на катушке. Эта составляющая требует увеличения напряжения питания выходного каскада (рис. 5.11) (величина E должна быть больше

UKmax) и, следовательно, приводит к возрастанию непроизводительных затрат и понижению КПД усилителя.

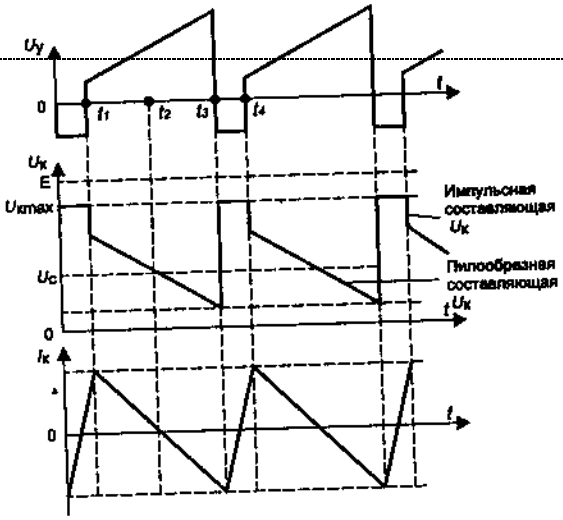


Рис. 5.11. Эпюры напряжений и тока в схеме выходного каскада кадровой развертки

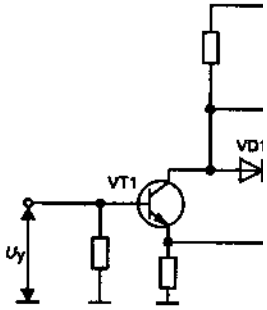


Рис. 5.10. Выходной каск

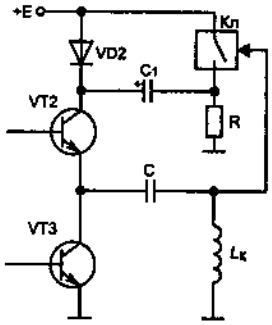


Рис. 5.12. Выходной каскад с удвоением питания

С целью уменьшения величины напряжения источника питания и повышения КПД выходного каскада используют схему с удвоением питания во время обратного хода развертки (рис. 5.12), которая состоит из диода VD2, накопительного конденсатора C1 ключа (Кл) и зарядного сопротивления R.

Схема работает следующим образом. Во время прямого хода развертки протекает ток заряда конденсатора C1 по цепи: +E -> VD2 -> C1 -> R -> корпус. Конденсатор C1 заряжается до напряжения, по величине близкого к E. Во время обратного хода развертки ключ замыкается, диод VD2 оказывается запертым напря-
жением на конденсаторе C1 и к коллектору транзистора VT2 прикладывается напряжение величиной 2E, которое образуется источником питания и напряжением на емкости C1. Замыкание ключа происходит под действием положительного импульса на катушке Lк во время обратного хода развертки. Увеличение напряжения на коллекторе транзистора VT2 почти в два раза во время обратного хода развертки позволяет снизить величину напряжения источника внешнего питания, а значит, увеличить КПД каскада. Кроме того, эта схема позволяет сбалансировать потребление энергии от внешнего источника. Действительно, схема (рис. 5.10) потребляет максимальную энергию от внешнего источника питания во время обратного хода развертки. В схеме (рис. 5.12) расход энергии от источника питания во время обратного хода оказывается меньшим, поскольку напряжение питания определяется внешним источником и напряжением на емкости C1, а во время прямого хода развертки от источника питания отбирается дополнительная энергия для заряда конденсатора C1

Краткие итоги

устройство кадровой развертки состоит из выходного каскада кадровой развертки, усилителя-формирователя, задающего генератора; выходной каскад предназначен для формирования отклоняющего тока, протекающего через кадровые катушки. Этот каскад в большинстве современных ТВ-приемников представляет со бой низкочастотный двухтактный бестрансформаторный усили тель мощности, работающий в классе АВ;

в выходном каскаде используется схема удвоения напряжения питания, которая позволяет увеличить КПД каскада и сбалансировать потребление энергии от внешнего источника;
усилитель-формирователь создает управляющее напряжение, необходимое для работы оконечного каскада. Форма управляющего напряжения зависит от типа выходного каскада и пара метров кадровых катушек;
задающий генератор вырабатывает пилообразное напряжение, из которого усилитель-формирователь формирует управляющее напряжение. Генератор работает в автоколебательном режиме и синхронизируется сигналами, вырабатываемыми устройством синхронизации кадровой развертки.

Контрольные вопросы

Нарисовать обобщенную функциональную схему устройства кадровой раз вертки и объяснить назначение функциональных блоков этой схемы.
Нарисовать полную и упрощенную эквивалентные схемы кадровой отклоняющей катушки во время прямого и обратного хода развертки.
Нарисовать схему выходного каскада кадровой развертки и объяснить ее работу.
Какие особенности выходного каскада вы знаете?
С какой целью используется схема удвоения питания в выходном каскаде кадровой развертки?
6. Нарисовать схему выходного каскада с удвоением напряжения питания. Объяснить работу схемы удвоения напряжения питания.

5.3. Устройство строчной развертки

Устройство строчной развертки (УСР) предназначено для формирования отклоняющего тока, протекающего через строчные катушки. Кроме того, это устройство вырабатывает сигналы Uox, совпадающие с обратным ходом строчной развертки, а импульсное напряжение, возникающее во время работы, подается в высоковольтный источник питания кинескопа (ИПК). УСР состоит из задающего генератора, буферного каскада и выходного каскада (рис. 5.13).

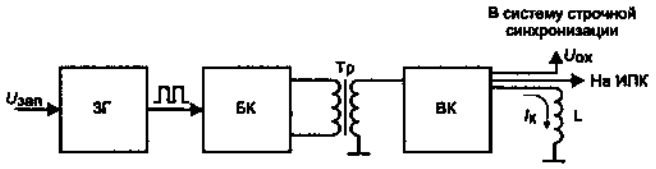


Рис. 5.13. Обобщенная функциональная схема устройства строчной развертки: ЗГ — задающий генератор; БК — буферный каскад; ВК — выходной каскад

Выходной каскад (ВК) создает пилообразный ток Iк в строчных отклоняющих катушках.
Буферный каскад (БК) вырабатывает импульсы тока прямоугольной формы, которые коммутируют транзистор выходного каскада. Для создания импульсов тока в БК используется понижающий трансформатор (Тр).
Задающий генератор (ЗГ) формирует прямоугольные импульсы напряжения, управляющие работой буферного каскада. Генератор работает в автоколебательном режиме. Временное положение переднего фронта импульсов ЗГ регулируется системой строчной синхронизации.
Выходной каскад строчной развертки. Упрощенная схема выходного каскада

изображена на рис. 5.14.

Рассмотрим работу схемы. При этом будем полагать, что активное сопротивление катушки мало; величина индуктивности дросселя LдР » LK, потери в дросселе и межвитковая емкость отсутствуют; емкость конденсатора Cs » C. Конденсатор Cs заряжен до напряжения E, которое во время работы схемы практически на нем не изменяется. Заряженный конденсатор эквивалентен источнику питания. Расход энергии, накопленной конденсатором, компенсируется его подзарядом во время работы схемы.

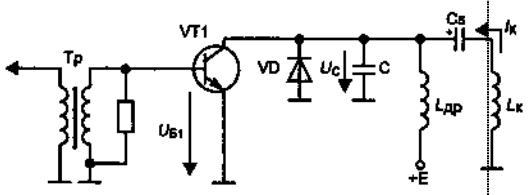


Рис. 5.14. Выходной каскад строчной развертки

На рис. 5.15 приведены эпюры напряжений и токов в выходном каскаде, где выделены наиболее примечательные, с точки зрения протекающих в схеме физических процессов, интервалы времени.

Интервал времени t0—t1. На базу транзистора VT1 подается положительный импульс UБ1, транзистор насыщается. В итоге к катушке LK прикладывается напряжение заряженного конденсатора Cs и ток через катушку возрастает по закону, близкому к линейному. Поскольку емкость C подсоединена параллельно транзистору VT1, внутреннее сопротивление которого активно и мало при насыщении, напряжение на емкости повторяет форму напряжения на транзисторе, через который протекает нарастающий ток.

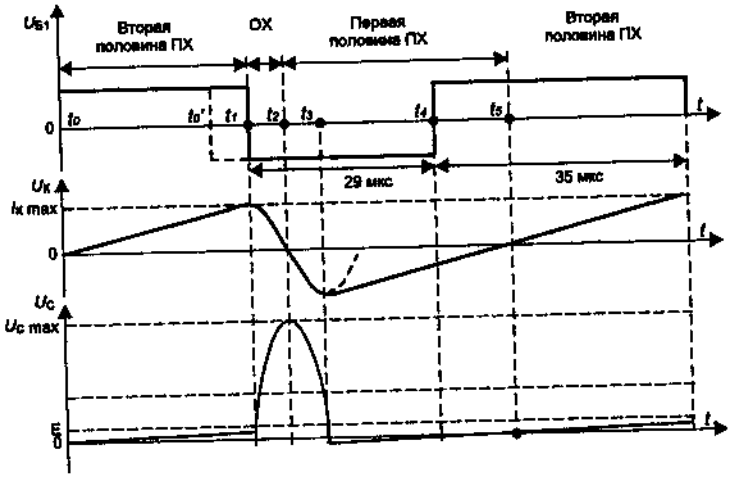


Рис. 5.15. Эпюры напряжений, поясняющие работу оконечного каскада: ПХ — прямой ход развертки; ОХ — обратный ход развертки

Интервал времени t1-t2. Транзистор VT1 в момент времени t1 закрывается (напряжение UБ1 становится отрицательным). Энергия магнитного поля, запасенная в катушке LK во время интервала t0-t1, «перекачивается» в конденсатор C. Возникает колебательный процесс в контуре, образованном конденсатором C и индуктивностью LK. Ток Iк и напряжение на конденсаторе C изменяется по гармоническому закону: ток убывает, напряжение возрастает. В момент времени t2 вся энергия магнитного поля, накопленная в катушке, переходит в энергию электрического поля конденсатора C. Ток Iк в катушке в этот момент оказывается равным нулю, а напряжение на конденсаторе достигает максимального значения UCmax. Величина UCmax многократно превышает напряжение источника питания E. Интервал времени t2-t3. В этом интервале времени продолжаются свободные колебания в контуре LKC. Энергия из емкости C «перекачивается» обратно в катушку LK. Направление тока Iк меняется на обратное по сравнению с направлением тока на предыдущем интервале времени. Наконец, энергия вновь оказывается в

катушке LK.
Колебательный обмен энергией между LK и C продолжается до момента t3, когда напряжение на диоде станет отрицательным. В этот момент колебательный процесс прекращается, поскольку диод открывается и шунтирует колебательный контур LKC.
Интервал времени t3-t4. Энергия магнитного поля, запасенная в катушке LK, расходуется на подзаряд емкости Cs, на тепловые потери в открытом диоде VD и активном сопротивлении катушки rк. Ток Iк протекает по цепи: катушка LK -> корпус -> диод VD -> емкость Cs -> катушка LK (источником э.д.с. является катушка LK). Ток Iк по мере расхода энергии в катушке убывает по закону, близкому к линейному. В момент времени t4 напряжение на базе транзистора становится положительным. Однако на коллекторе транзистора напряжение по-прежнему отрицательно, потому что ток Iк протекает через открытый диод VD и образует на его внутреннем сопротивлении отрицательное напряжение. С этого момента времени до открывания транзистора (t5) через транзистор протекает обратный ток Iобр по цепи: корпус -> вторичная обмотка Тр -> база VT1 -> коллектор VT1 -> емкость Cs -> катушка LK -> корпус. Таким образом, ток Iк образуется двумя составляющими: IОБР и током, протекающим через открытый диод VD. Как только ток диода достигнет нулевого значения, диод закрывается, и ток Iк становится равным току IОБР. С расходом энергии, запасенной в катушке LK, ЭДС катушки уменьшается, напряжение на коллекторе VT1 и ток IК изменяют свою полярность, и транзистор переходит в режим насыщения, обеспечивая формирование тока второй половины прямого хода развертки. Пара активных элементов VD и VT1 должна подбираться так, чтобы обеспечить линейное изменение тока Iк в конце первой и в начале второй половины прямого хода развертки.
К транзистору VT1 предъявляются достаточно жесткие требования. Транзистор должен выдерживать высокое напряжение на коллекторе в закрытом состоянии (единицы киловольт) и работать при больших коллекторных токах в режиме насыщения (единицы ампер). Такие транзисторы имеют малое входное сопротивление база-эмиттер (десятые доли ома) и обладают большой инерционностью (единицы мкс). Первая упомянутая особенность транзисторов приводит к тому, что для согласования выходного сопротивления буферного каскада со входным сопротивлением оконечного каскада используют трансформаторную связь между этими каскадами. Вторая особенность обусловливает временной сдвиг между принятым сигналом изображения и током строчной развертки (нарушается синфазность тока Iк и сигнала изображения). В самом деле, в момент времени t1 заканчивается активная часть строки. Однако в силу инерционных свойств транзистор не может мгновенно закрыться в этот момент, ток Iк продолжает нарастать (на рис. 5.15 транзистор считается безынерционным). Обратный ход начнется позднее времени t1 (требуется

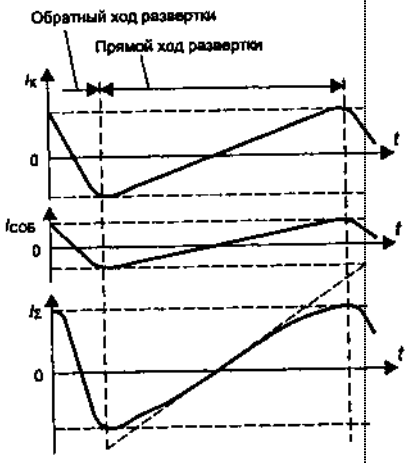


Рис. 5.16. Формирование S-образной формы отклоняющего строчного токаа

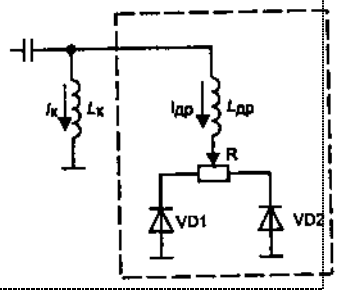


Рис. 5.17. Схема центровки растра по горизонтали

время для рассасывания носителей заряда в области базы транзистора, только лишь после этого транзистор закроется). Если не применять специальных мер, инерционные свойства транзистора приведут к тому, что в правой стороне экрана изображение будет отсутствовать. Для устранения этого эффекта отрицательный импульс UБ1, подавае мый на базу транзистора (рис. 5.15), должен опережать момент окон
чания активной части строки и начинаться в момент времени t1`
(рис. 5.15).

S-коррекция тока отклонения. При внимательном рассмотрении схемы выходного каскада видно, что во время прямого хода развертки ток Iк протекает через колебательный контур, образованный индуктивностью LK, емкостью Cs и внутренними сопротивлениями либо транзистора, либо диода. При «перекачивании» энергии из катушки LK в этом контуре возникают собственные колебания, ток которых ICOБ складывается с пилообразным током Iк. При правильно подобранных амплитуде, фазе и частоте тока ICOБ суммарный отклоняющий ток Ie = Iк + ICOБ принимает S-образную форму (рис. 5.16).

Горизонтальная центровка растра. В ТВ-приемниках черно-белого изображения центровка растра осуществляется постоянным магнитом, установленным на горловине кинескопа. В приемниках цветного изображения такой способ не применим, т. к. нарушается чистота цвета и механизм статического сведения трех, лучей кинескопа. Горизонтальная центровка растра в таких приемниках осуществляется введением дополнительного постоянного тока, протекающего через катушку.

Схема горизонтальной центровки растра подключается параллельно отклоняющим катушкам и состоит из LДР, балансного сопротивления R и двух диодов VD1, VD2 (рис. 5.17).

Индуктивность Lдр » LK, поэтому схема центровки не влияет на работу оконечного каскада строчной развертки. В среднем положении движка потенциометра R ток Iдр, протекающий через дроссель LДР, подобен по форме току Iк через отклоняющие катушки (рис. 5.15). Положительные и отрицательные полуволны тока IДР одинаковы по форме и величине, поэтому среднее значение IДР = 0. Иными словами, ток IДР не содержит в своем составе постоянной составляющей.

При смещении движка потенциометра от среднего положения симметрия схемы нарушается. Положительные и отрицательные полуволны тока Iдр оказываются разными. Среднее значение тока IДР теперь не равно нулю, что свидетельствует о появлении в токе IДР постоянной составляющей. Постоянная составляющая тока IДР замыкается через отклоняющую систему LK и приводит к сдвигу растра по горизонтали. Направление и величина смещения растра зависят от положения движка потенциометра R.

Буферный каскад. Буферный каскад (БК) формирует импульс тока, управляющий работой выходного каскада (рис. 5.18). В буферном каскаде используется понижающий трансформатор Тр. Это позволяет

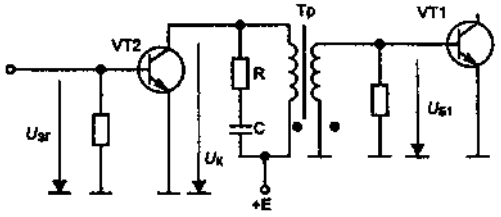


Рис. 5.18. Буферный каскад устройства строчной развертки

создавать на выходе буферного каскада импульс тока, достаточный по величине для насыщения транзистора выходного каскада при использовании в БК маломощных транзисторов.
Схема работает следующим образом. В интервал времени t0—t1 (рис. 5.19) на базу транзистора VT2 поступает прямоугольный импульс положительной полярности от задающего генератора, который насыщает транзистор VT2. Первичная обмотка оказывается подсоединенной через насыщенный транзистор к источнику питания +E, поэтому через нее протекает нарастающий ток. В сердечнике Тр запасается магнитная энергия.
В интервале времени t1—t2 Транзистор VT2 закрывается, и энергия магнитного поля, запасенная в Тр, «перекачивается» в энергию электрического поля конденсатора С: в момент t1, момент окончания входного импульса, возникают собственные колебания в контуре, образованном индуктивностью первичной обмотки Тр и подключенной к ней емкости С. Э.д.с в первичной обмотке Тр заряжает емкость С. Ток заряда протекает по следующей цепи: первичная обмотка Тр -> С -> R -> первичная обмотка Тр. Величина емкости С выбирается таким образом, чтобы в момент времени t2 (момент прихода нового импульса Uзг на базу VT2) напряжение на конденсаторе С достигало максимального значения Um. Величина Um определяется подбором ве-личины сопротивления R.

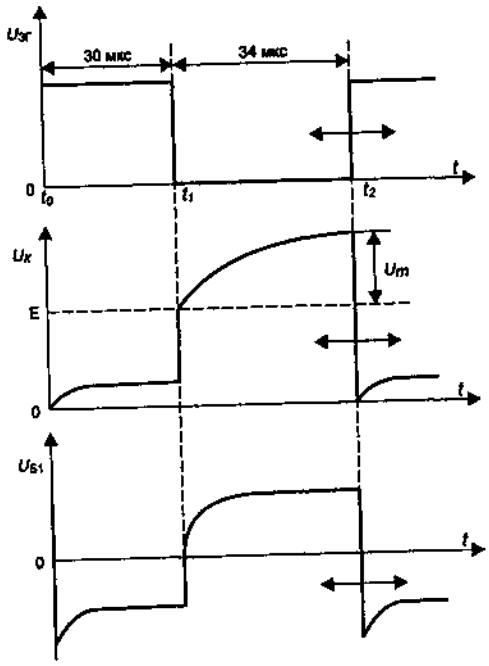


Рис. 5.19. Эпюры напряжений, поясняющие работу буферного каскада

При поступлении нового импульса Uзг на базу VT2 транзистор насыщается, емкость С быстро разряжается через насыщенный транзистор VT2, и цикл работы схемы повторяется вновь.
Импульсы напряжения UK, полученные на первичной обмотке трансформатора, передаются во вторичную обмотку. Положительные импульсы UБ1, выделенные на вторичной обмотке, насыщают транзистор VT1 выходного каскада строчной развертки; отрицательные запирают его. В начале отрицательных импульсов UБ1 на выходе вторичной обмотки Тр при работе схемы образуются отрицательные выбросы напряжения.Эти выбросы способствуют более быстрому рассасыванию неосновных носителей заряда в базе транзистора VT1, накопленных во время насыщения этого транзистора ,и, следовательно, уменьшают инерционность оконечного каскада. Временное положение переднего фронта импульса Uзг (а следовательно, и заднего фронта импульсов (Uб1) регулируется системой строчной синхронизации. Пределы регулирования могут достигать ±10 мкс.

5.4. Высоковольтные источники питания

V

Высоковольтные импульсы напряжения UCmax, возникающие во время обратного хода развертки на емкости С (рис. 5.15), используются для получения высоковольтного питания кинескопов. Такой способ получения питающих напряжений эффективен тем, что фильтрацию выпрямленного напряжения на частоте строчной развертки осуществить значительно проще, чем на частоте 50 Гц. Кроме того, при выходе из строя устройства строчной развертки автоматически снимается высокое напряжение с кинескопа.

Высокое напряжение для питания второго анода кинескопа и фокусирующего электрода может быть получено при помощи диод-но-емкостного многоступенчатого умножителя либо с использованием специального трансформатора с диодно-каскодным выпрямителем. В первом случае выпрямитель (рис. 5.20) подключается ко вторичной обмотке повышающего трансформатора Тр, первичная обмотка которого выполняет роль дросселя в схеме выходного каскада (рис. 5.14). Схема умножителя работает следующим образом. В момент появления импульсов обратного хода строчной развертки на вторичной обмотке повышающего трансформатора Тр конденсатор С1 заряжается через диод VD1 до напряжения, равного амплитуде импульса на выходе трансформатора U1. По окончании импульса конденсатор С1 разряжается через диод VD2 на конденсатор С2, таким образом к приходу следующего импульса конденсаторы С1 и С2 оказываются заряженными до величины U1/2. Второй импульс на выходе Тр через диод VD1 вновь подзаряжает конденсатор С1, а через диод VD3 — конденсатор С3. По окончании второго импульса конденсатор С1 через диод VD2 вновь подзаряжает конденсатор С2, а конденсатор С3 через диод VD4 заряжает конденсатор С4. В процессе появления импульсов на выходе Тр происходит последовательный заряд всех

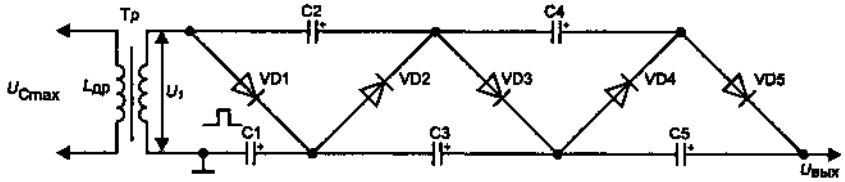


Рис. 5.20. Диодно-емкостный многоступенчатый умножитель

конденсаторов схемы умножителя. В установившемся режиме каждый из конденсаторов оказывается заряженным до величины Ul, поэтому выходное напряжение оказывается равным Uвых= 3U1

Схема выпрямителя с диодно-каскадным трансформатором (ТДКС) изображена на рис. 5.21.

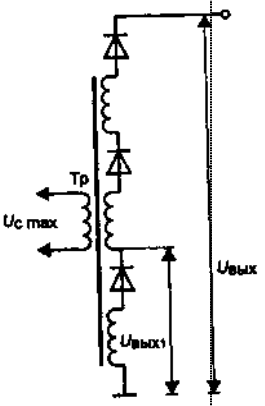


Рис. 5.21. Выпрямитель с ТДКС

Она представляет композитный монолит из выходного трансформатора с диодными выпрямителями. Высокое напряжение получается путем последовательного соединения трех отдельных однополупериодных выпрямителей с тремя независимыми обмотками. Такая реализация позволяет повысить электрическую прочность всего выпрямителя и уменьшить внутреннее сопротивление источника высоковольтного напряжения.

Последнее делает более стабильным высокое напряжение при изменении токов лучей кинескопа.

Краткие итоги

. устройство строчной развертки состоит из выходного каскада строчной развертки, буферного каскада и задающего генератора;

. выходной каскад формирует отклоняющий ток, протекающий через строчные катушки; импульсы для работы схемы высоковольтного источника питания кинескопов; опорные и синхронизирующие сигналы, совпадающие по времени с обратным ходом строчной развертки;

. буферный каскад вырабатывает импульсы тока, управляющие работой выходного каскада. В буферном каскаде используется понижающий трансформатор. Это позволяет сформировать управляющие импульсы, достаточные по величине для насыщения транзистора выходного каскада при использовании в ЪК маломощных транзисторов;

. задающий генератор формирует прямоугольные импульсы напряжения, необходимые для работы буферного каскада. Задающий генератор работает в автоколебательном режиме и синхронизируется кратковременными импульсами, поступающими от устройства синхронизации строчной развертки. Для предотвращения нарушения синфазности отклоняющего тока и сигнала изображения импульсы задающего генератора должны опережать моменты окончания активной части строки.

Контрольные вопросы

Нарисовать обобщенную функциональную схему устройства строчной раз вертки и пояснить назначение функциональных блоков этой схемы.

Нарисовать схему выходного каскада строчной развертки и объяснить ее работу.

Как сказываются инерционные свойства транзисторов на работе выходного каскада?

Какими способами устраняют нежелательные эффекты, обусловленные инерционностью транзистора выходного каскада?

Как осуществляется S-коррекция строчного тока отклонения?

Нарисовать схему горизонтальной центровки растра и объяснить ее работу.

Нарисовать схему выпрямителя на диодно-емкостном многоступенчатом умножителе. Объяснить ее работу.

Нарисовать схему выпрямителя с диодно-каскодным трансформатором.

Нарисовать схему буферного каскада и объяснить ее работу.

10. Почему в буферном каскаде используется трансформаторное включение нагрузки?

6. СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Система синхронизации — это совокупность устройств, обеспечивающих синхронную и синфазную работу различных блоков ТВ-системы.

Системы синхронизации условно можно разделить на две части: синхронизации аппаратуры ТВ-центра и синхронизации ТВ-приемников. Эти

две части объединяются в единую систему посредством радиоканала или кабельных линий передач, по которым передаются специальные сигналы синхронизации (синхроимпульсы) во время пассивных интервалов строк и полей.

6.1. Принципы построения систем синхронизации и их основные показатели

Система синхронизации ТВ-приемника предназначена для синхронизации задающих генераторов (ЗГ) развертывающих устройств приемника с развертывающими устройствами передающих камер телецентра. Кроме того, система вырабатывает стробирующие сигналы, используемые для управления работой различных функциональных устройств ТВ-приемника.

Задающие генераторы ТВ-приемников работают в автоколебательном режиме. Синхронизация генераторов может осуществляться двумя способами: непосредственным и инерционным.

При непосредственной синхронизации синхроимпульс воздействует на генератор, навязывая ему частоту и фазу. При инерционной синхронизации сравнивается временное положение синхроимпульсов (фаза синхросигнала) и временное положение выходных сигналов генератора (фаза сигнала генератора). Сопоставление фаз этих сигналов осуществляется в устройстве, называемом фазовым детектором (ФД). При их рассогласовании на выходе ФД вырабатывается напряжение, изменяющее величину частотозадающего (фазозадающего) параметра генератора так, чтобы ликвидировать это рассогласование. (Примером частотозадающего элемента может являться варикап, который подключается параллельно емкости колебательного контура генератора. При подаче напряжения на варикап емкость его изменяется, меняя тем самым частоту настройки контура.) Системы автоматического регулирования, осуществляющие инерционную синхронизацию, называются системами фазовой автоподстройки (ФАП), Непосредственная синхронизация используется в канале кадровой развертки. Инерционная синхронизация используется в канале строчной развертки.

Системы синхронизации могут работать в двух режимах: в режиме поиска синхросигнала и в режиме слежения за временным положением синхросигнала. В режиме поиска последовательно изменяется временное положение сигналов задающего генератора до тех пор, пока разность частот генератора и синхроимпульсов не уменьшится настолько, что будут обнаружены синхроимпульсы, и система не уменьшит начальное рассогласование между ними и сигналами задающего генератора. В этом режиме система синхронизации должна обладать высоким быстродействием и устранять сравнительно большие начальные рассогласования сигналов. По окончании режима поиска вырабатывается команда «Ident» и изменяются параметры системы, переводящие ее в режим слежения.

В режиме слежения система работает со сравнительно медленными изменениями фазы сигнала задающего генератора, вызванными нестабильностью его работы. В этом режиме рассогласование сигналов должно быть сведено к минимуму и от системы не требуется высокого быстродействия.

К основным показателям качества систем синхронизации можно отнести такие

характеристики: время поиска синхросигнала, полосу захвата, полосу удержания, ошибку согласования фаз сигналов, быстродействие, помехозащищенность.
Время поиска синхросигнала — интервал времени с момента включения режима поиска до выдачи команды «Ident».
Полоса захвата — максимальное начальное рассогласование между частотами сигналов на входе фазового детектора системы, начиная с которого ФАП переходит в режим слежения.
Полоса удержания — максимальное рассогласование между частотами входных сигналов ФД, при котором система ФАП, находясь в режиме слежения, отрабатывает эти рассогласования.
Быстродействие системы в режиме слежения определяется длительностью переходного процесса при скачкообразном изменении фазы сигнала задающего генератора.
Под помехозащищенностью системы понимается способность противостоять вредному воздействию помех. На вход системы синхронизации вместе с синхроимпульсами поступают и помехи. Наличие помех может привести к нарушению синхронизации. Если синхронизация разверток не нарушена, то изображение может быть получено даже при большом уровне помех на входе приемника. Если же синхронизация нарушена, то изображение невозможно синтезировать даже при малых помехах.
Помехозащищенность системы синхронизации по отношению к шумовой помехе оценивают по величине чувствительности ТВ-приемника, ограниченной синхронизацией разверток. Она определяется как наименьшее значение сигнала на входе телевизора, при котором сохраняется устойчивая синхронизация. При недостаточном входном сигнале на экране телевизора наблюдается выбивание группы строк и подергивание изображения.
В состав системы синхронизации ТВ-приемника входят: селектор синхросигналов, система строчной синхронизации, система кадровой синхронизации, система формирования стробирующих сигналов.
Селектор синхросигналов выделяет синхроимпульсы из ПЦТС, разделяет синхроимпульсы строк и полей, подает их соответственно в системы строчной и кадровой синхронизации. Система строчной синхронизации осуществляет синхронизацию задающего генератора строчной развертки. Система кадровой синхронизации синхронизирует задающий генератор кадровой развертки.
Система формирования стробирующих сигналов вырабатывает сигналы стробирования и управления работой отдельных функциональных узлов ТВ-приемника.
Контрольные вопросы
Для чего предназначена система синхронизации ТВ-приемника?
Какими способами может осуществляться синхронизация задающих генераторов в устройствах строчной и кадровой разверток? В чем суть этих способов?
Какие режимы работы схем синхронизации вы знаете?
Назовите основные показатели качества систем синхронизации.
6.2. Сигналы синхронизации ТВ-приемников

Сигналы синхронизации делятся на два вида: синхроимпульсы строк и сигналы синхронизации полей.
В качестве синхроимпульсов строк могут быть использованы прямоугольные импульсы короткой длительности, а в качестве синхроимпульсов полей — импульсы значительно большей длительности (рис. 6.1).
Разделение синхроимпульсов строк и полей можно осуществить с помощью дифференцирующей (ДЦ) и интегрирующей (ИЦ) цепочек (рис. 6.2).
При подаче на вход ДЦ прямоугольного импульса положительной полярности на ее выходе образуются два коротких выброса напряжения (рис. 6.1, б). Выброс напряжения положительной полярности соответствует переднему фронту импульса, а выброс отрицательной полярности — заднему фронту. Импульсами положительной полярности запускают устройство развертки по строкам.

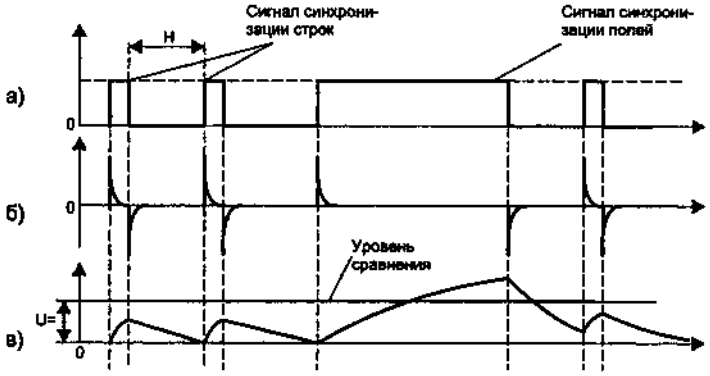


Рис. 6.1. Простейшие сигналы синхронизации и отклики на них на выходе дифференцирующей и интегрирующей цепочек

Рис. 6.2. Дифференцирующая (а) и интегрирующая (б) цепочки

При подаче на вход ИЦ прямоугольного видеоимпульса на ее выходе образуется нарастающее напряжение (рис. 6.1, в). Это напряжение сравнивается с постоянным уровнем U=, и в момент равенства их величин формируется импульс, запускающий развертку по полю. При поступлении на вход интегрирующей цепочки синхроимпульса строк напряжение на выходе цепочки не успевает нарасти до уровня сравнения и запуска развертки не происходит.
Рассмотренный способ синхронизации обладает рядом недостатков. Во-первых, во время передачи синхроимпульса полей отсутствует синхронизация генератора строчной развертки, что может привести к «сбою» его работы. Длительность синхроимпульса полей довольно большая и превышает в несколько раз период следования синхроимпульсов строк. Во-вторых, в системах ТВ с чересстрочной разверткой момент запуска развертки по полю в четных полях (т1) начинается раньше, чем в нечетных полях (т2) (моменты запуска развертки отсчитываются от начала синхроимпульса полей (рис. 6.3)).

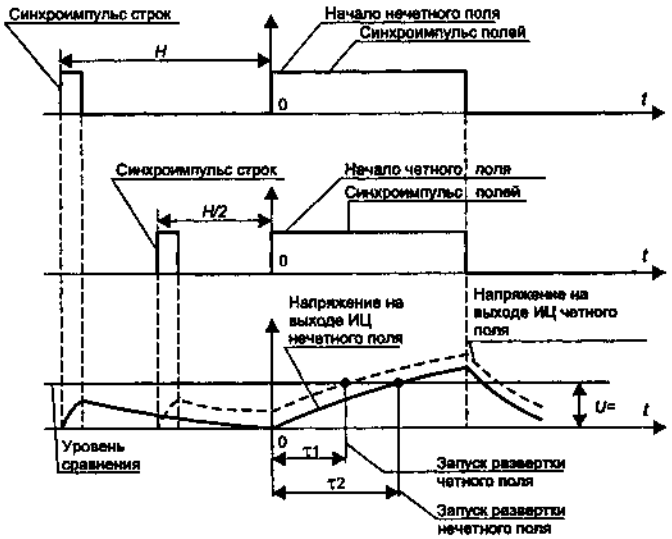


Рис. 6.3. Нарушение идентичности моментов запуска развертки по полям из-за влияния синхроимпульсов строк

Это объясняется тем, что к приходу синхроимпульса полей на конденсаторе интегрирующей цепочки остается остаточное напряжение, вызванное воздействием на нее синхроимпульса строк, предшествующего синхроимпульсу полей.

В четных полях это напряжение оказывается большим, чем в нечетных, т. к. расстояние между синхроимпульсом полей и синхроимпульсом строк в два раза меньше, чем в нечетных полях, и конденсатор интегрирующей цепочки не успевает разрядиться.

Для устранения указанных недостатков в вещательном телевидении в синхроимпульсы полей вводятся «врезки», а перед началом и после окончания синхроимпульса полей устанавливаются специальные уравнивающие импульсы (рис. 6.4).

«Врезки» позволяют сохранить синхронизацию по строкам во время передачи синхроимпульса полей. Задний фронт «врезки» совпадает с передним фронтом синхроимпульса строк, который должен бы быть на этом месте. Длительность «врезки» составляет 2,5 мкс. Интервал следования врезок H/2 = 32 мкс. Длительность же синхроимпульса по лей 2,5H.. Таким образом, синхроимпульс полей с врезками представляет собой как бы серию из пяти прямоугольных импульсов, разделенных интервалом 2,5 мкс.

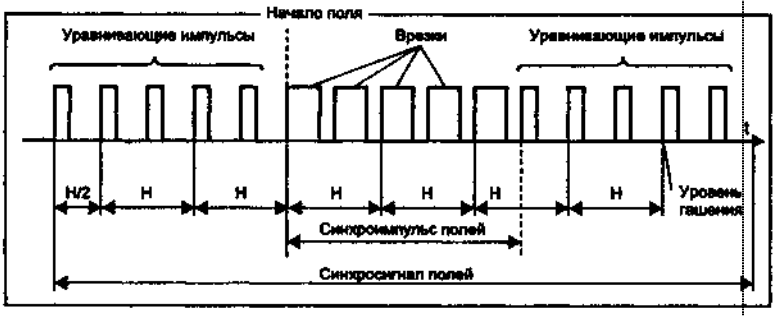


Рис. 6.4. Состав синхросигнала полей

Уравнивающие импульсы — это пять импульсов длительностью 2,35 мкс каждый, расположенных до и после синхроимпульса полей. Интервал следования импульсов H/2. Амплитуда уравнивающих импульсов равна амплитуде синхроимпульсов.

Уравнивающие импульсы вместе с «врезками» позволяют уравнять интервалы времени от начала

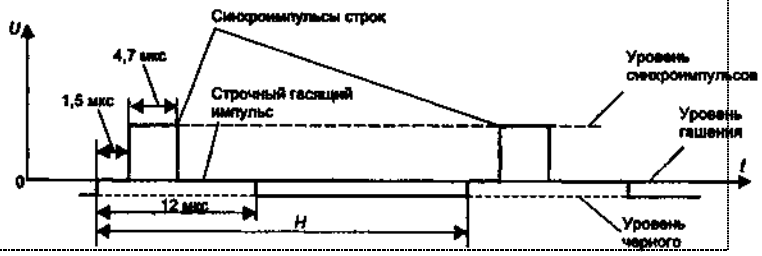


Рис. 6.5. Расположение синхроимпульсов строк на гасящем импульсе

синхроимпульса полей до момента запуска развертки по полю в четных и нечетных полях (т1 = т2).
Синхроимпульс полей вместе с уравнивающими импульсами называется синхросигналом полей. Располагается синхросигнал полей на гасящем импульсе полей.
Синхроимпульсы строк — прямоугольные видеоимпульсы длительностью 4,7 мкс, отстоящие от начала строчного гасящего импульса на 1,5 мкс (рис. 6.5). Амплитуда синхроимпульсов строк равна амплитуде синхроимпульсов полей. Располагается синхроимпульс строк на гасящем импульсе строк.
Краткие итоги
. синхронизация ТВ-приемников осуществляется с помощью специальных сигналов, передаваемых от передающего устройства ТВ-системы к приемному устройству в интервалы времени, когда отсутствует передача сигнала изображения;
. сигналы синхронизации бывают двух видов: для синхронизации строк и сигналы синхронизации полей;
. сигнал синхронизации строк (синхроимпульс строк) - это одиночный видеоимпульс короткой длительности прямоугольной
формы;
. сигнал синхронизации полей состоит из двух компонентов: синхроимпульса полей и уравнивающих импульсов. Синхроимпульс полей - серия из пяти прямоугольных импульсов, разделенных «врезками». «Врезки» вводятся для сохранения синхронизации развертки по строкам во время передачи синхроимпульса поля. Уравнивающие импульсы - импульсы короткой длительности, располагаемые до и после синхроимпульса полей
Уравнивающие импульсы совместно с «врезками» делают одинаковыми по величине интервалы времени от начала синхроимпульса полей до момента запуска развертки по полю в четных и нечетных полях.
Контрольные вопросы
1. Какова форма и параметры синхроимпульса строк?
Из каких сигналов состоит сигнал синхроимпульса полей?
Что такое «врезка» и для чего она вводится в синхронизацию полей.'
4. Что такое уравнивающие импульсы и для чего они вводятся в сигнал синхронизации полей?
6.3. Селектор синхроимпульсов
На вход селектора синхроимпульсов (ССИ) поступает ПЦТС (рис 6 6).
Входной каскад селектора (ВК) выделяет синхросигналы из ПЦТС. Разделение сигналов изображения и синхросигналов осуществляется на основании их различных уровней. Выделенные синхросигналы поступают на амплитудный ограничитель (АО), необходимый для ограничения

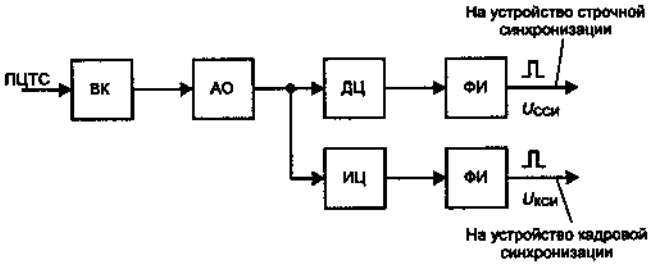


Рис. 6.6. Функциональная схема селектора синхроимпульсов: ВК — входной каскад, АО — амплитудный ограничитель; ДЦ — дифференцирующая цепь; ИЦ — интегрирующая цепь; ФИ — формирователь стандартных импульсов

импульсных помех, которые могут проникнуть на вход селекгора. С выхода АО синхросигналы поступают на параллельно включенные дифференцирующую (ДЦ) и интегрирующую (ИЦ) цепочки, где происходит разделение строчных и кадровых синхроимпульсов. К выходу каждой из цепочек подсоединены формирователи стандартных импульсов (ФИ), с целью исключить влияние нестабильности формы и амплитуды импульсов на выходе ДЦ и ИЦ на работу устройств строчной и кадровой синхронизации.

6.4. Система строчной синхронизации

В состав системы строчной синхронизации входит система фазовой автоподстройки опорного генератора (ФАП-1), система фазовой автоподстройки задающего генератора строчной развертки (ФАП-2).

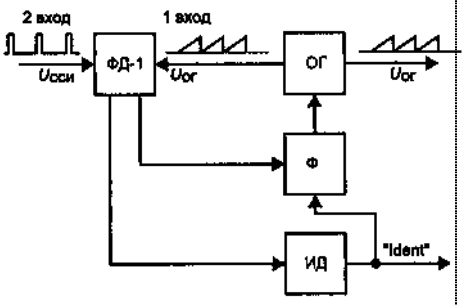


Рис. 6.7. Система фазовой автоподстройки опорного генератора: ФД — фазовый детектор; ОГ — опорный генератор; Ф — фильтр; ИД — идентификатор

Система фазовой автоподстройки опорного генератора предназначена для привязки фазы (временного положения) напряжения опорного генератора (ОГ) к фазе синхроимпульсов строк и состоит из опорного генератора (ОГ), фазового детектора (ФД-1), фильтра (Ф) и системы идентификации (ИД) (рис. 6.7). Опорный генератор вырабатывает пилообразное напряжение, используемое для формирования сигналов, управляющих работой всей системы синхронизации ТВ-приемника. ОГ работает в автоколебательном режиме. Пилообразная форма напряжения позволяет сравнительно просто реализовать опережение сиг налов относительно синхроимпульсов строк. Для этого пилообразное напряжение генератора сравнивается с постоянным напряжением.

В момент равенства их уровней вырабатывается управляющий сигнал. Поскольку фаза пилообразного напряжения привязана к фазе синхроимпульса строк, то, изменяя уровень постоянного напряжения, можно менять временное положение управляющих сигналов относительно синхроимпульсов строк. Напряжение с выхода опорного генератора Uor подается на вход фазового детектора (ФД-1). На второй вход этого детектора поступают синхроимпульсы строк {/сси с селектора^ синхроимпульсов. При изменении взаимного временного положения входных сигналов, (ФД-1) от положения этих сигналов принятого за эталон, на выходе ФД-1 появляется напряжение, величина и знак которого определяется рассогласованием положения одного сигнала относительно другого. Напряжение с выхода фазового детектора через фильтр Ф поступает в схему ОГ и сдвигает по времени пилообразное напряжение генератора, пока не устранится временное рассогласование между входными сигналами ФД-1.

Система ФАП-1 может работать в двух режимах: режиме поиска-захвата и в режиме слежения за частотой и фазой этого сигнала.

Режим поиска-захвата наступает с момента подачи ПТЦС на вход системы синхронизации. В этом режиме ФАП-1, изменяй частоту следования сигналов ОГ, обнаруживает сигнал синхронизации и уменьшает начальное рассогласование сигналов на входе фазового детектора. Полоса захвата

системы обычно равна ±1 кГц. В цепи ФАП-1 используется фильтр (Ф) с широкой полосой пропускания. (Широкая полоса пропускания обеспечивает быстродействие системы и возможность отработать значительное по величине начальное рассогласование входных сигналов ФД-1.) По окончании режима поиска-захвата система ФАП-1 переходит в режим слежения.
В режиме слежения ФАП-1 отрабатывает сравнительно медленные уходы частоты и фазы ОГ, вызванные нестабильностью его работы. Полоса удержания системы ФАП-1 составляет ±1,5 кГц. В этом режиме не требуется высокого быстродействия, но предъявляются требования по обеспечению высокой защищенности от посторонних сигналов, которые могут поступить на вход ФД-1 вместе с сигналами синхронизации. Поэтому в режиме слежения полоса пропускания фильтра (Ф) по команде сигнал «Ident» уменьшается. Сигнал «Ident» свидетельствует об обнаружении сигнала ТВ-вещания и синхронизации опорного генератора. «Ident» вырабатывается системой идентификации (ИД).
Система фазовой автоподстройки задающего генератора строчной развертки (ФАП-2) предназначена для устранения временного рассогласования между током строчной развертки и принятым сигналом изображения. Как известно, инерционные свойства транзистора выходного каскада строчной развертки приводят к тому, что активная часть строки заканчивается, а электронный луч кинескопа продолжает двигаться к правому краю экрана. В результате нарушения синфазности развертки и передаваемого изображения на правом краю экрана изображение будет отсутствовать. Для устранения такого эффекта предназначена система ФАП-2.
Система ФАП-2 состоит из фазового детектора (ФД-2), фильтра (Ф), задающего генератора строчной развертки (ЗГС)Г буферного каскада устройства строчной развертки (БК) и выходного каскада строчной развертки (ВК) (рис. 6.8).
Система ФАП-2 работает следующим образом. Импульс обратного хода строчной развертки (Uox) с выходного каскада поступает на первый вход фазового детектора. На второй вход ФД-2 поступает напряжение опорного генератора (Uor). Напряжение Uor жестко привязано к синхроимпульсам строк, а следовательно, и к гасящим строчным импульсам.
ФД-2 вырабатывает постоянное напряжение, зависящее от рассогласования между фазой (/ог, соответствующей гасящему импульсу строк в ПЦТС, и временем прихода импульсов обратного хода. Это напряжение через фильтр Ф поступает на задающий генератор строчной развертки.
ЗГС с помощью напряжения опорного генератора Uor вырабатывает импульсы прямоугольной формы иЗГ9 из которых буферный каскад формирует сигналы, управляющие работой выходного каскада. Напряжение с выхода фильтра Ф управляет временным положением

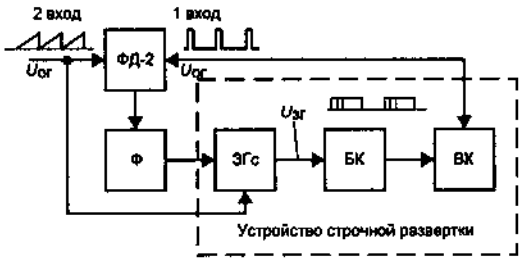


Рис. 6.8. Система фазовой автоподстройки задающего генератора строчной развертки: ФД-2 — фазовый детектор; Ф — фильтр; БК — буферный каскад; ВК — выходной каскад; $ЗГ_С$ — задающий генератор строчной развертки

переднего фронта Uзг (рис. 5.19). Этим самым регулируется момент времени запирания транзисгора выходного каскада, а значит, и временное положение импульса Uox. Импульс Uox сдвигается по времени до тех пор, пока не будет устранено временное рассогласование между сигналами, поступающими на входы фазового детектора. Диапазон изменения переднего фронта импульса UЗГ составляет порядка 15—25 мкс. Ошибка рассогласования фаз сигналов, поступающих на ФД-2, не превышает десятых долей микросекунды.

Контрольные вопросы

Почему в качестве опорного генератора используют генераторы пилообразного напряжения?

Нарисуйте функциональную схему системы фазовой автоподстройки опорного генератора и объясните ее работу.

Нарисуйте функциональную схему системы фазовой автоподстройки задающего генератора строчной развертки и объясните ее работу.

6.5. Система кадровой синхронизации

Система кадровой синхронизации состоит из схемы временного стробирования и формирователя импульсов запуска задающего генератора кадровой развертки ФИ (рис. 6.9).

Схема временного стробирования предназначена для повышения помехоустойчивости устройства кадровой синхронизации. Она пропускает на свой выход только синхроимпульсы полей, исключая возможность прохождения через нее импульсных помех, которые могут появиться на ее входе.

Схема состоит из формирователя счетных импульсов ФИ-1, счетчика импульсов (СЧ), формирователя «окон» (ФО) и схемы совпадения (рис. 6.9) и может работать в двух режимах: режиме поиска синхроимпульса полей и в режиме слежения за временным положением этого импульса.

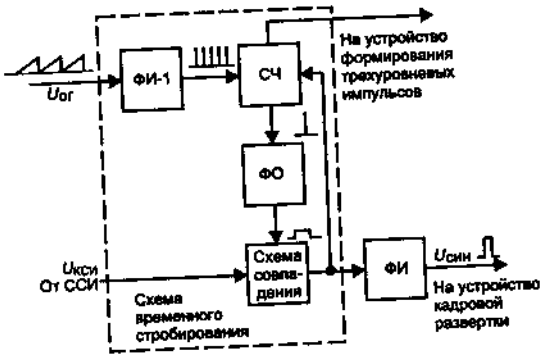


Рис. 6.9. Функциональная схема устройства кадровой синхронизации: ФИ-1 — формирователь счетных импульсов; СЧ — счетчик; ФО — формирователь «окон»; ФИ — формирователь импульсов синхронизации $U_{син}$

В режиме поиска формирователь счетных импульсов из напряжения опорного генератора Uor

формирует импульсы малой длительности с частотой повторения, равной удвоенной частоте синхроимпульсов строк. Счетные импульсы поступают на счетчик, работающий в режиме деления частоты, когда количество входных импульсов превысит его емкость, счетчик обнуляется и процесс счета повторяется вновь. Емкость счетчика N0 выбрана большей числа 625 (625 — количество счетных импульсов за время одного поля). В момент прихода 600-го счетного импульса счетчик выдает сигнал запуска формирователя «окон». «Окна» — это прямоугольные импульсы, начало которых совпадает с сигналом запуска формирователя, а конец — с моментом обнуления счетчика. «Окна» поступают на схему совпадения. На второй вход этой схемы подаются синхроимпульсы полей £/кси, выделенные в селекторе синхроимпульсов. Поскольку периоды следования «окон» и синхроимпульсов неодинаковы, то «окно» перемещается во времени относительно синхроимпульса от периода к периоду. В момент попадания синхроимпульса в «окно» на выходе схемы совпадения появляется импульс, который обнуляет счетчик, и система переходит в режим слежения.

В режиме слежения запуск формирователя окон осуществляется, как и прежде, 600-м счетным импульсом, а обнуление — сигналом с выхода схемы'совпадения, совпадающим с 625-м импульсом. Периоды следования «окон» и синхроимпульсов полей теперь оказываются одинаковым, и их взаимное положение от периода к периоду не меняется. Через схему совпадения проходят синхроимпульсы полей, совпадающие по времени с «окном», длительность которого равна 5 счетным импульсам. Помехи, находящиеся за пределами окна, схемой совпадения не пропускаются.

Помехи устройству кадровой синхронизации могут возникать при поступлении мешающих импульсов большой длительности на вход системы синхронизации. Интегрирующая цепочка, стоящая в схеме селектора синхроимпульсов, не может защитить устройство кадровой синхронизации от таких помех. (Эта цепочка защищает устройство от помех малой длительности.) Совместное использование схемы временного стробирования, интегрирующей цепочки и амплитудного ограничителя в селекторе синхроимпульсов позволяет надежно защитить устройство кадровой синхронизации от разнообразных импульсных помех.

Схема формирователя импульсов запуска. Эта схема предназначена для формирования импульса запуска задающего генератора кадровой развертки. Она представляет собой формирователь видеоимпульса стандартной амплитуды и длительности, который вырабатывается при поступлении на ее вход сигнала со схемы совпадения.

Контрольные вопросы

1. Из каких устройств состоит система кадровой синхронизации? Каково их назначение?

Для борьбы с какими помехами предназначена схема временного стробирования?

Нарисовать функциональную схему временного стробирования и объяснить ее работу.

6.6. Система формирования стробирующих

сигналов

Эта система предназначена для формирования импульсных последовательностей стандартной амплитуды, которые используются для стробирования и управления работой различных функциональных устройств ТВ-приемника. Система состоит из двух устройств: устройства формирования трехуровневых сигналов, устройства формирования стробирующих сигналов.

Трехуровневые сигналы SSC (Super Sand Castle). Необходимы для формирования стробирующих и управляющие сигналов. Сигналы SSC имеют сложную форму и состоят из трех составляющих: V-составляю-щей, Н-составляющей и S-составляющей (рис. 6.10).

V-составляющая образует первый уровень сигнала SSC. Эта составляющая представляет собой периодически повторяющиеся прямоугольные импульсы амплитудой 2,5 В. Начало каждого импульса совпадает с началом синхроимпульса полей принятого ПЦТС, длительность импульса равна длительности 22 строк.

Второй уровень сигнала SSC образуется Н-согставляющей. Она совпадает по времени с гасящими импульсами строк в принятом ПЦТС. Уровень Н-составляющей равен 4,5 В.

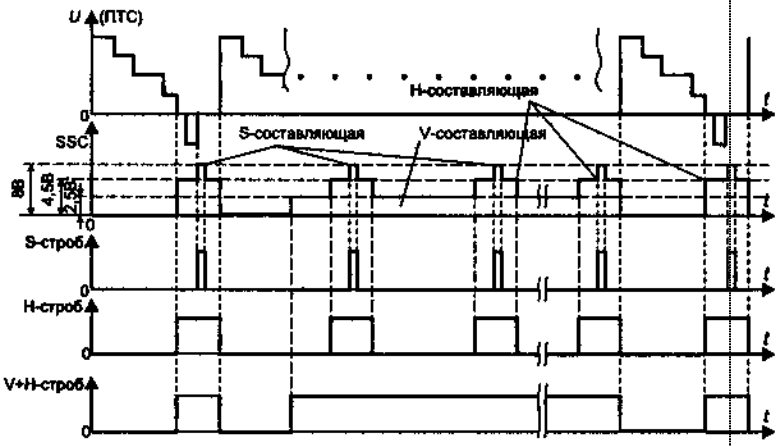


Рис. 6.10. Импульсы SSC и стробирующие сигналы

S-составляющая образует третий уровень сигнала SSC. Эта составляющая представляет собой последовательность прямоугольных импульсов, расположенных на Н-составляющей сигнала SSC. Начало импульсов совпадает с окончанием синхроимпульсов строк. Длительность каждого импульса равна 3,8 мкс. Уровень S-составляющей 8 В.

Для формирования Н- и S-составляющих используется пилообразное напряжение опорного генератора устройства строчной развертки, которое жестко привязано по фазе к синхроимпульсам строк принимаемого ПЦТС. Для формирования V-составляющей используются сигналы с выходов счетчика устройства кадровой синхронизации.

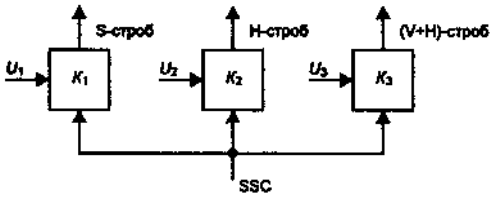


Рис. 6.11. Схема формирования стробирующих сигналов

Схема формирования стробирующих сигналов состоит из трех параллельно включенных компараторов К1? К2, К3 (рис. 6.11). На первые входы компараторов поступают сигналы SSC. На вторые входы компараторов К,, К2, К3 подаются постоянные напряжения [/! = 1,25 В; U2 = 3,5 В; U3 = 6 В соответственно. Если уровень напряжения на первом входе компаратора превышает уровень напряжения на втором входе, то выходное напряжение компаратора равно высокому уровню, принимаемому за логическую единицу. Если нет, то на выходе компаратора устанавливается низкий уровень, соответсгвую-

щий логическому нулю.
Сформированные таким образом три импульсных последовательности единичного и нулевого уровней на выходах компараторов явля-югся стробирующими сигналами ТВ-приемника.
Контрольные вопросы
Нарисовать сигналы SSC и соотнести их с ПТС,
С какой целью формируют сигналы SSC?
Пояснить принцип формирования управляющих сигналов с помощью сиг налов SSC.

7. РАДИОКАНАЛ

7.1. Радиоканал телевизионного вещания

7.1.1. Технические средства передачи сигналов на расстояние

Радиоканалом телевизионного вещания называют комплекс технических средств для передачи телевизионной программы на расстояние. В его состав входят передающее оборудование телецентра и радиоканал телевизионного приемника. Упрощенная схема радиоканала приведена на рис. 7.1.
Сигналы изображения и звукового сопровождения на телецентре преобразуются в радиосигналы с помощью передатчиков изображения ПИ и звуковсмго сопровождения ПЗ. Эти радиосигналы суммируются** изяучшйв*1йф1йда1ощей антенной Ант. 1.
Электромагнитные волны достигают приемной антенны Ант. 2, которая преобразует их в электрические сигналы соответствующих радиочастот. Радиоканал телевизионного приемника РК ТВ усиливает принятые радиосигналы, отделяет их от помех и преобразует в исходные сигналы изображения и звукового сопровождения.

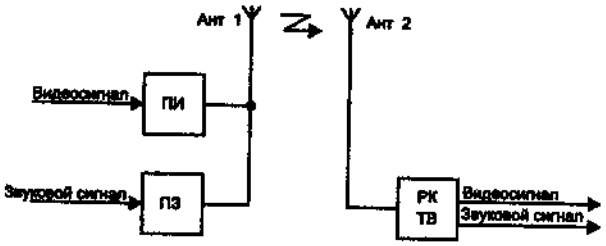


Рис 7 1 Радиоканал ТВ вещания ПИ — передатчик изображения, ПЗ — передатчик звукового сопровождения, Ант 1, 2 — передающая и приемная антенны, РК ТВ — радиоканал телевизионного приемника

В случае идеальной передачи сигналов телевизионного вещанрщ: с телецейтра потребителю принятые сигналы изображения и звукового сопровождения должны в точности соответствовать передандаим. На практике сигналы при передаче подвергаются искажениям и Воздействию помех. Радиоканал телевизионного вещания строится таким образом, чтобы свести искажения к малому допустимому уровню и минимизировать действие помех,

7.1.2. Радиосигнал телевизионного вещания

Сигнал телевизионного вещания (в терминах теории связи — сообщение) состоит из сигнала изображения ц сигнала зэукового сопровождения. Сигнал изображения может содержать спектральные составляющие от 0 до 6 МГц, сигнал звукового сопровождения — от 30 до 15 000 Гц. Совместно с сигналами изображения передаются импульсы, необходимые для синхронизации кадровой и строчной разверток телевизора, а также сигаалы маетносщ и елуж^бьшр <до$щщц

Для беспроводной передачи изображения и звука на расстояние соответствующие им сигналы приемника переносятся в область par диочастот — метровых или дециметровых волн. Радиосигнал получается путем модуляции несущего колебания передаваемым сообщением. ,
Несущее колебание — это гармоническое (синусоидальное) колебание, предназначенное дел переноса сообщения па „^сцроводной или кабельной линии передачи. Математически оно предсталдяетея в
ВИДе
UH(t) = Acos(2πft + φ). ' (7,1)

Мгновенное значение несущего колебания полностью определя
ется Тремя пацш«етрами: А — амплитуда, f-частота, φ — начальная
фаза. ,»
Для того чтобы можно было передавать в одном городе несколько программ телевизионного вещания, используют несущие колебания нескольких частот, В телевизионном приемнике они разделяются методами частотной селекции при настройке приемника на станцию.
Модуляцией называют изменение одного (или нескольких) параметров несуедяпб колебания в соответствии с передаваемым сообщением. Так как значение несущего колебания в любой момент времени определяется 1ремя параметрами, возможны три основные вида модуляции: амплитудная, частотная и фазовая.
В случае амплитудной модуляции значение амплитуды несущей в некоторый момент времени t определяется значением сообщения в этот момент времени, В случае частотной или фазовой модуляции значение сообщения в момент t определяет мгновенную частоту либо фазу несущего колебания. Выбор вида модуляции для передачи изрбг ражения и звукового сопровождения определяется, с одной стороны, помехоустойчивостью линии связи, а с другой — ограничениями на занимаемую радиосигналом полосу частот.
При модуляции несущего колебания в спектре радиосигнала появляются боковые полосы — верхняя и нижняя. Они несут одинаковую информацию, но ширина спектра радиосигнала оказывается больше, чем ширина спектра модулирующего колебания. Для ТВ-вещания выделены ограниченные полосы частот электромагнитных волн, поэтому при разработке стандартов телевизионных сигналов стремятся к уменьшению частотной полосы, занимаемой одной телевизионной программой. Это делается с целью размещения большего числа программ в выделенных диапазонах частот.
Высокую'помехоустойчивость при передаче сообщения обеспечивает широкополосная частотная модуляция (ЧМ). Однако частотно-модулированый сигнал занимает полосу частот, во много раз превосходящую подосу частот модулирующего радиосигнала. Поэтому частотная модуляция может применяться для передачи сигналов звукового сопровождения, имеющих относительно узкую полосу 15 кГц. Для передачи видеосигнала, имеющего широкую полосу 6 МГц, используется амплитудная модуляция.
Спектр радиосигнала изображения. Ширина спектра амплитуд-но-модулированного радиосигнала в два раза больше верхней частоты спектра

модулирующего сигнала. При передаче видеосигнала с верхней частотой 6 МГц с помощью амплитудной модуляции радиосигнал занимал бы полосу 12 МГц, Для уменьшения этой полосы передача изображения производится с помощью однополосной модуляции. В пределе это могло бы вдвое уменьшить требуемую полосу частот, но из-за ряда технических сложностей экономия полосы получается несколько меньше. На практике формируется двухполосный амплитуд-но-модулировайный сигнал изображения, после чего специальным фильтром подавляется часть нижней боковой полосы» В результате получается колебание, в которое передача низких частот модуляции происходит методом обычной (двухполосной) модуляции, а передача верхних — методом однополосной модуляции. Условный спектр такого колебания приведен на рис. 7.2.

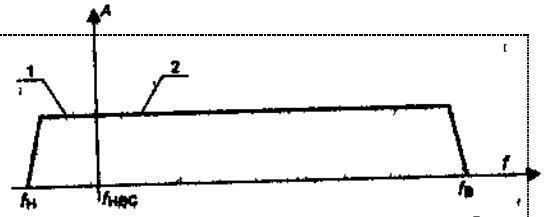


Рис. 7.2. Условный спектр радиосигнала изображения

Условным э|гог спектр назван потому, что он характеризует только область частот, занимаемых сигналом, а не реальные соотношения амшшуд составляющих. Кроме того, он не учитывает тонкую структуру спектра: ди£|сретность, наличие составляющих синхронизации и цветности. Составляющие спектра от значения несущей частоты fнес до верхней частоты fв представляют собой верхнюю боковую полосу, возникающую при амплитудной модуляции несущего колебания. Они передаётся «о каналу связи полностью. Составляющие спектра от^нюшей частоты^ до значения несущей^ представляют собой остаток не до конца подавленной нижней боковой полосы амгоштудно-модулиро-ванного колебания.

Позитивная и негативная модуляция. Для передачи изображения можно применить один из двух видов амплитудной модуляции: позитивную либо негатшйную. Есйи урфшень белого (высокий уровень) передается с помощью больших амплитуд, а уровень черного (низкий уровень) — с помощью малых, то модуляцию называют позитивной. Если же уровень белого ередщщ малыми амплитудами, а черного — большими, то модуляцию называют негативной (рис. 73).

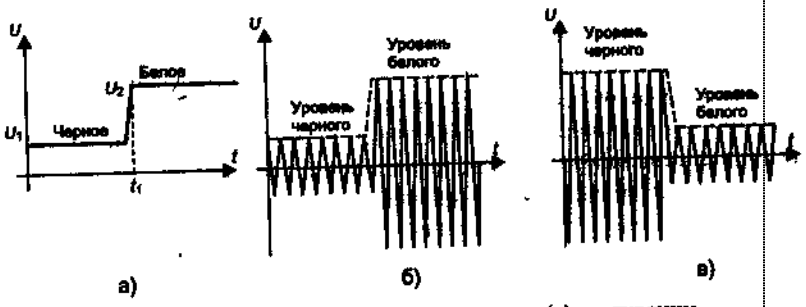


Рис. 7.3. Позитивная (б) и негативная (в) модуляции

На рис. 7.3, а показана форма сигнала изображения: до момента t1 передается уровень черного Ul9 после момента ft передается уровень белого U2*

На рис. 7.3, б показана форма радиосигнала при позитивной модуляции: уровню черного (при t < t{) соответствует радиосигнал мети шей амплитуды, уровню белого (при t> t1,) — сигнал большей амплитуды. '

На рис. 7.3, показана форма радиосигнала при негативной модуляции: уровню черного соответствует сигнал большей, а уровню бело го — меньшей амплитуды.

Оба вида модуляции имеют свои достоинства и недостатки. 1^(оэ-тому в одних стандартах телевидения используется позитивная]^оду-ляция, в других — негативная. В России принята негашеная модуляция, т. е. светлым местам соответствует меньшая мощность излучения, а синхроимпульсам (уровень «чернее, черного») — большая мощность. При этом лучше используется мощность передатчик^, обеспечивается более высокая помехоустойчивость передачи синхроимпульсов, менее заметны на экране импульсные помехи, облегчается построение системы автоматической регулировки усиления в приемнике. Форма радиосигнала при негативной амцпшудной модуляции приведена на рис. 7 А

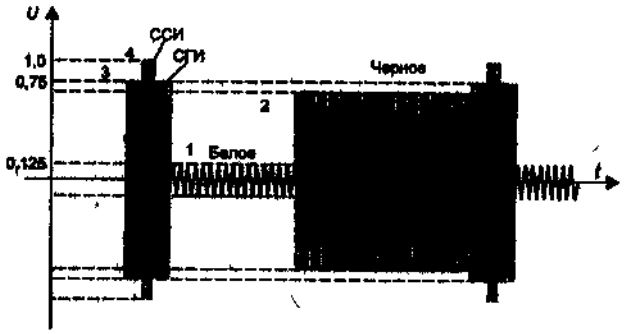


Рис. 7.4. Форма радиосигнала при негативной модуляции: 1 — уровень белого; 2 — уровень черного; 3 — уровень строчных гасящих импульсов (СГИ); 4 — уровень строчных синхронизирующих импульсов (ССИ)

Радиоканал звукового сопровождения. Несущая сигнала звукового сопровождения жестко привязывается по частоте к несущей изображения. В российском стандарте частота несущей звукового сопровождения Ьыше частоты несущей изображения на 6,5 МГц.

Сигнал звукового сопровождения модулирует свою несущую по частоте (в Стандарте России). Чем(больше уровень звукового сигнала, тем больше отклонение мгновенной частоты несущего колебания от номинального значения/нз. Наибольшее отклонение частоты называют девиацией частоты. Обычно девиация частоты в вещательном телевидении не превышает 50 кГц, йр# этом ширина спектра частот-но-модулированного сигнала составляет не более 250 кГц.

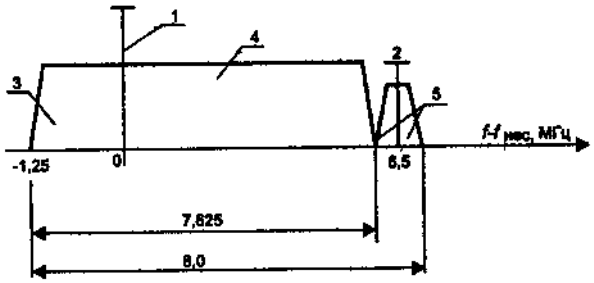


Рис. 7.5. Спектр радиосигнала вещательного телевидения: 1 — несущая изображения; 2 — несущая звукового сопровождения; 3 — частично подавленная нижняя боковая сигнала изображения; 4 — верхняя боковая сигнала изображения; 5 — боковые частотно-модулированного сигнала звукового сопровождения

Радиосигнал вещательного телевидения и его спектр. Совокупность радиосигналов изображения и звукового сопровождения одной телевизионной программы называют радиосигналом вещательного телевидения. Спектр радиосигнала вещательного телевидения показан на рис. 7.5,

Частоты указаны в соответствии с российским телевизионным стандартом. По горизонтальной оси отложена разность между частотой/и несущей частотой изображения.

Радиоканалом вещательного телевидения называют цолосу радиочастот, отведенную для передачи радиосигналов одной вещательной программы.

В этой полосе частот передаются:

• радиосигнал изображения (несущая изображения, модулированная полным цветовым телевизионным сигналом);

* радиосигнал звукового сопровождения (несущад звука, модулированная сигналом звукового сопровождения).

В России общая ширина канала телевизионного вещания составляет 8 МГц, из них 7,625 МГц отвадится на передачу сищада изображения. Спектр сигналов цветности, гасящих и сщхронизирующих импульсов располагается в той же полосе частот, которая отведена для сигналов изображения. Спектр сигнала звукового сопровождения занимает полосу 0,25 МГц. Разнос несущих частот изображения и звука составляет 6,5 МГц, Изображений передается методом амплитудной модуляции с частичным подавлением нижней боковой полосы. Звуковое сопровождение передается методом частотной модуляции. Отношение мощностей передатчиков изображения и звука равно lb:l.

7.1.3. Частотные каналы телевизионного вещания

i f \ }

Для передачи ТВ-сигнала от телецентра к приемнику используется микроволновый диапазон волн, включающий метровые волны (МВ), дециметровые волны (ДМ В) и сантиметровые водны. Последние используются для сигналов спутникового телевидения.

При распространении электромагнитной волны в свободном пространстве длина волны К и частота колебаний связаны соотношением $\lambda = c/f$, где $c = 3 \cdot 108$ м/с — скорость распространения электромагнитной волны. Поэтому указание длины волны однозначно определяет частоту колебаний и наоборот. Основные диапазоны волн вещательного телевидения. Основные диапазоны волн, в которых работают телевизионные передатчики, их оббзначения и область занимаемых частот приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Название диапазона	Варианты обозначения			Номера ТВ-	Диапазон
Нижний	VHF-	VHF-	1,11	1-5	48,5
верхний	VHF-	VHM	Mi	6-12	174..230
ДвваэЫДМВ	UHF	UHF	tf,V	21-60	470
Расшиоенный	Hype	VHF-	Cab	Кабель	ИЗО

В области метровых волн размещаются 12 каналов вещательного телевидений: пять каналов в нижнем поддиапазоне и семь каналов в верхнем. В нижнем поддиапазоне метровых волн, кроме телевизионных программ располагаются также радиовещательные станции УКВ-диапазона Ш,8...73,0 МГц) и FM-диапазона (87,5... 108 МГц).

Вдециметровом диапазоне разлагается 60 каналов вещательного телевидения. Весь ДМВ-диайазон делят на два поддиапазона, обозначбшшх римскими цифрами IV и V. Отдельный диапазон частот выделен для кабельного телевидения.

В разных странах используется не совсем одинаковое распределение частот, номируемое разными международными организациями (CCIR, OIRT). Например, в отличии от данных в табл. 7.1, в ряде стран принято размещение в диапазоне ДМВ шестидесяти восьми каналов с номерами 21—68, занимающих

область частот от 470 до 854 МГц, В россии для обельного телевидения выделены спецканалы: СК1ГСК8 (110..174 МГц) и СК11-СК18 (250...294 МГц),
С целью избежать помех от соседних каналов в пределах одной местности передача ведется с пропуском соседнего канала. Это уменьшает количество возможных телевизионных каналов в 2 раза.
Для спутникового телевизионного вещания выделены 7 каналов в обдаете частот от 1,452 ГГц до 86 ГГц: L*, S-, С-, Х-, Ки~, Ка-, К-диапазоны. В России активно используется диапазон Ки (спутники Галс-1, Галс-2). Он делится на два поддиапазона: нижний (10,70,..12,75 ГГц) и верхний (12,75,.14,80 ГГц).
Параметры канала ТВ-вещания. Каждый канал ТВ-зещания характеризуется следующими частотными параметрами:
полоса пропускания, занимаемая сигналом;
несущая частота изображения;
несущая частота звукового сопровождения;
средняя частота канала.
Например, первый российский канал метрового диапазона волн занимает полосу частот от 48,5 МГц до 56,5 МГц, что составляет 8 МГц, имеет несущую частоту изображения 49,75 МГц, несущую частоту звукового сопровождения 56,25 МГц и среднюю частоту 52,5 МГц.
7.1.4. Стандарты телевизионного вещания

Стандартом телевизионного вещания называют усгашоотшиый международной технической организацией набор параметров, определяющих телевизионный сигнал.
Стандарт телевизионного вещания определяется совокупностью стандарта телевизионного сигнала и системы цветного телевидения.
Стандарт телевизионного сигнала определяет дараметры сигнала без характеристик цветности: число отрок в кадре, частота развертки полей, разностная частота несущих звука « изображения, ширина полосы ТВ-сигнала, тип модуляции несущих изображения и звука и т. д.
Стандарты сигнала принято называть латинскими буквами: В, D, G, I, Н* К, К,, L, М, N.* В мире действует 10 стандартов ТВ-сигнала. Разные регионы мира используют разные телевизионные стандарты. Телевизионной приемник, рассчитанный на прием только одного стандарта не может нормально принимать сигналы других стандартов. Большинство фирм, осуществляя конкурентную борьбу» выпускают мультистандартные телевизоры, рассчитанные на прием сигналов в различных регионах мира, т, е. по разным стандартам
Некоторые характеристики стандартов ТВ-сигналы, относящиеся к параметрам радиоканала, приведены в таблице7,2.
Стандарты D и К, принятые в России, полностью идентичны, за исключением того, что стандарт D применяется в области метровых волн, а стандарт К — в области дециметровых волн. Стандарты В и G отличаются в основном шириной радиокадала. Существенное различие между D/K и B/G состоит в разной величине разноса частот, несущих изображения и звукового

сопровождения.
Для видеозаписи и воспроизведения на видеомагнитофонах, а также на комдакт-дщсках используются дополнительнее стандарты.
Параметры радиоканала для разных стандартов ТВ-сигнала приведены в табл. 7.2.
Таблица 7.2

Характеристики		- Стандарты				
		0	К	В	G	М
Диапазон волы		МВ	ДМВ	МВ	ДМВ	МВ,
Ширина полосы		8		7	8	6
Разность несущих		6>5		5,5		4,5
Граничные частоты	НИЖ	-1,25		-1,25		-1,25
	верхн	6,75		&.Т5	6,75	4,75
Ширина боковой подавленной		0,75		ff.ft		0,75
Полярность амплитудной		Негативная		Негативная		Негативная
		Частотная		Частотная		Часто
Девадия несущей		*50		±50		±50

Система цветности определяет способ передачи сигналов цветности. В настоящее время используются три основных системы цветности: NTSC, SECAM, PAL. Система NTSC характеризуется одновременной передачей сигналов цветности с помощью квадратурной балансной модуляции поднесущей. В системе SECAM сигналы цветности передаются поочередно (через строку) с помощью частотной модуляции двух поднесущих (SECAM — III B). Система PAL представляет усовершенствование NTSC: сигнал цветности красного меняется от строки к строке на 180°. В разных регионах мира используются разные системы цветности.
Стандарты телевизионного вещания. Для того чтобы указать стандарт телевизионного вещания, требуется указать систему цветности и стандарт телевизионного сигнала, например SECAM-D/K.
В странах, входящих в организацию OIRT (МОРТ — Международная организация радиовещания и телевидения), распространена система SECAM-D/K. В большинстве европейских стран, объединенных организацией CCIR (МККР — международный консультативный комитет по радиосвязи), принята система PAL -B/G. В США, тде радиовещание регламентируется Федеральной комиссией по связи (FCC), принята система NTSC-M. Китай использует PAL-D, Япония — NTSC-M, Англия — PAL-I, Египет — Secam B/G и т, д. В России используется SECAM D/K.
7.1.5. Помехи телевизионному приему
Помехой называют любое воздействие на телевизионный приемник, приводящее к искажению изображения или звука.
Основными видами помех являются атмосферные, индустриальные, внутренние и связанные с условиями распространения сигнала.
Атмосферные помехи преимущественно вызываются грозовыми разрядами.

Они приводят к появлению вспышек на экране, ярких горизонтальных полос, к срыву синхронизации и к щелчкам в громкоговорителях. Мощная помеха может привести к выходу из строя транзисторов и микросхем. Телевизор является чувствительным прибором, способным реагировать на очень удаленные грозовые разряды, не воспринимаемые органами чувств человека.
Индустриальные помехи создаются разнообразными электрическими установками (трамваи, системы зажигания автомобилей, электромедицинская аппаратура и т. д.). Их проявление разнообразно и зависит от электрических характеристик помех. Импульсные помехи приводят к появлению на экране коротких ярких горизонтальных точек и к срыву кадровой синхронизации. Непрерывные помехи приводят к искривлению вертикальных линий в части растра и к возникновению сетки — наклонных светлых и темных полос на изображении.
Внутренние помехи возникают вследствие попадания на вход телевизионного приемника колебаний, возникающих в его собственной схеме. Это могут быть помехи от искрового или коронного разряда в высоковольтных цепях телевизора, от проникновения сигнала звукового сопровождения в канал изображения, от пульсаций питающих напряжений и т. д. Особое значение имеет внутренний шум каскадов приемника, являющийся принципиально неустранимым (тепловой шум резисторов, дробовой эффект). Внутренние помехи приводят к цветным искрам на экране, полосам, искажениям вертикальных линий. При слабом сигнале приемник имеет большое усиление и внутренний шум просматривается на экране в виде так называемого «снега».
К помехам, связанным с условиями распространения сигнала, относят помехи от переотраженных сигналов, вызывающие повторное (неподвижное) изображение, сдвинутое вправо. Из-за повтора строчных гасящих импульсов возможно появление темной вертикальной полосы длиной 2—4 см в левой части растра.
Методы борьбы с помехами обычно сводятся к использованию различных видов селекции: пространственной, частотной, временной.
7,1.6. Зона уверенного приема телевизионного сигнала
Радиоволны микроволновых диапазонов (МВ, ДМВ) распространяются в виде поверхностных волн, то есть вдоль поверхности земли в пределах прямой видимости.
На равнине дальность приема телепрограмм ограничена из-за кривизны земной поверхности:
$R = 4(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})$, (7.2)
где R — дальность приема, км; h1, 2 — высота приемной и передающей антенны, м.
В городе разноэтажной застройки возникают тени радиосигнала,
а также повторные сигналы, связанные с переотражением радиоволн.
В области тени прием крайне неустойчив.
Необходимый уровень входного сигнала ТВ-приемника ограничивается его чувствительностью.
Чувствительность ~~ это наименьшее значение напряжения радиосигнала на входе телевизора, необходимое для получения нормального изображения и

звука. Современный телевизионный приемник обычно имеет достаточно большое усиление и, следовательно, обладает способностью принимать слабые сигналы. Однако для качественного приема необходимо значительное (50—70 раз) превышение сигнала над шумами.

Значение отношения сигнал/помеха по высокой частоте, требуемое для качественного приема сигналов, называют Защитным отношением.

Территориальная зона, в пределах которой обеспечивается защитное отношение, называется зоной уверенного приема телевизионного сигнала.

В благоприятных условиях возможен прием телевизионных сигналов за пределами зоны уверенного приема — дальний прием телевидения.

Краткие итоги

• для передачи ТВ-программы на расстояние формируется радиосигнал вещательного телевидения. Он представляет собой совокупность радиосигналов изображения и звукового сопровождения одной программы. Радиосигнал изображения — это несущая изображения, модулированная полным (цветовым) ТВ-сигналом. Радиосигнал звукового сопровождения — это несущая звука, модулированная сигналом звукового сопровождения;

для вещательного телевидения отведены диапазоны в области метровых, дециметровых и сантиметровых волн. Сантиметро вые волны используются в спутниковом телевидении. Внутри каждого диапазона телевизионные каналы пронумерованы;

в мире используется десять стандартов телевизионного сигнала. Стандарт определяет параметры сигнала без характеристик цветности;

в России используются стандарты телевизионного сигнала D/K. В этих стандартах изображение передается методом амп литудной модуляции с частичным подавлением одной боковой спектра сигнала, а звуковое сопровождение — методом частот ной модуляции;

» полный спектр телевизионного сигнала (по стандартам, принятым в России) занимает полосу частот 8 МГц. В этой полосе передаются несущие колебания сигналов изображения и звукового сопровождения. Верхняя боковая амшштудно-модулиро-ванного сигнала изображения, остаток не до конца подавленной нижней боковой амплитудно-модулированного сигнала изображения, боковые составляющие частотно-модулированного сигнала звукового сопровождения, а также сигналы цвеатности, синхронизации, дополнительной информации и служебные сигналы. Разность несущих частот звукового сопровождения и изображения составляет 6,5 МГц.

7.2. Телевизионная радиостанция

7.2.1. Функциональная схема станции

Для передачи телевизионного сигнала в эфир используется телевизионная радиостанция. Она состоит из телевизионного передатчика, антенного фильтра, фидерной линии и передающей антенны (рис. 7.6). На телевизионную станцию поступают передаваемые сигналы: полный (цветовой) телевизионный видеосигнал и сигнал звукового сопровождения. Антенна излучает сформированный телевизионным передатчиком радиосигнал вещательного телевидения.

Телевизионную радиостанцию принято обозначать условным названием (или символом) и дробным числом. Числитель дроби означает мощность радиосигнала на выходе канала изображения, а знаменатель — мощность радиосигнала на выходе канала звукового сопровождения. Например, ТВ-50/10-Ш означает, что это ТВ-передатчик с мощностью в канале изображения 50 кВт и в канале звукового сопровождения 10 кВт, предназначенный для работы в третьем поддиапазоне (6—12 каналы телевидения).
Телевизионный передатчик — это комплекс устройств, предназначенных для преобразования полного телевизионного видеосигнала и сигнала звукового сопровождения в радиосигнал вещательного теле-ведении. В нем можно выделить каналы изображения и звукового сопровождения (рис. 7.6).
Антенный фильтр является сумматором сигналов, поступающих с выходов каналов изображения и звукового сопровождения.
Эти сипйлы можно объединить и использовать для их передачи и излучения общие фидер и антенну, так как несущие частоты изображения и звукового сопровождения близки друг к другу. Конструкция антенного фильтра исключает взаимное влияние суммируемых сигналов обоих каналов.

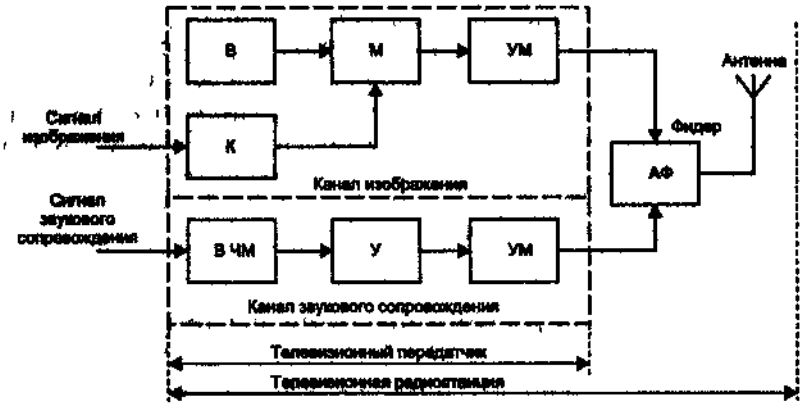


Рис. 7.6. Упрощенная структурная схема телевизионной радиостанции: В — возбудитель; М — модулятор; УМ — усилитель мощности; В ЧМ — возбудитель ЧМ-сигналов; АФ — антенный фильтр; К — корректор

7.2.2. Канал изображений ТВ-передатчика

Канал из^брашния ТВ-передатчика предназначен для преобразования полного (цветового) телевизионного видеосигнала в радиосигнал изображения.
Основными функциональными узлами ТВ-передатчика являются возбудитель, модулятр, усилитель мощности и корректор искажений.
Возбудитель вырабатывает синусоидальное колебание номинальрой частоты. Значение частоты определяется номером используемого телевизионного канала, К стабильности частоты несущей изображения предъявляются жесткие требования. Поэтому используется кварцевая стабилизация частоты сигнала с последующим умножением ее до номинального значения. В качестре сигнала этацоннрй частотщ может также служить стандарт частрты — радиосигнал, излучаемый специальной станцией и принимаемый вд телецентре специальным приемником.
Модулятор осуществляет модуляцию (измерения) амплитуды несущего колебания изображения подным телевизионным видеосигналом. Он должен обеспечивать линейность модуляции (во избежание искажений передаваемого сообщения) и дрстаточно высокий КПД (коэффициент полезного действия)

передатчика.
Используется модуляция на высоком, среднем и низком уровне мощности. Модуляция на высоком или среднем уровне мощности осуществляется либо в оконечном высокочастотном каскаде, либо в предоконечном каскаде. Выбираются энергетически выгодные схемы модуляции, как правило, не обеспечивающие высокой линейности модуляционной характеристики. Модуляция на ниэком уровне применяется в более сложных радиотрактах канала изображения, использующих преобразование частоты сигнала возбудителя. При модуляции на низком уровне мощности можно использовать высоколинейные схемы модуляции, которые на высоких и средних уровнях мощности энергетически не выгодны.
Амплитудно-модулированный сигнал далее проходит через фильтры подавления нижней боковой полосы и усиливается усилителем мощности. Корректор искажений компенсирует различного рода искажения, возникающие в процессе модуляции, усиления и фильтрации — системные искажения.
Нелинейность фазочастотных характеристик устройств обработки сигнала приводит к возникновению фазовых искажений. Фазбвые искажения в низкочастотной области вызывают появление отрицательного выброса видеосигнала ТВ-приемника в области, предществующей нарастанию сигнала, а также затягивают фронт нарастания сигнала. Поэтому они проявляются на экране кинескопа в виде окантовки слева от деталей изображения и «смазывания» левого яркостного перехода. Фазовые искажения в высокочастотной области вызывают появление колебательного затухающего процесса после скачка напряжения как от белого к черному, так и от черного к белому. Поэтому они проявляются на экране кинескопа в виде подчеркивания правого края изображения. Расхождение во времени сигналов яркости и цветности, вызванное фазовыми искажениями, приводит к расслоению цветов на изображении.
Полностью корректировать фазовые искажения можно только в высокочастотном сигнале, это легко вьтолняется при модуляции на низком уровне мощности путем установки корректирующих звеньев в цепях промежуточной чаетоты. На видеочастоте может быть произведена только частичная коррекция, так как не учитывается асимметрия характеристики гругаюого времени запаздывания сигнала в области несущей изображения. В этом случае в качестве корректора искажений обычно используют специальные фазовые фильтры. Каждый из фильтров задерживает сигнал в определенной области частот на определенное время без амплитудно-частотных искажений.
7.2.3. Канал звукового сопровождения ТВ-передатчика
Канм звукового сопровождения ТВ-передатчика предназначен для преобразования сигнала звуковых частот в частотно-модулированный радиосигнал звукового сопровождения. Основными функциональными узлами канала звукового сопровождения являются возбудитель ЧМ-сигналов, предварительный усилитель и усилитель мощности»
Возбудитель ЧМ-сигналов формирует частотно-модулированный радиосигнал

звукового содровождения телевизионной программы небольшой мощности. Он определяет не только номинальное значение частоты несущей звукового сопровождения, но и основные качественные показатели звукового тракта. Частотно-модулированный радиосигнал звукового сопровождения формируется только ца малом)уровне мощности непосредственно в возбудителе. В последующем тракте он усиливается и умножается по частоте. Для получения, ЧМ-колебаний обычно используют возбудатели с непосредственной модуляцией сиганала генератора и автоподстройкой средней частоты (рис. 7.7).

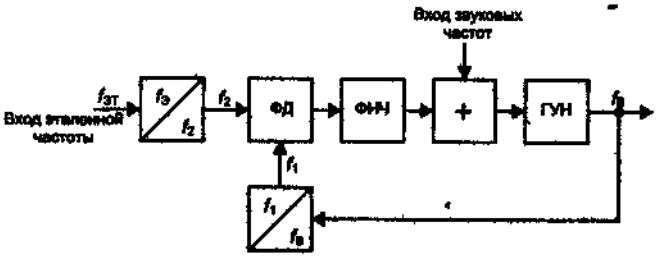


Рис 7.7. Структурная схема автоподстройки частоты возбудителя: ФД — фазовый детектор; ФНЧ — фильтр низкой частоты; ГУН — генератор, управляемый напряжением

Сигнал возбудителя частотой /й, создается генератором, управляемым напряжением (ГУН).

Выходной сигнал частоты /в и сигнал эталонной частоты f^ преобразуются путем деления, умножения и суммирования частот в сигналы одинаковых частот/, -/2, которые поступают на фазовый (ФДК) или частотный (ЧДК) дискриминатор. В дискриминаторе они сравниваются по фазе (или частоте), и на его выходе формируется напряжение ошибки» пропорциональное разности фаз (частот).

Напряжение ошибки через фильтр нижних частот (ФНЧ) подается на ГУН и управляет его частотой. Управление производится таким образом, чтобы частота ГУН стала равной заданной частоте fв.

В случае отклонения частоты возбудителя fв номинального значения нарушается равенство преобразованных частот/,«/2 и возникает управляющее напряжение, восстанавливающее заданное значение частоты возбудителя.

В современных возбудителях используется как фазовая, так и частотная автоподстройка, работающая в импульсном режиме. Ее работа поддерживает номинальное значение частоты несущей звукового сопровождения с высокой точностью и стабильностью.

Для получения частотной модуляции на ГУН подается модулирующее нацряжение звуковой частоты UMOI(> В целях улучшения отношения сигнал/шум в модулирующий сигнал вводят предыскажения, заключающиеся в увеличении уровня верхних звуковых частот. В приемнике эти предыскажения компенсируются после частотного детектора»

7.2.4. Элементная база

В современных ТВ-передатчикая широко используют полупроводниковые приборы. Вакумные приборы (тетроды в передатчиках метрового диапазона, тетроды и клистроны в передатчиках дециметрового диапазона) применяют лишь в оконечных, реже в предоконечных каскадах.

|" В настоящее время стало возможным оконечные мощные каскады, также выполнять на транзисторах. Для получения большой мощности параллельно включают необходимое число транзисторов, обьединен-ных по входу и по выходу мостовыми схемами.

Бесперебойность работы передатчиков обеспечивается их резервированием. Один передатчик работает, второй находится в, резерве.

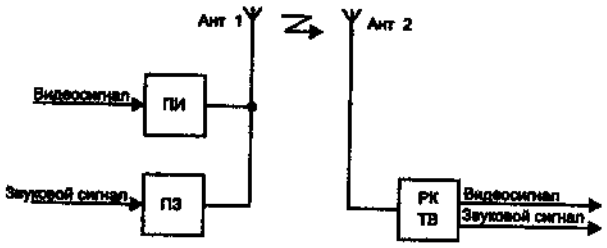


Рис 7 1 Радиоканал ТВ вещания ПИ — передатчик изображения, ПЗ — передатчик звукового сопровождения, Ант 1, 2 — передающая и приемная антенны, РК ТВ — радиоканал телевизионного приемника

Краткие итоги

телевизионная радиостанция предназначена для передачи телевизионного сигнала в эфир. С этой целью видеосигнал и сигнал звукового сопровождения преобразуются в радиосигналы,

которые излучаются общей передающей антенной;

в состав телевизионной станции входят телевизионный пере

датчик, антенный фильтр, фидерная линия и передающая антенна;

телевизионный передатчик преобразует полный телевизионный

видеосигнал ц сигнал звукового сопровождения в радиосигнал

вещат$дьного телевидения. В нем можно выделить каналы

изобррсения и звукового сопровождения;

в канале изображения возбудитель вырабатывает несущее коле -

С&ние с высокой стабильностью частоты. Это колебание моду -

дарується по амплитуде в модуляторе фильтруется для частичного подавления

нижней боковой полосы и усиливается в усилителе мощности;

• канале звукового сопровождение возбудитель ЧМ-сигнала вырабатывает частотно-модулированный радиосигнал звукового сопровождения, который затем усиливается в предварительном усилителе и усилителе мощности;

• современная элементная база и схемотехника позволяют разрабатывать транзисторные телевизионные передатчики без применения ламповых приборов.

7.3. Радиоканал телевизионного приемника

Радиоканал телевизионного приемника обеспечивает следующие функции:

настройку на выбранную программу;

выделение полезного сигнала из смеси сигналов и помех;

усиление сигнала;

разделение сигналов изображения и звукового сопровождения;

детектирование сигналов изображения и звукового сопровождения;

выделение строчных и кадровых синхронизирующих им

пульсов;

автоматическую регулировку усиления;

8)автоматическую подстройку частоты гетеродина.

7.3.1. Функциональная схема радиоканала вещательного телевизионного приемника

В соответствии с выполняемыми функциями схема радиоканала представлена на рис. 7.8,
Сигнал от приемной антенны поступает на вход селектора каналов (тюнера), который обеспечивает настройку приемника на выбранный канал, усиление сигнала и его преобразование на промежуточную ча стоту. Сигналы промежуточных частот изображения и звукового со-провождения усиливаются в усилителе промежуточных Частот изображения (УПЧИ) и поступают на видеодетектор (ВД), Схема, в которой сигналы промежуточных частот изображения и звукового сопровож-дейия усиливаются в общем УПЧИ, называется одноканальной.
Видеодетектор преобразует радиосигнал промежуточндй частоты изображения в полный цветовой телевизионный видеосигнал и преобразует радиосигнал промежуточной частоты звукового сопровбждедения в радиосигнал второй промежуточной частоты звукового сопровождения.
После видеодетектора сигналы изображения и звукового сопровождения разделяют частотами фильтрами. Режекторный фияьтр (РФ) настраивавши на значение второй промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения и не пропуекает этот сигнал в видео-канал телевизора. Таким образом, после РФ выделяется полный цветовой телевизиошшй сигнал ПЦТВ.
Полосовай-фильтр (ПФ) также настраивается на вторую промежуточную частоту сигнала звукового сопровождения, но, в отличие от РФ, пропускает этот сигнал для дальнейшего усиления в усилителе промежуточной частоты звукового сопровождения (УПЧЗ). Видеосигнал на вход УПЧЗ не проходит.
С выхода УПЧЗ напряжение второй промежуточной частоты звукового сопровождения поступает на частотный детектор (ЧД). На выходе частотеого детектора образуется Сигнал звуковых частот — сигнал звукового сопровождения СЗС. В дальнейшем этот сигнал усиливается в звуковом канале телевизора и воспроизводится громкоговорителем.
Сигнал на выходе видеодетектора содержит строчные и кадровые синхроимпульсы (ССИ и КСИ), необходимые дяя синхронизации устройств строчной и кадровой разверток телевизора. Эти импульсы выделяются селектором синхроимпульсов СС Для выделения импульсов используется амплитудный селектор, который пропускает на выход только импульсы, превышающие порог ограничения. Значение порога ограничения выбирается выше уровня гасящих импульсов. Выделенные амплитудным селектором строчные и кадровые синхроимпульсу постунают далее на схему разделения импульсов по длительности Короткие ССИ вьделяют дифференцирующей цепочкой, более длинных КСИ — интегрирующей цепочкой. Далее импульсы поступают на схемы синхронизации строчной и кадровой разверток.
Важную роль в работе радиоканала играют две системы автоматического управления: система автоматической регулировки усиления (АРУ) и система автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ). Система АРУ-поддерживает стабильный уровень выходных сигналов радиоканала при значительных изменениях уровня входного сигнала радиоканала. Для этого она уменьшает усиление радиоканала (СК и УШШ) при увеличении уровня сигнала на входе. Система АПЧГ поддерживает стабильную настройку

радиоканала на частоту принижаемого сигнала при изменении условий приема (температуры, напряжения питания и т. д.). В случае неточной настройки система АПЧГ вырабатывает надряжение ошибки, пропорциональное частотному рассогласованию, и добавляет» его в виде корректирующего сигнала к напряжению настройки на станцию.

7.3.2, Разделение сигналов изображения и звукового сопровождения

Отличительной особенностью телевизионного приемника является наличие во входном сигяале одного частотного канала двух информационных колебаний сигналов изображения и звукового сопровождения. Эти два вида информации передаются на разных несущих частотах. Разность несущих частот изображения и звука строго постоянна в любом телевизионном стандарте. В стандартах D/K она составляет 6,5 МГц, в стандартах B/G — 5,5 МГд, в стандарте M — I 4,5 МГц. Частотные спектры сигналов изображения и звукового сопровождения не перекрываются. Поэтому сигналы могут быть разде лены в приемнике методами частотной фильтрации. Разработано несколько схем телевизионных радиоканалов, обеспечивающих разделение сигналов изображения и звукового сопровождения. К ним относятся:

• одноканальная (последовательная) схема;
• двухканальная (параллельная) схема;
• квазипараллельная схема;
• комбинированная схема.

Одноканальная схема рассмотрена нами в предыдущем параграфе (7,8)Он характеризуется следующими особинастями:

•сигналы изображений и звукового сопровождения усиливаются в общем тракте УПЧИ;
• видеодетектор является одновременно вторым преобразовать лем частоты сигналов звукового сопровождения, причем в качестве опорного сигнала преобразования используется несущая изображения;
•сигнал звукового сопровождения на второй промежуточной частоге (после видеодетектора) выделяется полосовым фильтром и дополнительно усиливается усилителем промежуточной частоты звукового сопровождения УПЧЗ;
• в канале изображения сигнал звукового сопровождения подавляется режекторным фильтром.

Достоинством одноканальной схемы является высокая стабильностьзначения второй промежуточной частоты, которая образуется как разность несущих частот изображения и звукового сопровождения, задаваемых на телецентре с очень высокой точностью. В стандартах D/K значение второй промежуточной частоты равно точно

МГц. Важно, что это значение не меняется при неточной настройке телевизора, так как при этом значения частот несущих изображения и звука порле селектора каналов приобретают одинаковое откло-Иевние, но разность этих частот, определяющая вторую промежуточ-•нрФг частоту, сохраняется постоянной. Кроме того, значение еторой промежуточной частоты звукового сопровождения оказывается злаченительно меньше чем первой. Эта улучшает стабильность настройки уэ-кополосного УПЧЗ и частотного детеетора.

Благодаря этим двум причинам обеспечивается высокое качество детектирования сигнала звукового сопровождения и, в конечном счете» высокое качество звука.

Недостатком одноканальной схемы является повышенная возможность взаимного проникновения сигналов изображения и звука не в свои каналы. В связи с этим возможно, например, искажение звука при появлении титров на изображении. Использование схемных решений (формирование специальной АЧХ УПЧИ) позволяет свести недостатки одноканальной схемы к минимуму.

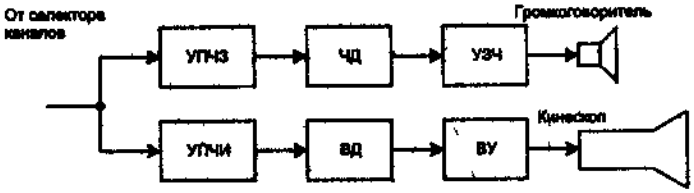


Рис. 7.9. Двухканальная схема усиления: УПЧЗ — усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения; ЧД — частотный детектор; УЗЧ — усилитель звуковых частот; ВД — видеодетектор; ВУ — видеоусилитель

Принципы одноканального усиления сигналов изображения и звукового сопровождения сохраняются уже более 30 лет.

В двухканальной схеме разделение дигналов изображения и звукового сопророждения происходит сразу после первого преобразования частот в селекторе каналов. Двухканальная схема приведена на рис. 7.9,

Сигнал звукового сопровождения усиливаемой УПЧЗ сопровождения, настроена на 31,5 МГц (российский стандарт). После этого он детектируется частотным детектором (ЧД). Полученный сигнал звуковых частот усиливается усилителем звуковых частот (УЗЧ) и подается 'на громкоговоритель.

Сигнал изображения усиливается усилителем промежуточной частоты изображения УПЧЙ, настроенным на 38 МГц, и детектируется ВД. Полученный видеосигнал усиливается видеоусилителем (ВУ) и подается на кинескоп.

К достоинствам схемы относятся:

практически полное подавление несущей звука в канале изображения;

- практически полное подавление несущей цзображения в канале звукового сопровождения.

К недостаткам схемы относятся:

нестабильность промежуточной частоты звукового сопровожде ния;

нестабильность частоты настройки частотного детектора,

Взаимная расстройка этих частот может привести к сильному гудению в канале звука, которое устраняется талька подстройкой опорного контура частотного детектора. Кроме того, схема более критична к неточной настройке на станцию. Схема использовалась в отечественных телевизорах до 1956 г.

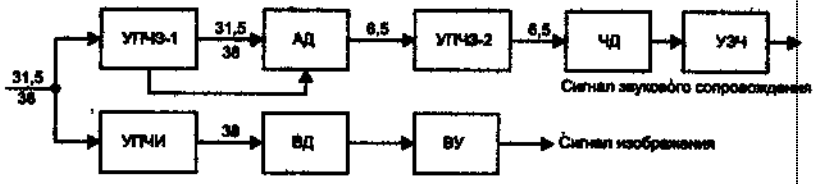


Рис. 7.10. Квазипараллельная схема усиления: УПЧЗ — усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения; АД — амплитудный детектор; ЧД — частотный детектор; УЗЧ — усилитель звуковых частот; УПЧИ — усилитель промежуточной частоты изображения; ВД — видеодетектор; ВУ — видеоусилитель

Квазипараллельная схема. В

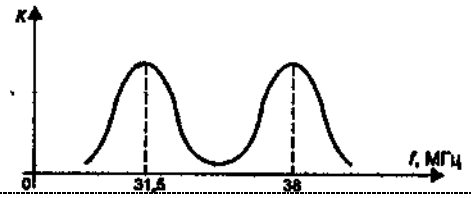


Рис. 7.11. АЧХ усилителя УПЧЗ-1

последние годы используется квазипараллельная схема усиления изображения и звукового сопровождения. Она позволяет сохранить достоинства одноканальной и двухканальной схем и устранить их недостатки (рис. 7.10). Усилитель промежуточной частоты изображения выделяет сигнал изображения с промежуточной частотой 38 МГц и практически полностью подавляет сигнал звукового сопровождения, Видеодетектор выделяет видеосигнал, Который далее усиливается видеоусилителем.
В субмодуле звука усилителем промежуточной частоты УПЗЧ-1 выделяются частотно-модулированный сигнал звукового сопровождения (с несущей частотой 31,5 МГц) и несущая сигнала изображения с частотой 38 МГц. С целью выделения обоих сигналов УПЗЧ-1 выполняется по схеме, обеспечивающей двугорбую амплитудно-частотную характеристику (рис. 7.11).

С выходов УПЧЗ-1 сигнал звукового сопровождения и несущая подаются на амплитудный детектор (АД), который выделяет разностный сигнал второй промежуточной частоты звукового сопровождения (38-31,5=6t5 МГц). Для наглядности на рис. 7.10 амплитудами детектор представлен как смеситель, на вход которого подаются преобразуемый и опорный сигналы.
Выделенный сигнал усиливается в УПЧЗ-2 и детектируется частотным детектором (ЧД).
Схема обеспечивает хорошее разделение сигналов изображения и звукового сопровождения, стабильность характеристик и малокритична к неточной настройке на станцию.
Аналогичными свойствами обладает еще одна употребительная схема разделения каналов — комбинированная схема. Она отличается от схемы, приведенной на рис. 7.10, тем, что подача опорного колебания с частотой 38 МГц на амплитудный детектор производится УПЧЗЛ, а с УПЧИ.

7.3.3. Селектор телевизионных каналов

Селектор тевлевизиотш каналов (иначе — тюнер} предназначен для настройки

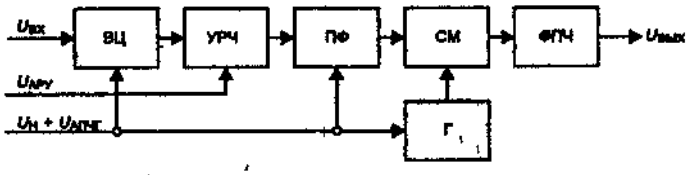


Рис. 7.12. Схема селектора каналов (*тюнера*): ВЦ — входная цепь; УРЧ — усилитель радиочастоты; ПФ — полосовой фильтр; СМ — смеситель; Г — гетеродин; ФПЧ — фильтр промежуточных частот

телевизора на выбранный телевизионный канал, усиления сигнала и его преобразования на промежуточные частоты изоб-ражения и звукового сопровождения. В соответствии с выполняемыми функциями он имеет структурную схему, приведенную на рис. 7.12.
Входной сигнал Um поступает на входную цепь (ВЦ) и далее на усилитель радиочастоты (УРЧ), в нагрузку которого включен полосовой фильтр» Эти

каскады настраиваются на частоту принимаемого сигнала и осуществляют предварительную селекцию. После рреселек-тора сигнал поступает на преобразователь частош, состоящий из смесителя (СМ), гетеродина — Г и фильтра промежуточных частот (ФПЧ), Преобразователь частоты осуществляет перенос спектра частот сигналов изображения и звукового сопровождения шбрадаого телевизионного канала в область промежуточных частот изображения и звукового сопровождения. При этом значения промежутбчных частот
выбираются одинаковыми для всех телевизионных каналов, что требует перестройки частоты гетеродина при смене канала.

Частота гетеродина выбирается выше спектра частот входного сигнала. Составляющие спектра преобразуются в соответствии с раренством

fП=fГ-fС-

Поэтому верхние составляющие спектра сигнала после преобразования частоты оказываются в нижней части спектра промежуточных рщстот, а нижние - в верхней (инверсия спектра частот). Соотаетственно меняется расположение несущих изображения и звукового соровождения. После преобразования частрты несущая сигнала звукового сопровождения оказывается ниже несущей сигнала изображения. По той же причине верхняя боковая сигнала изображения становится нижней, а нижняя-верхней. Спектр ТВ-сигнала после преобразования частоты приведен на рис. 7.13. Преобразование частоты не изменяет законов модуляции ситаров изображения и звукового сопровождения. Так же, как ц в исходном радиочастотном сигнале, изображение передается с помощью амплитудной модуляции (для верхних составляющих спектра сигнала изображения — однополосной), а звуковое сопровождение с помощью частотной модуляции.

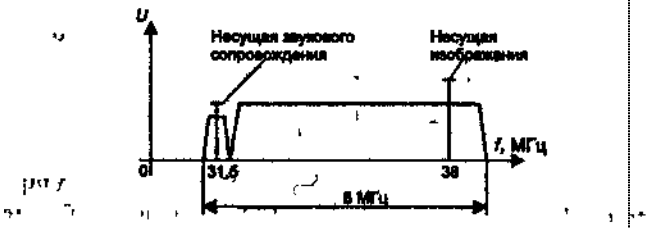


Рис. 7.13. Спектр ТВ-сигнала после преобразования частоты

Напряжение настройки UН совместно с управляющим напряжением системы АПЧГ подается на варикапы контуров входной цепи, полосового фильтра и гетеродина. Эти напряжения обеспечивают настройку на выбранный канал и стабильность настройки при изменении внешних условий.

Напряжение АРУ подаемся в усилитель радиочастоты, уменьшая его коэффициент усиления при увеличении уровня входного сигнала. Это позволяет избежать перегрузки последующих каскадов телевизора.

Рассмотрим назначение и устройство функциональйых узлов селектора каналов.

Входная цепь предназначена для:

выделения (предварительной селекции) полезного сигнала из смеси сигналов и помех, поступающих из антенны;

согласования антенного устройства (фидера) со входом усили теля радиочастоты на всех телевизионных каналах;

подавления обратного излучения гетеродина селектора каналов

антенной.
В состав входной цепи входят фильтры верхних частот, полосовые и режекгсфные фильтры. Фильтр верхних частот ослабляет помехи, спектр которых лежит ниже диапазона принимаемый частот. Полосо вые фильтры имеют полосу пропускания, примерно равную ширине спектра ТВ-сигнала, и настраиваются на иыбраннщй телевизионный канал, Режекторные фильтры ослабляйте помехи, лижащие в области промежуточных частот телевизионного приемника.
Как правило, телевизоры рассчитаны на подключение внешней антенны с помощью фидера с волновым сопротйвлением 75 Ом. Входное сопротивление усилителя радиочастот в высокочастотной области меньше 75 Ом. Входная цепь согласует эти два сопротивления, обеспечивай режим бегущей волны в фидере.
Усилитель радиочастоты предназначен для усиления радиосигналов изобраясещя и звукового сопровождения выбранной телепрограммы. Высокочастотный биполярный транзистор включают по схеме с общей базой. Это Позволяет повысить устойчивость работы усилителя. Изменение коэффициента усиления производятся напряженней регулировки, поступающим от системы АРУ. Обычно используется режимная регулировка усилений уменьшение усиления для сильных входных сигналов достигается за счет увеличения тока эмиттера.
От качества усилителя радиочастоты зависит чувствительность телевизионного приемника, то есть его способность принимать слабые сигналы. УРЧ обеспечивает необходимой превышение принятогр сигнала над внутренними шумами телевизора. Поэтому одним их главных требований, предъявляемых к УРЧ, является требование малого уровня собственных шумов. В современных тюнерах часто используются для УРЧ полевые транзисторы, которые чмеют пониженной уровень собственных шумов. Полосовой фильтр может рассматриваться как составная части» усилителя радиочастоты. Он обеспечивал селективный свойства УРЧ. Одиночный контур не дает нужной избирательности по частоте применяют системы связанных контуров, чаще всего двухконтурные. Настройка полосовою фильтра на среднюю частоту принимаемого телевизионного канала осуществляется варикапами на которые подается сумма напряжения настройки и управляющего напряжения системы АПЧГ. В области метровых волн используют контуры с сосредоточенньми параметрами (индуктивностью и емкостью), в области дециметровых волн — с распределенными параметрами (отрезки длинных линий).
Гетеродином называют местный маломощный автогенератор, вырабатывающий гармоническое колебание высокой частоты. Гетеродин работает в составе преобразователя частоты. Частота «теродина определяется напряжением настройки, поступающим на варикап его колебательной системы.
При правильной настройке на станцию частота гетеродина должна быть выше несущей изображения кадала на значение промежуточной частоты сигнала изображения радиоканала телевизионного приемника. После проведения

настройки это соотношение поддерживается системой АПЧГ.
Смеситель селектора каналов работает в составе преобразователя частоты и служит для образования разностной промежутчной частоты.
fпч =fr-fc
где fпч — промежуточная частота приемника; fr — частота гетерадина; fc- частота сигналу В общем случае он имеет два входа: одан для сигнала, а другой — для напряжения гетеродина. Однако может иметь и один общий вход, на который подается сумма этих напряжений. Режим работы смесители обеспечивает перемножение колебаййй сигнала и гетеродина, в результате в выходном токе появляются составляющие суммарной и разностной частот колебаний.
Составляющая разностной частоты выделяется фильтром промежуточных частот ФПЧ селектора каналов и подается в тракт усиления промежуточных частот радиоканала телевизионного приемника
| (УПЧИ).
Всеволновый селектор. Современный телевизионный приемник обеспечивает прием сигналов вещательного телевидения во всех осиодных диапазонах метровых и дециметровых волн. Однако техни-
ка обработки сигналов в области метровых и дециметровых волн различаются. Колебательные системы метровых волн выполняются на
базе катушек ивдуктивности н ковденсаторов, а дециметровых волн — на базе отрезков длинных линий. Поэтому приходится конструировать два тракта обработки сигналов;
Возможно конструктивное оформление всеволнового селектора в вида двух отдельных блоков: СК-М и СК-Д, где СК-М - селектор каналов метровых волн, а СК-Д — селектор каналов дециметровых волн. Современная тенденция состоит в том, что оба селектора объединяются конструктивно в один всеволновый селектор каналов. В том и в другом случае структура обработки сигналов одинакова (рис. 7.14).
Входной сигнал диапазона МВ от антенны метровых воли (или от всеволновой антенны) поступает на входную цепь метровых волн — ВЦМВ, далее усиливается усилителем радиочастоты метровых волн УРЧМВ и преобразуется на промежуточную частоту преобразователя, в её состав входят смеситель СМ и гетеродин метровых волн ГМВ.Выходной сигнал подается на фильтр сосредоточенной избирательности ФСИ усилителя промежуточной частоты изображения У ПЧИ.
Входной сигнал диапазона ДМВ от антенны

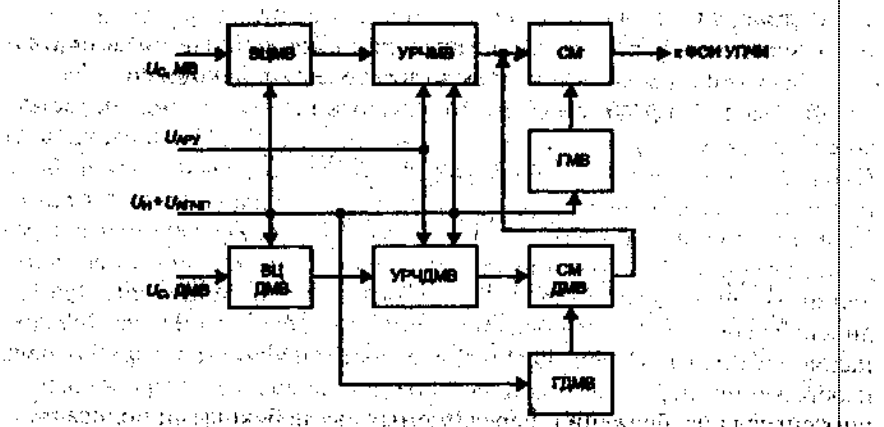


Рис. 7.14. Всеволновый селектор: ВЦМВ — входная цепь метровых волн; ВЦДМВ — входная цепь дециметровых волн; УРЧМВ — усилитель радиочастоты МВ; УРЧДМВ — усилитель радиочастоты ДМВ; СМ — смеситель; ГМВ — гетеродин МВ; ГДМВ — гетеродин ДМВ; СМ ДМВ — смеситель канала ДМВ; ФСИ УПЧИ — фильтр сосредоточенной селекции усилителя промежуточной частоты изображения

дециметровых воли (или от всеволновой антенны) поступает на входную цепь дециметревых волн УРЧМВ, далее усиливается усилителем радиочастоты дециметровых волн УРЧДМВ и преобразуется на промежуточную частоту преобразователем, в состав которого входят смеситель канала дециметровых волн — СМДМВ и гетеродин — ГДМК Выходной сигнал промежуточной частоты подается на смеситель СМ канала МВ, который при приеме станций дециметрового диапазона работает в режиме усиления колебаний. Далее сигнал поступает на ФСИ УПЧИ.

Переключение диапазонов происходит с помощью переключающих диодов (на схеме не показаны). Управляющее напряжение АРУ поступает на УРЧ обоих каналов, управляющее напряжение системы АПЧГ совместно с напряжением настройки на варикапы гетеродинов ГМВ и ГДМВ, а также в избирательные цепи (ВЦ, УРЧ) обоих каналов (на схеме не показаны).

7.3.4. Усилитель промежуточной частоты изображения

На рис 7.8 представлена одноканальная (последователыная) схема радоокаиала телевизионного приемника, в которой усиление сигналов изображения и звукового сопровождения происходит совместно в тракте УПЧИ. Такое построение усилительного тракта широко расппространено, так как позволяет упростить схему приемиика и обеспечить хорошие.характеристики тракта. Сигналы изображения и звукового сопровождения разделяются после видеодетектора ВД,

Функции УПЧИ. В одноканадьной схеме радиоканала УПЧИ выполняет следующие функции: ,

усиливает сигналы изображения и звукового сопровождения;

обеспечивает частотную избирательность по соседним каналам приема;

изменяет форму спектра сигнала, изображения в области низких частот Модуляции, передаваемых двумя боковыми.

Форма АЧХ УПЧИ. Полоса пропускания УПЧИ должна соответствовать ширине спектра телевизионной) сигнала (8 МГц в стандартах D/K). За пределами этой полосы коэффициент передачи должен быть как можно меньше для подавления помех, поступающих по соседним каналам приема. В пределах полосы пропускания коэффициент передачи должен быть неравномерен, что свйзано с необходимостью получения различного усиления для различных составляющих спектра радиосигнала вещательногЬ^елевмданий: для составляющих cnekrpk сигналов звуков<*го сопровождений, для составляющих спектра сигнала изображения, передаваемых одной боковой полосой, и для

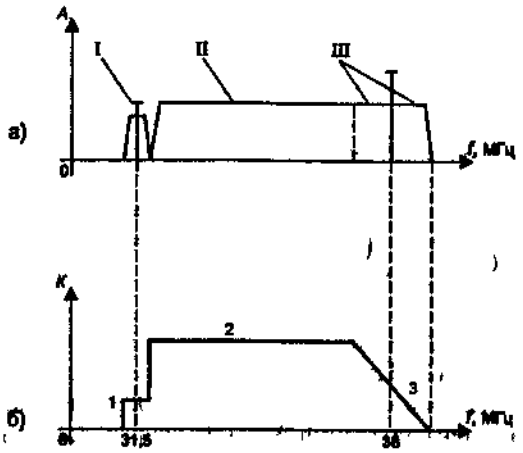


Рис. 7.15. Спектр радиосигнала вещательного телевидения (а) и амплитудно-частотная характеристика УПЧИ (б): I — спектр сигналов звукового сопровождения; II — однополосные составляющие спектра сигнала изображения; III — составляющие спектра сигнала изображения, передаваемые двумя боковыми полосами

составляющих сигнала изображения, передаваемых двумя боковыми полосами. Типичная АЧХ УПЧИ схематически представлена на рис. 7.15. Участок АЧХ-1 возле частоты 31,5 МГц служит для усиления сигналов звукового сопровождения. Его ширина соответствует ширине спектра сигнала звукового сопровождения (0,25 МГц в стандартах D/K)ЧИ на этом участке выбирают относительно небольшим т.к. сигнал звукового сопровождения большего уровня при плохом разделении сигналов изображения и звука мог бы создать помехи на экране кинескопа.

Участок АЧХ 2 служит для усиления сигналов изображения, передаваемых одной боковой полосой амплитудно-модулироданного сигнал?. На этом участке УПЧИ должен иметь наибольшее усиление по возможности одинаковое для всех частот. В этой области фазочастотная храктердстика линейна, что минимизирует искажения сигнала.

Участок АЧХ 3 служит для усиления несущего колебания а также сигналов изображения, передаваемых двумя боковыми полосами АМ-сигнала. На этом участке усиление УПЧИ равномерно падает с увеличением Частоты, составляя почастоте несущей изображения 38 МГц ровно половину от максимального усиления.

Срез Найквиста. Спад АЧХ УПЧИ в области верхних частот (37-^39 МГц) называют комплементарным спадом АЧХ или, иначе — спадом Найквиста. Комплементарный спад нужен для формирования такой формы спектра радиосигнала изображения, которая обеспечила бы неискаженное детектирование.

Дело в том, что при датектировании двухполосндго сигна уровень выходного сигнала детектора в два раза больше, чем при детектировании однополосного сигнала.Но в радиосигнле изобр-я мелкие делали изображения передаются одной боковой,крупные двумя боковыми. При детектировании такого сигнала в выходном напряжении детектора мелкие детали передавались бы меньшим уровнем, чем крупные. Соответствующие искажения спектрального состава продетектированного сигнала иллюстрируются рис. 7.16, а.

Для выравнивания спектрального состава выходного сигнала видеодетекгора следовало бы полностью подавать вторую боковую. Однако это сложно сделать технически и, кроме того, фильтры с резким срезом характеристик вносят фазовые искажения. Поэтому в АЧХ УПЧИ формируют плавный спад, причем неполное подавление составляющих спектра второй боковой компенсируется (дополняется) частичным подавлением соответствующих составляющих спектра первой боковой (рис. 7.16, б).

Требования к УПЧИ. При уровне сигнала на входе УПЧИ порядка 1 мВ уровень сигнала на его выходе должен быть порядка 1 В. Таким образом, коэффициент усиления УПЧИ должен составлять не менее 60ДБ.

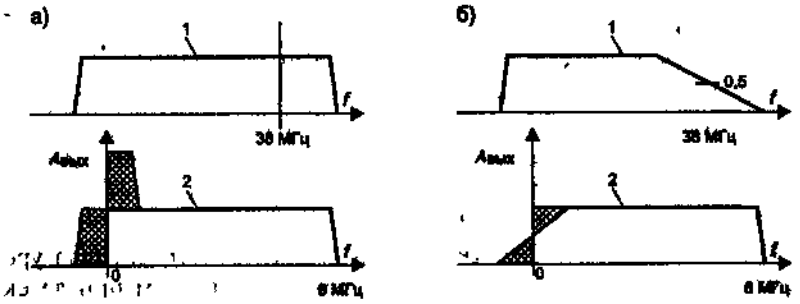


Рис. 7.16 Искажения спектра сигнала при детектировании (*а*) и их компенсация комплементарным спадом в спектре сигнала (*б*): 1 — спектр входных сигналов видеодетектора; 2 — спектр выходных сигналов видеодетектора

Для зруковогр сопровождения усиление выбирают на 20 дБ меньше. Во избежание перегрузки усилителя сильным входным сигналом усиление уменьшается системой АРУ. Жесткие требования предявл. к полосе пропускания УПЧИ и к равномерности его АЧХ в области, соответствующей спектру сигнала изображения При чрезмерно широкой полосе пропускания снижается помехозащищенность ТВ приемника, при слишком узкой — ухудшается четкость изображения и искажается цветопередача, вплоть до потери цветности!.

С точкй зрения избирательности, по соседним каналам приёма Наиболее опасными являются частоты30 МГц (несущая изобажнние соседнего канала) и 39,3 МГц (несущая звукового сопровождения (другого соседнего канале). Ослабление на этих частотах должно быть не менее 40 дБ. Режим работы усилительных приборов должен обеспечить линейность амцлитудной характеристики. В телевизорах черно-белого изображения нелинейные искажения приводят к нарушению градаций яркости. В телевизорах цветного изображения они могут вызэать, кроме того, появление цветных горизонтальных полос, чередующихся через строку. Функциональная схема УПЧИ» Типовая функциональная схема УПЧИ приведена на рис. 7Л 7.

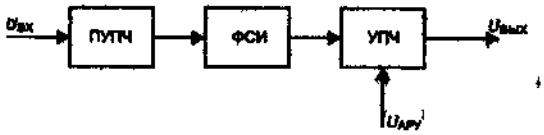


Рис. 7.17. Схема УПЧИ. ПУПЧ — предварительный усилитель промежуточной частоты, ФСИ — фильтр сосредоточенной селекции; УПЧ — основной усилитель промежуточной частоты

В современных телевизорах требуемая форма АЧХ УПЧИ достигается применением фильтров сосредоточенной избирательности ФСИ. Используются фильтры на поверхностных акустических волнах . Кусилительным каскадам требования по избирательности при этом не предьявляются.

Фильтр на ПАВ. Такой фильтр содержит входной и выходной встреадо-щтыревые преобразователи (ВШП), расположенные на поверхнастипьезоподложки. При поступлении электрического сигнала на входной ВШП на поверхности пьезопошюжки возбуждаются акустические волны. Зги водны, достигают выгодного ВШП, который осуществляет обратное преобразование акустических волн в выходной электрический сигнал. Форма и расположение электродов на пьезо-подложке определяют время задержки и величину каждого парциального (частичного) сигнала, поступающего на выход фильтра, полный выходной сигнал представляет собой сумму парциальных сигналов. Фильтры, работа которых основана на суммировании сигналов с разной задержкой, взятых в разных весовых соотношениях, называют трансверсальйыми. Таким образом, фильтр на ПАВ можно рассматривать как трансверсальный фильтр, выполненный не на отдельных дискретных элемеетай, а в ввде принципиально4 неразъемного функ-циойда&нбго узла. Для получения нуашой формы АЧХ используютизменение степени перекрытия Соседних электродов ВШП поих длине (так называемая аподизация), изменение ширины элекгфодов, удаление

части электродовнеаквидистантную расстановку электродов и вклдополнительных элекодов на пути распр. ТВ приемниках вместо детектора огибающей на нелинейных элементах применяют синхронный детектор. Синхронный детектор относится к линейным устройствам с переменными параметрами (т. е. к параметрическим).

Он представляет собой электронную ключевую схему, которая замыкается на время, не превышающее половины периода несущей входного сигнала, синхронно с этим колебанием (рис, 7.18).

На рис. 7.19 приведены эпюры сигналов, действующих в схеме синхронного детектора: входного напряжения £7ВХ> управляющего напрощения 47упр и выходного тока 1ШХ.

Схема работает следующим образом. Полосовой фильтр (ПФ) выделяет из АМ-сигнала синусоидальное несущее колебание. Усилитель-ограничитель УО формирует из него последовательность управляющих прямоугольных импульсов. В результате на выходе ключа получаются однополярные импульсы тока /вых, амплитуда которых пропорциональна амплитуде входного сигнала. Фильтр нижних частот Д,СН формирует напряжение Um%, пропорциональное огибающей входного сигнала.

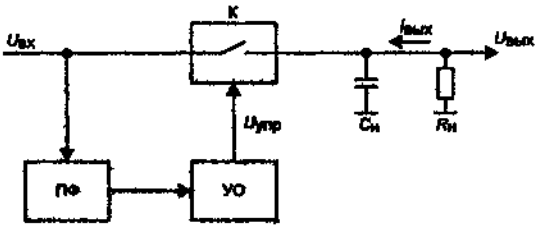


Рис. 7.18. Схема пассивного синхронного детектора: ПФ — полосовой фильтр; УО — усилитель ограничитель; К — ключ

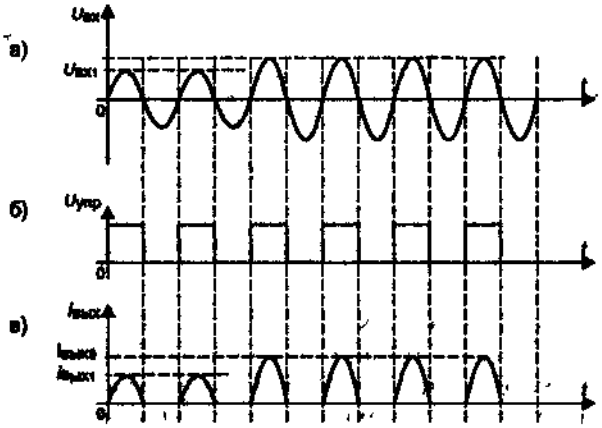


Рис. 7.19. Эпюры сигналов в синхронном детекторе: а — входной сигнал с амплитудной модуляцией; б — напряжение управления ключом; в — выходной ток.

В отаичие от амплитудного детектора огибающей на нелинейных элементах синхронный детектор не обладает свойством амплитудной избирательности, но обладает фазовой избирательностью. Если моменты замыкания/размыкания ключа не совпадают с моментами перехода через ноль входного сигнала, импульсы тока становятся разно-полярными и выходное напряжение уменьшается. При взаимном сдвиге фаз входного и управляющего напряжений на 90° низкочастотная (средняя) составляющая выходного тока становится равной нулю. Напряжение на выходе при этом также равно нулю, детектирования не происходит.

Гармоничесще колебания одинаковой частоты, имеющие взаимный сдвиг по фазе90% называются квадратурными колебаниями. Колебания в одинаковой фазе называются синфазными. Синхронный детектор обладает свойством выделять колебание синфазное с управляющим и подавлять квадратурное. Основные достоинства синхронного детектора:

• улучшение отношения сигнал/шум на выходе;
» неискаженное детектирование слабых сигналов;
неискаженное детектирование однополосного АМ-сигнала;
детектирование сигналов изображения без перекрестных помех
со стороны сигналов звукового сопровождения.
В телевизионных приемниках синхронный детектор реализуется в виде части интегральной микросхемы, обычно совместно с УПЧИ. В качестве полосового фильтра используется внешний колебательный контур, настраиваемый на частоту несущей изображения. Для повышения коэффициента передачи детектор строится по двухполупериодной схеме. При этом детектируются как положительные, тик и отрицательные полупериоды входного^сигнала. Огибающие разных знаков поступают на два входа дифференциального усилителя. Выходное напряжение дифференциального усилителя зависит от разности входных сигналов. Учитывая их разнополярность, получим, что в конечном счете происходит сложение огибающих.
Кроме пассивного синхронного детектора, в котором управляющее напряжение получаемся путем усиления и огран.несущего колебания, используется схема активного синхронного детектора. В этой схеме управляющее напряжение получают от автогенератора, синхронизируемого по фазе Несущим колебанием входного сигнала.
Электронные ключи могут быть заменены устройствами перемножения входного и управляющего сигналов.
Второе преобразование частоты сигнала звукового сопровождения.
В одноканальной схеме усиления сигналов изображения и звукового сопровождения на входе видеодетектора, кроме сигналов изображения, действует еще сигнал звукового сопровождения. В результате биений между частотно-модулированным сигналом звукового сопровождения на поднесущей 31,5 МГц и несущей сигнала изображения 38 МГц возникает колебание разностной частоты 6,5 МГц, которое выделяется видеодетекгбром сдШеспш с сигшшш изображения. ЭТо частота называется второй прот&неуточЬой частотой сигнала звукового сопровождения. Сигнал второй промежуточной частоты имеет тот же закон частотной модуляции, что и сигнал первой промежуточной час-ты31,5 МГц (значение частот по российскому стондарту).
Таким образом, видеодетектор в одноканальной схеме одновременно с основной функцией (выделением огибающей АМ-сигнала изображение) выполняет еще и вторую функцию — преобразование сигнала звукового сопровождения с первой на вторую промежуточную частоту. В стандартах D/K значение второй промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения составляет 6,5 МГц, в стандартах B/G 5,5 МГц.
Спектр сигнала на выходе видеодетектора. В спектре сигнала на выходе видеодетектора можно выделить следующие составляющие (рис. 7.20):
* спектр яркостного

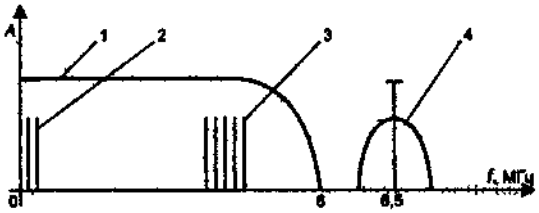


Рис. 7.20. Составляющие спектра сигнала на выходе видеодетектора: 1 — яркостный сигнал; 2 — сигналы кадровой и строчной синхронизации; 3 — сигналы цветности на поднесущих; 4 — сигналы звукового сопровождения на второй промежуточной частоте

видеосигнала I;
спектр сигналов кадровой и строчной синхронизации 2;
спектр сигналов цветности 3;
спектр сигналов звукового сопровождения и второй промежуточной частоте 4.
Все эти сигналы разделяются после видеодетектора. Полосовой фильтр (ПФ) (рис. 7.8) выщеляет спектр сигналов звукового сопровождения. Режекторный фильтр (РФ) производит подавление сигнала звукового сопровождения, поэтому после него остается полный цветовой телевизионный сигнал ПЦТВ. Ампдитудный селектор синхроимцульсов (СС) выделяет импульсы строчной и кадровой синхронизации. Сигналы яркости и цветности разделяются позднее — в блоке цветности,

7.3.6. Система автоматической подстройки частоты гетеродина АПЧГ

В современных телевизионных приемниках используется элект ронная настройка на частоту принимаемого канала с помощью вари капов, выполняющих роль перемейной емкости. Длянормального приема очень важны точность установки и стабильность частоты гетеродина. В случае увеличения частоты гетеродина (по сравнению с необходимой для нормального приема) несущая изображения, составляющие нижних частот сигнала яркости и спектр сигналов синхронизации сдвигаются в область малого усиления по срезу Найквиста. Это влечет за собой искажения плоской вершины импульсов видеосигнала, неправильное распределение яркости крупник участков изображения, потерю кадровой и строчной синхронизации. При уменьшении частоты гетеродина цветовые поднесущие выходят за пределы АЧХ УПЧИ. Сначала возникают цветовые исдодения на вертикальных переходах, а затем происходит полная потеря црета. Кроме того, теряются высокочастотные составляющие сигнала яркости, что приводит к потере четкости изображения по горизонтали.

В конечном счете как увеличение, так и уменьшение частоты гетеродина приводит к потере изображения и звука.

Система автоматической подстройки частоты гетеродина поддерживает точную настройку на частоту принимаемого канала, Если после преобразования частоты значение частоты несущей изображения отличается от номинального, система ДПЧГ изменит напряжение настройки таким образом, чтобы восстановить точную настройку на станцию.

Функциональная схема АПЧГ приведена на рис. 7,21.

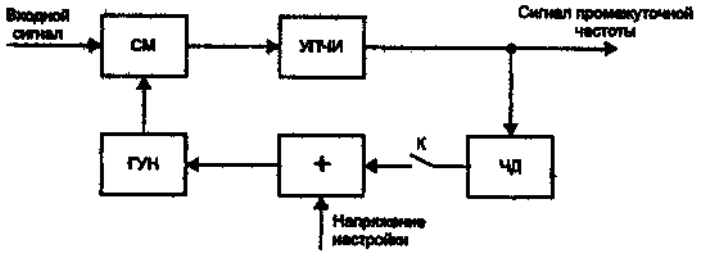


Рис. 7.21. Функциональная схема АПЧГ. ГУН — генератор, управляемый напряжением; СМ — смеситель; УПЧИ — усилитель промежуточной частоты изображения; ЧД — частотный дискриминатор

Схема работает следующим образрм. При точней настройке на станцию частота несущей изобр-я вхдного сигнала преобразуется смесителем селектора каналов точно на промежуточную частоту приемника (38 МГц), частотами дискриминатор (ЧД), настроенный на номинальное значение

промежуточной частоты не изменяет напряжения настройки и частоту генератора, управляемого напряжением (ГУН). При неточной настройке на станцию частота несущ. преобразованного сигнала отличается от номинальндго значения, на выходе ЧД возникает управляющее напряжение АПЧГ положительной или отрицательной полярности в зависимости от знака частотной расстройки Это напряжение суммируется с напряжением настройки и восстанавливает точную настройку на станцию.

Во время ручной или автоматической настройки на станцию система АПЧГ размыкается ключом. Это производится либо вручную, либо автоматически. Отключение АПЧГ во время настройки позволяет повысить ее точность. По окончании настройки система АПЧГ замыкается и обеспечивает стабильность частоты гетеродина и точную настр. на станцию при изменении внешних условий (температуры,напряжения питания и т. п.).

7.3.7. Система автоматической регулировки усиления АРУ

Уровень сигнала на входе телевизионного приемника может изменяться в широких пределах в зависимости от мощности передатчика, расстояния между приемником и телевизионной радиостанцией, наличия или отсутствия затенений, качества приемной антенны, интерференции переотраженных сигналов и т. д. Допустимые изменения уровня входного сигнала обычно принимаются в пределах от 0,2 до 50 мВ.

Вместе с тем для нормальной работканалов яркости, цветности и синхронизации требуется вполне определенный уровень сигналов порядка 1 В. Изменение выходного сигналарадиоканала не превышать 3 дБ, Уменьшение уровня сигнала на выходе радиоканала приводит к уменьшению контрастноеизображения, потере цветности и нарушению синхронизации. Увеличение уровня сигнала приводит к чрезмерной контрастности, неустойчивой синхронизации, а также к потере цветности.

Система автоматической регулировки усиления АРУ поддерживает постоянное значение уровня ПЦТВ на выходе радиоканала при изменениях уровня входного сигнала телевизора. Кроме того, система АРУ обеспечивает отсутствие искажений формы сигнала в радиотракте, которые могут возникнуть при перегрузке усилителей мощным сигналом.

В современных телевизионных приемниках используют двухпетлевые системы АРУ (рис. 7.22).

В схему АРУ входят ЭК — электронный ключ, ПД — пиковый детектор и СЗ — схема задержки. Остальные элементы (УРЧ, СМ, Г, УПЧИ, ВД) образуют основную часть радиоканала.

; Схема работает Следующим образом. На вход радиоканала поступает сигнал, который усиливается в УРЧ селектора каналов, преобразуется на промежуточную частоту, усиливается в УПЧИ и детектируется видеодетекгором.

Огибающая сигнала поступает на электронный ключ (ЭК), который замыкается стробом Uc, совпадающим по времени со

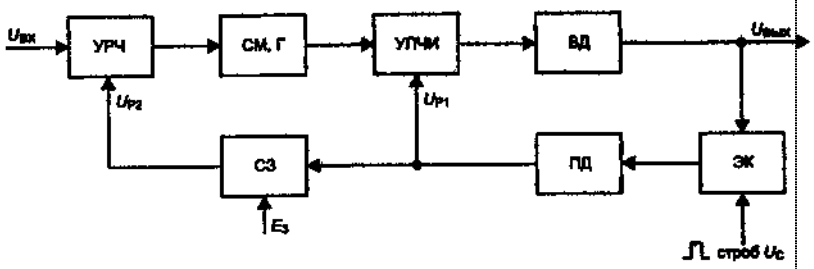


Рис 7.22 Схема двухпетлевой АРУ· УРЧ — усилитель радиочастоты; СМ, Г — смеситель и гетеродин преобразователя частоты; УПЧИ — усилитель промежуточной частоты изображения; ВД — видеодетектор; ЭК — электронный ключ; ПД — пиковый детектор; СЗ — схема задержки

строчными синхроимпульсами ССИ. В .результате периодического замыкания ключа на пиковый детектор ПД поступают строчные синхроимпульсы, и на выходе ПД образуется постоянное напряжение (7Р1, величина которого определяется уровнем ССИ и не зависит от яркости изображения. Напряжение регулировки Up1, с выхода ПД поступает на УПЧИ, благодаря чему замыкаетсй первая петля регулировки усиления. Эта петля образует не задержанную ключевую АРУ.

Одновременно напряжение с выхода ПД поступает на схему задержки СЗ. До тех пор пока напряжение UPl на входе СЗ меньше напряжения задержки Е3, выходное напряжение схемы задержки равно нулю: Up2 = 0. При большом уровне входного сигнала выходное на пряжение пикового детектора U?l становится больше напряжения задержки и на выходе СЗ появляется напряжение регулировки Un. Так замыкается вторая (задержанная) петля АРУ. При слабом входном сигнале усиление УРЧ и УПЧИ устанавливается максимальным. Увеличение уровня сигнала приводит сначала к возрастанию напряжения регулировки U и снижению усиления УПЧИ. Дальнейшее увеличение урорня входного сигнала приводит к появлению напряжения регулировки Up2 и снижению усел. УРЧ. Изменение усиления радиотршсга стабилизирует урорень выходного сигнала.

Обе петли АРУ (простая и задерженная)рег. только на уровень ССИ на выходе радиоканала, т.к являются ключевыми.При этом систему АРУ не реагирует на изменение яркостной составляющей радиосигналаи на помехи, не совпадающие по времени ССИ.Задержка регулировки усиления УРЧ селектора каналов позволяет улучшить отношение сигнал/шум для слабых сигналор»

7.3.8. Канал звукового сопровождения

В канале звукового сопровождения обрабатывается сигнал, подученный после разделения сигналов изображения и звуковогосопровождения. Основные методы разделения сигналов описаны в параграфе 7,3,2 Рассмотрим звуковой канал при одноканальной схеме разделения сигналов. В кавдле звукового сопровождения выполняются следующие функции:

выделение сигналов звукорого сопровождения второй промежуточной частоты из общего сигнала телевизионного вещания;

усиление сигналов второй промежуточной частоты;

амплитудное ограничению сигналов;

частотная демодуляция сигналов;

усиление сигналов звуковой частоты;

регулировка громкости и тембра звучания;

- отключение звукового сопровождения.

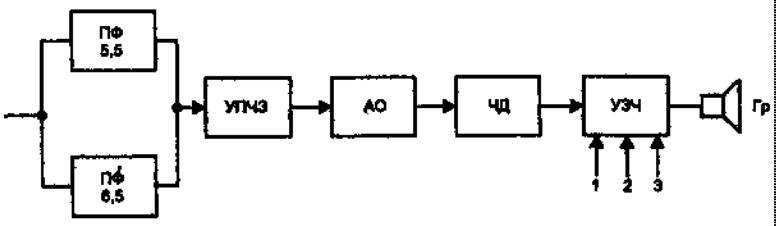


Рис. 7 23. Функциональная схема канала звукового сопровождения: ПФ — полосовые фильтры; УПЧЗ — усилитель второй промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения; АО — амплитудный ограничитель; ЧД — частотный детектор; УЗЧ — усилитель звуковых частот; 1, 2, 3 — входы регулировки громкости, тембра и отключения звукового сопровождения

Функциональная схема канала звукового сопровождения пред ставлена на рис. 7.23 Л\ i > м<

Современные телевизоры, как правило, обеспечивают прием ТВ сигналов

различных стандартов. Схема, приведена нарис. 7.23, обеспечивает прием сигналов звукового сопровожденияв стандартах телевизионного сигнала D/K и B/G. В случае приема сигнала в стандартах D /K вггсфая промежуточная частота равна 6,5 МГц, а и стандартах B/O — 5,5 МГц.

^' В пфвом "случае сигнал вгорой промежуточной частоты звукового сЬІрово!жйеНйй быделйётся полосовым фильтром ПФ, настроенным н^ чаьтшу 6,5 МГц, ёо вторбм — полосЬвым фильтром ПФ, настроенным на 5,5 МГц.

Полосовые фильтры либо включаются параллельно, как пбказано на рис. 7.23, либо коммутируются $ зависимости от стандарта принимаемого сигнала. Второй способ сложнее, но обеспечивает более высокое качество обработки сигнала, так как на УПЧЗ не попадают шумъг и помехи, проходящие через «лишний» фильтр при параадель-ном включении.

Усилитель промежуточной частоты УПЧЗ производит усиление сигналов второй промежуточной частоты звукового сопровождения. Амплитудный ограничитель ограничивает амплитуду сигналов, что необходимо для неискаженного детектирования. Частотный детектор выделяет сигнал звуковых частот, который затем усиливается в усилителе звуковых частот УЗЧ и поступает на громкоговоритель <Гр).

В канале звукового сопровождения предусматриваются регулировки громкости и тембра, а также возможность отключения звукового сопровождения (режим молчания).

Ведущие фирмы мира, производящие телевизионную аппаратуру, уделяют много внимания совершенствованию звукового канала. Вво дятся устройства, обеспечивающие исевдостереозвучание, прием сиг налю стереофонического звукового сопровождения и цифровых сиг налов. Используются цифровые системы обрабс*пси звуковых сигна-лрщ 1*ш$®ЪШъ сигнальные процессоры DSP* обеспечивающие ,раЗ^iiwyiQaW|^cKy звука* и устройства получения объемного, зэуча-^вд.щ^вшерфеатр^ (Р<$>У Protogic). Совершецст^ется^акустика те-лейдарррви

Краткие итоги

радиоканал телевизора представляет собой приемник суиерге-теродищюго типа. Сигнал любого выбранной) телевизионного канала преобразуется на промежуточную частоту. Эта частота одинакова для всех каналов. На ней осуществляет основное усиление и производится частотная селекция;

радиоканал телевизионного приемника производит обработку полного радиосигнала вещательного телевидения, т. е. совокупи ностр радиосигналов изображения и звукового сЬпрдвояфения. В зависимости от сиоррфа |щцедеецця этих рцршов радиотракт может быть построен до последовательной,, параллельной либо квазипараллельной схеме усиления сигналов изображения и

v зйукдйого Йоп|х3№йвдбни#; f ! /

мелкие и крупные детали изображения передаются с помощью различных видов модуляции. Крупные детали передаются

двудаолосной амплитудной модуляцией, мелкие — однополо9~ ной. Чтобы обеспечить неискаженное детектирование такого сигнала, в амплитудно-частотной характеристике усилителя промежуточной частоты изображения УПЧИ формируется уча сток с комплементарным спадом, называемый также срезом Найквиста;

в современных телевизионных приемниках формирование фор мы АЧХ УПЧИ производится фильтром сосредоточенной изби рательности на поверхностных акустических волнах, Детекги- рощние видеосигнала производится активным или пассивным синхронным детектором;

для обеспечения стабильности параметров сигнала в радиока- наце используются автоматические регулировки. Система авто матической регулировки усиления АРУ поддерживает постоян ство уровня выходного сигнала при изменениях уровня сигнала в антенне. Система автоматической подстройки частоты АПЧГ поддерживает точную настройку на телевизионный канал.

Контрольные вопросы

Что представляет собой радиосигнал вещательного телевидения? Каковы его характеристики и спектральный состав?

Что такое стандарт телевизионного вещания? Чем отличаются различные стандарты телевизионных сигналов?

Что представляют собой телевизионная станция, телепередатчик?

Нарисуйте функциональную схему радиоканала телевизионного приемни ка. Поясните назначение всех функциональных узлов. Приведите схемы разделения сигналов сопровождения и звукового изобра жения. Дайте их сравнительную характеристику.

Нарисуйте функциональную схему всеволнового селектора каналов. Рас скажите по схеме прохождение сигналов метровых и дециметровых волн.

Нарисуйте форму АЧХ УПЧИ при одноканальной (последовательной) схе ме усиления сигналов.-Какие требования предъявляются к отдельным уча сткам АЧХ и каким образом они реализуются?

Какие функции выполняет видеодетектор в одноканальной (последовате льной) схеме радиоканала? Какие виды детекторов применяются? Что представляет собой спектр сигнала на выходе видеодетектора?

Каково назначение системы АРУ в телевизионном приемнике? Нарисуйте двухлетЛеауЮ шяну АРУ и поясните Назначение ее фумйиЬІонШ1Ш>щ узлов.

10. Каково назначение системы АПЧГ » телевизионном приемнике? Нарисуйте схему АПЧГ и поясните назначение ее функциональных узлов.

Ц«йа1шсу#те функциональную схему радиоканала звукового сопровождения мультистандартного телевизора и поясните назначение ее функциональных

, 5ШОВ, ,