

ПРОФТЕХОБРАЗОВАНИЕ



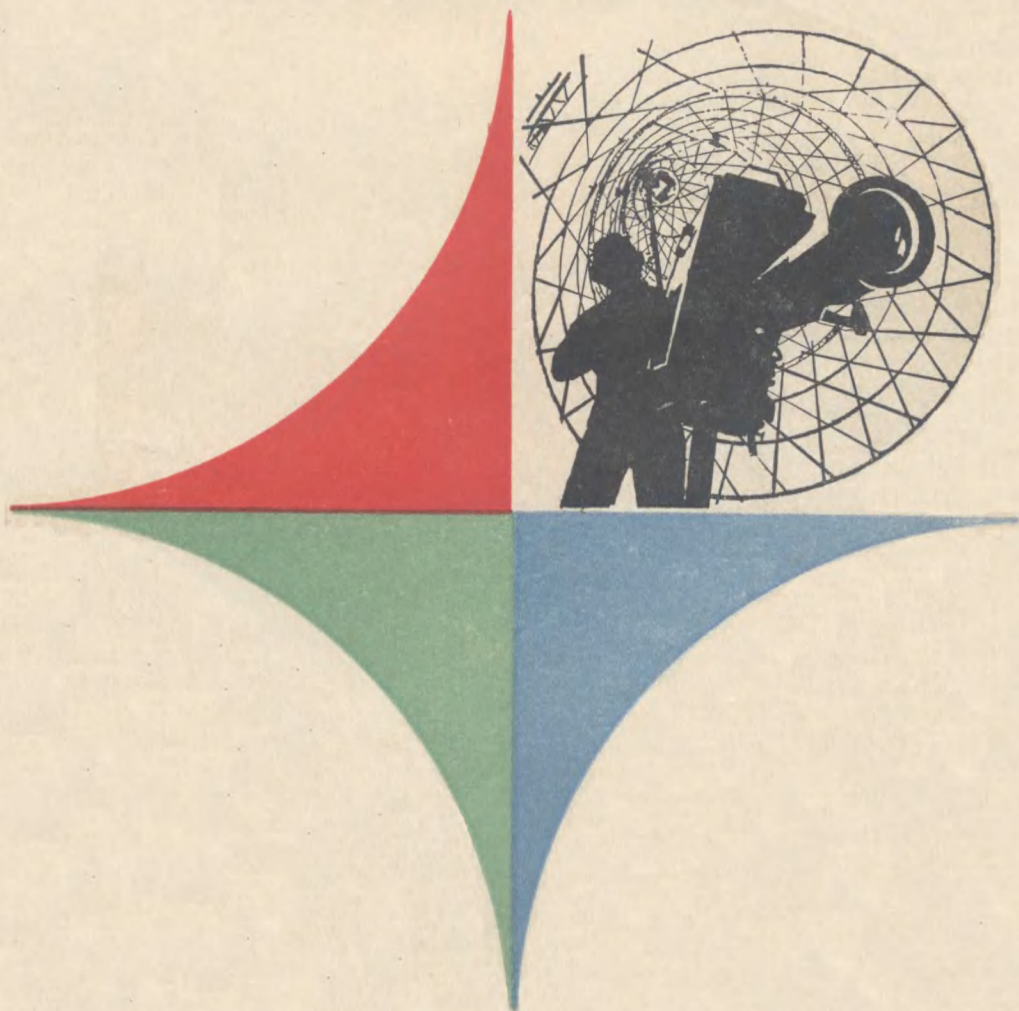
ТЕЛЕВИДЕНИЕ

М.Л.КАЗИНИК

Г.М.МАКЕЕВ

Н.А.САФРОШИН

ОСНОВЫ телевидения



М. Л. КАЗИНИК, Г. М. МАКЕЕВ, Н. А. САФРОШИН

ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

3-е ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Одобрено Ученым Советом
Государственного комитета Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебника
для профессионально-технических учебных заведений



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» — 1973



Scan AAW

Казиник М. Л. и др.

К14 Основы телевидения. Учебник для проф.-технич. учебн. заведений 3-е изд., перераб и доп М.: «Высшая школа», 1973.

192 с. с илл.

Перед загл. авт.: М. Л. Казиник, Г. М. Макеев, Н. А. Сафрошин.

В книге приведены сведения о телевизионных приемниках рассмотрены вопросы их установки и ремонта.

Значительное место отведено описанию работы практических схем массовых телевизоров и транзисторных схем.

Специальная глава посвящена объяснению основных принципов цветного телевидения.

В третьем издании книги нашли отражение последние достижения науки и техники в телевидении. Значительной переработке и дополнению подверглась глава посвященная цветному телевидению.

6Ф3

Все предложения и замечания просим направлять по адресу:
Москва, К-51 Неглинная ул., 29/14 издательство «Высшая школа»



Издательство «Высшая школа» 1973 г.

ВВЕДЕНИЕ

Телевизионное вещание прочно вошло в быт советских людей. В соответствии с Директивами XXIV съезда КПСС к 1975 г. телевизионным вещанием будет охвачена территория СССР, на которой проживает 75% населения нашей страны, и начато двухпрограммное вещание практически во всех крупных городах.

В Советском Союзе к настоящему времени насчитывается свыше 50 млн. телевизоров и ежегодный выпуск их приближается к 6,6 млн. Учитывая разнообразные интересы многонациональной телевизионной аудитории и огромное пространство нашей страны, протянувшейся на одиннадцать часовых поясов, отечественное телевидение сейчас решает задачу создания программ новых форм, больших объемов и продолжительности.

За восьмью пятилетку более чем в два с половиной раза возрос парк телевизоров, свыше двухсот городов Советского Союза принимают программы Центрального телевидения, в том числе шестьдесят пять городов принимают их в цвете.

Общее число телевизионных радиостанций и ретрансляторов превысило тысячу двести. Если к этому добавить тридцать шесть действующих в настоящее время наземных приемных пунктов «Орбита» космической линии связи через спутники Земли «Молния-1», то охват населения телевизионным вещанием огромен — сто шестьдесят миллионов человек.

Центральное телевидение в начале 1971 г. начало передавать специальную телевизионную программу «Восток» с учетом поясного времени, удобного для просмотра передач жителям Западной Сибири и Средней Азии.

С окончанием строительства в 1970 г. в Москве нового крупнейшего в мире Технического телевизионного центра обеспечено резкое улучшение качества центрального вещания.

Весной 1967 г. в СССР для цветного телевизионного вещания была принята советско-французская система СЕКАМ, и в том же году началось регулярное цветное телевизионное вещание. В настоящее время объем цветного вещания Центрального телевидения превышает 25 ч в неделю. В Киеве, Тбилиси, Ленинграде и Ташкенте телецентры ведут собственные цветные передачи.

К 1975 г. собственные цветные передачи будут вести 19 телецентров в столицах союзных республик, а также и в некоторых крупных промышленных городах.

Выпуск цветных телевизоров к 1975 г. составит 1,5 млн. штук в год. В ближайшее время будут разработаны и появятся в продаже приставки к телевизорам для воспроизведения в домашних условиях

цветных и черно-белых программ, записанных на магнитофонную ленту или киноленту.

Все шире используется телевидение в исследованиях космоса, в промышленности, на транспорте и в других областях народного хозяйства.

Телевизионные установки успешно применяются при обучении, для автоматизации производственных процессов и многих других целей.

Перспективы дальнейшего развития вещательного, промышленного, учебного и других разновидностей телевидения неразрывно связаны с бурным научно-техническим прогрессом в телевизионной передающей и приемной технике, а также в смежных областях радиотехники и физики.

Мысль о передаче изображения по радио возникла несколько позже изобретения радиосвязи. Она была подготовлена многочисленными открытиями в области физики.

Большой вклад в развитие телевидения внесли русские и советские ученые и исследователи: Б. Л. Розинг, Л. И. Бахметьев, А. А. Чернышев, А. П. Константинов, П. В. Шмаков, С. И. Катаев.

В научно-исследовательских институтах и лабораториях Советского Союза ведутся успешные работы по совершенствованию аппаратуры черно-белого и цветного телевидения. Наша радиотехническая промышленность наращивает темпы в выпуске бытовых телевизоров и прикладных промышленных телевизионных установок, для обслуживания которых требуются специалисты высокой квалификации.

Квалифицированный механик по установке и ремонту телевизоров должен хорошо знать основы телевидения, изложению которых посвящена эта книга.

Глава I

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

§ 1. СВЕТ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Светом называется та часть лучистой энергии, которая воспринимается глазом человека.

Свет, как и радиоволны, представляет собой электромагнитные колебания, но длины волн световых колебаний по сравнению с длинами радиоволн очень малы. Если длина радиоволн составляет от нескольких миллиметров до тысячи метров, то длина световых волн занимает диапазон примерно 400—760 мкм. Наименьшую длину волны имеют фиолетовые лучи, наибольшую — красные.

Основной световой единицей является световой поток Φ . *Световой поток* есть мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому световому ощущению. Световой поток измеряется в люменах (лм). Значение люмена определяется с помощью эталонных электрических ламп накаливания.

Сила света I — отношение светового потока к телесному углу, в пределах которого этот поток излучается. Единицей измерения силы света является международная свеча (св). Сила света равна одной свече, если световой поток, равный одному люмену, распространяется внутри телесного угла в один стерadian. Точечный источник излучает свет равномерно во всех направлениях. Телесный угол вокруг точки равен 4π стерadian. Отсюда сила света точечного источника

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}.$$

Яркостью источника света называется сила света, излучаемого 1 м² светящейся поверхности. Если сила света источника 1 св, а его светящаяся поверхность S (м²), то яркость

$$B = \frac{I}{S} [\text{св}/\text{м}^2].$$

Яркость измеряется в нитах (нт). Яркость равна 1 нт, если каждый квадратный метр светящейся поверхности дает силу света в 1 св.

Предметы, на которые падает свет, отражают его и поэтому становятся видимыми. Мерой освещенности предмета является *освещенность* — световой поток, приходящийся на единицу освещаемой поверхности. Если на поверхность S падает равномерный световой поток Φ , то освещенность

$$E = \frac{\Phi}{S} [\text{лм}/\text{м}^2].$$

Освещенность измеряется в люксах (лк). Освещенность равна 1 лк, если на площадку в 1 м² приходится равномерный световой поток, равный 1 лм:

$$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}.$$

Свет, падающий на гладкие зеркальные поверхности, отражается по закону: угол падения равен углу отражения. Отражение света от шероховатых поверхностей получается диффузным (рассеянным). Отношение диффузно отраженного светового потока $\Phi_{\text{отр}}$ к падающему потоку $\Phi_{\text{пад}}$ называется *коэффициентом рассеянного отражения* ρ :

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}}.$$

Коэффициент ρ всегда меньше единицы, так как часть падающего светового потока поглощается освещаемой поверхностью. Чем большую часть падающего светового потока отражает тело, тем более светлым оно выглядит.

§ 2. УСТРОЙСТВО И СВОЙСТВА ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА

Глаз человека представляет собой очень сложный и чувствительный оптический прибор (рис. 1).

Шарообразное глазное яблоко окружено со всех сторон твердой оболочкой — склерой. Склера прозрачна лишь в передней части глаза

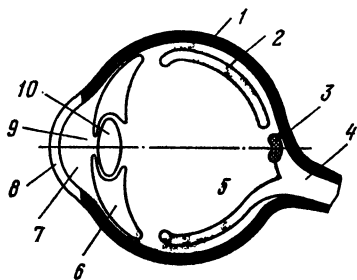


Рис. 1. Устройство глаза человека:

1 — склера, 2 — сетчатка, 3 — желтое пятно, 4 — зрительный нерв, 5 — стекловидное тело, 6 — радужная оболочка, 7 — передняя камера, 8 — роговица, 9 — зрачок, 10 — хрусталик

и образует здесь выступающую вперед роговую оболочку, или роговицу. За роговицей находится заполненная прозрачной водянистой жидкостью передняя камера. Между передней камерой и прозрачным стекловидным телом расположена радужная оболочка, цвет которой определяет цвет глаза человека. В центре радужной оболочки имеется круглое отверстие — зрачок. Диаметр зрачка уменьшается при увеличении падающего на него светового потока и увеличивается при его уменьшении. Такая приспособляемость глаза к различной освещенности называется адаптацией.

За зрачком находится хрусталик — прозрачное хрящевидное тело, имеющее форму двояковыпуклой линзы. С помощью глазных мышц хрусталик меняет свою кривизну. Это свойство хрусталика называется аккомодацией.

За стекловидным телом находится сетчатка. Она представляет собой окончание зрительного нерва и состоит из нервных элементов двух видов — колбочек и палочек. Число колбочек достигает 7 млн.

Они чувствительны к свету и цвету. Палочек в глазу до 130 млн. Они чувствительны только к свету.

Напротив хрусталика, на сетчатке, находится область, называемая желтым пятном. В желтом пятне имеются только колбочки. Особенно много их в так называемом центральном углублении, куда хрусталик проецирует уменьшенное изображение рассматриваемого предмета. Каждая колбочка в центральном углублении присоединена к отдельному волокну зрительного нерва, передающему воспринимаемые световые ощущения в головной мозг. Чем дальше от центрального углубления, тем большее количество колбочек «обслуживается» одним волокном зрительного нерва. Поэтому наиболее мелкие детали рассматриваемого предмета различаются с помощью колбочек, находящихся в центральном углублении. При рассмотрении деталей предмета мы инстинктивно поворачиваем глаз так, чтобы изображение детали попало в центральное углубление.

Палочки расположены главным образом на окраинах сетчатки. К одному волокну зрительного нерва присоединяется около 100 палочек. Палочки обладают большой чувствительностью к свету и обеспечивают так называемое «ночное зрение», но не дают возможности различать мелкие детали.

Свойство глаза различать мелкие детали изображения характеризуется его разрешающей способностью. При рассмотрении расположенных сравнительно далеко друг от друга точек их изображения на сетчатке находятся на разных колбочках и воспринимаются раздельно. При сближении точек или при удалении рассматриваемого предмета от глаза изображения точек на сетчатке сближаются и наступает момент, когда эти изображения проецируются на одну колбочку. Тогда глаз воспринимает их как одну точку. Чтобы две светящиеся точки рассматривались раздельно, между колбочками, на которые проецируются изображения точек, должна быть хотя бы одна колбочка, не получающая светового раздражения.

Минимальный угол, под которым глаз различает две точки раздельно, называется разрешаемым углом. Величина, обратная разрешаемому углу, называется разрешающей способностью глаза.

При расчетах разрешаемый угол считают равным одной угловой минуте. Разрешающая способность, соответствующая такому разрешающему углу, равна единице.

Под действием света в палочках и колбочках происходят фотохимические реакции, результатом которых является раздражение волокон зрительного нерва, передающееся в головной мозг. Эти реакции не могут происходить мгновенно. Поэтому ощущение света появляется не сразу после воздействия светового потока на глаз и исчезает спустя некоторое время после прекращения действия света. Это свойство зрения называется инерцией зрительного ощущения. Глаз способен сохранять зрительное ощущение примерно $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{25}$ сек после того, как действие света прекратилось.

Способность глаза к инерции используется в кино и телевидении. Во время демонстрации фильма лента движется прерывисто со скоростью 24 кадра в секунду, а моменты смены кадров искусственно

затемняются специальным устройством — обтюратором. Глаз, обладая инерцией, затемнения не видит (оно длится очень короткое время), а видит новый кадр с изменением в положении объекта. В результате создается впечатление непрерывности движения. Однако если затемнять экран только 24 раза в секунду, то будет весьма заметно мелькание, что утомляет зрение и портит общее впечатление. Избежать этого можно лишь в том случае, если увеличить количество затемнений экрана в секунду до 48. Одно затемнение производится, когда кадр сменяется, а другое — когда кадр стоит перед объективом. Такую частоту затемнений глаз уловить не в состоянии, и мы видим слитное изображение.

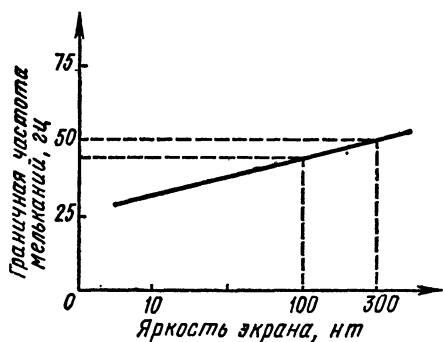


Рис. 2. Зависимость критической частоты мельканий от яркости изображения

В телевидении изображение, разложенное на элементы, передается в течение $\frac{1}{25}$ сек, т.е. за 1 сек передается 25 кадров. Повышение частоты мельканий (для получения восприятия слитного изображения) достигается применением чересстрочной развертки. Сущность такой развертки состоит в том, что полный кадр телевизионного изображения создается поочередной передачей двух полей. Частота смены кадров или полей, при которой мелькания становятся незаметными, называется

критической. Критическая частота зависит от яркости изображения и увеличивается с ростом последней. На рис. 2 приведена зависимость критической частоты смены кадров от яркости изображения, при которой отсутствуют мелькания. При яркостях изображений, передаваемых в кино и по телевидению, критическая частота составляет 40—50 кадров в секунду.

Рассмотрим особенности и свойства цветного зрения человека, которые используются и учитываются при построении различных систем цветного телевидения.

Известно, что солнечный (белый) свет, прошедший через стеклянную призму, разлагается и дает непрерывный спектр цветов от фиолетового до красного. Это означает, что белый свет является сложным и состоит из множества цветовых составляющих.

Согласно трехкомпонентной теории цветового зрения, высказанной еще в XVIII в. М. В. Ломоносовым, цветоощущающий (колбочковый) аппарат глаза содержит нервные окончания (рецепторы) трех родов. Каждый род рецепторов чувствителен к излучению определенного цвета, а именно, к красному, зеленому или синему.

Ощущение остальных видимых цветов, в том числе и белого, можно получить, смешивая определенным образом эти три основных цвета.

Смешение цветов можно наблюдать, если освещать белый экран одновременно красным, синим и зеленым цветом (см. рис. 3 в конце книги). Смешение будет и в том случае, если экран освещать красным, синим и зеленым цветом последовательно с достаточно большой частотой повторения. При этом получается такое же впечатление цветности, как и при одновременном освещении экрана трех основных цветов.

Впечатление цветности возникает и в случае пространственного смешения цветов. Близко расположенные разноцветные точки с некоторого расстояния не различаются раздельно; получается ощущение однородности цветных участков как при одновременном, так и при последовательном освещении экрана светом трех основных цветов.

Когда на глаз действует сложный цвет, состоящий из трех основных, взятых в различных количествах, возбуждаются все три вида рецепторов. Сила возбуждения рецепторов каждого вида зависит от количества основных цветов в смеси. Возбуждение от рецепторов по зрительному нерву передается в головной мозг, и в зависимости от соотношения возбуждений рецепторов разных видов получается восприятие того или иного цвета. Если рецепторы всех видов возбуждены одинаково, возникает ощущение белого цвета.

Такой взгляд на природу зрения позволяет объяснить также последовательное и пространственное сложение цветов. При последовательном сложении впечатление цветности получается благодаря инерции зрительного ощущения. Пространственное сложение объясняется тем, что при малых углах зрения окрашенные элементы не различаются раздельно, глаз суммирует световые потоки от мелких элементов изображения и в сознании наблюдателя создается впечатление определенного суммарного цвета.

Когда уменьшается угол зрения, под которым наблюдается окрашенный предмет, уменьшается способность глаза различать цвета, и сами цвета кажутся изменившимися. При некотором малом угле впечатление цветности исчезает и все мелкие окрашенные детали изображения кажутся серыми.

Следующей особенностью глаза человека является неодинаковая чувствительность его рецепторов к соответствующим цветам. Глаз наиболее чувствителен к желто-зеленым цветам и менее чувствителен к красным и синим.

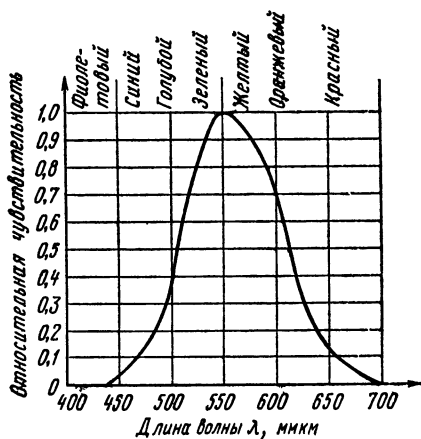


Рис. 4. Кривая видности

Результаты экспериментов позволили построить усредненную характеристику спектральной чувствительности глаза или кривую видности. Кривая показывает зависимость относительной чувствительности глаза от длины волны λ при неизменной мощности источника света (рис. 4). По кривой видности можно определить, какими должны быть мощности источников света основных цветов, чтобы ощущение яркости от них было одинаковым. Так, например, если имеются три источника света основных цветов одинаковой мощности, то ощущение яркости от красного источника составит 0,11, от зеленого 0,86 и от синего 0,05 яркости источника желто-зеленого цвета.

Знание этих особенностей человеческого зрения позволяет правильно выбирать люминофоры для телевизионных экранов, чтобы добиться высокого качества изображения на экономичном, надежном и недорогом кинескопе.

§ 3. ПЕРЕДАЧА ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Если присмотреться к газетным фотографиям, легко убедиться, что они состоят из большого числа отдельных точек. Точки на фотографии располагаются в строгом порядке и образуют сетку. Такая сетка называется растром.

Несмотря на то, что точки растра располагаются в строго определенном порядке, с их помощью можно воспроизвести любое изображение. Достигается это степенью окраски точек — от черного цвета до светло-серого, и чем больше точек расположено на одном квадратном миллиметре, тем яснее рисунок.

Наиболее грубые растры используют в уличных рекламах. Электрические рекламы, воспроизводящие движение букв или какого-либо рисунка, состоят из определенного количества осветительных ламп. С помощью переключателя лампы включаются в строго определенной последовательности и образуют зрительное ощущение бегущей картины. Это и есть простейший способ передачи изображения на расстояние.

С развитием радиосвязи появилась идея передачи изображения по радио, но только в 1911 г. русскому ученому В. Л. Розингу удалось практически осуществить электронную передачу изображения. Опытное телевизионное вещание в СССР с механической разверткой на 30 строк началось в 1931 г., опытные передачи высококачественного электронного телевидения — в 1937 г., а опытные цветные передачи — в 1954 г.

Из физики известно, что фотоэлемент способен превращать изменяющийся по силе свет в электрические колебания. Чем сильнее освещен катод фотоэлемента, тем интенсивнее излучаемый катодом электронный поток и тем больше фототок. Если установить какое-то количество миниатюрных фотоэлементов на плоскости, т. е. расположить их подобно газетному растру, и в определенной последовательности освещать каждый из них изменяющимся по величине пучком света, то на выходе можно получить ток, изменяющийся по тому же закону, по какому меняется освещенность фотоэлементов.

Изменение силы тока с помощью специальных устройств можно превратить в изменение яркости света. Так как каждое изображение можно разложить на отдельные точки, то для передачи его по радио или по проводам достаточно передать электрические сигналы, соответствующие освещенности каждой точки данного изображения. Если в кино на экране проецируется сразу все изображение кадра, то в телевидении неподвижное или подвижное изображение передается последовательно, т. е. всякое слитное изображение разбивается на большое число точек. Эти точки образуют растр и называются *элементами изображения*.

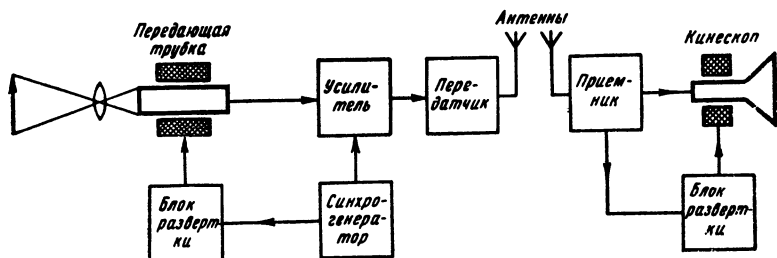


Рис. 5. Упрощенная структурная схема телевизионной линии передачи

Элементы изображения в телевидении передаются в строго определенной последовательности, с большой скоростью, и благодаря инерции глаза создается впечатление слитности строки. Последовательная передача всех элементов изображения с определенной скоростью и в строго определенном порядке называется *разверткой изображения*.

В процессе хода развертки средняя яркость каждого элемента изображения преобразуется в передающей аппаратуре при помощи сложного фотоэлемента в электрический ток с силой, пропорциональной освещенности катодов сложного фотоэлемента. Полученный таким образом ток представляет собой сигнал изображения. Для получения сигнала изображения используют специальные передающие электроннолучевые трубки.

Посредством объектива изображение проецируется на мишень передающей трубки, которая содержит большое количество микроскопических светочувствительных элементов, преобразующих энергию света в электрический заряд.

Чем сильнее освещен участок мишени, тем больше заряд расположенных на этом участке элементов мишени.

По мишени скользит электронный луч (рис. 5), осуществляющий коммутацию ее элементов, т. е. развертку изображения. Сигнал изображения поступает на усилитель, подводится к передатчику и модулирует излучаемые его антенной колебания.

В месте приема изображения находится приемная электроннолучевая трубка — кинескоп. Электронный луч движется по экрану

кинескопа синхронно с движением электронного луча в передающей трубке. Экран приемной трубки светится в том месте, где на него падает электронный луч. Сигнал изображения воздействует на электронный луч в приемной трубке таким образом, что более сильному сигналу изображения соответствует большее количество электронов в луче и, следовательно, более яркое пятно на экране. Так как движение электронного луча по экрану приемной трубки точно повторяет движение луча по мишени передающей трубки, то чередование пятен разной яркости на экране приемной трубки дает ту же картину, какая проецируется на фотокатод передающей трубки.

Правильная передача изображения возможна лишь в том случае, когда движение электронного луча на экране приемной трубки синхронно и синфазно с движением луча на мишени передающей трубки. Например, когда к приемной трубке приходит сигнал, полученный в передающей трубке от конца второй строки, луч в приемной трубке должен прочерчивать конец второй строки.

Синхронизация движения луча на экране приемной и мишени передающей трубок осуществляется передачей специальных синхронизирующих импульсов, которые вместе с сигналом изображения входят в состав полного телевизионного сигнала. На приемном конце телевизионной линии передачи синхронизирующие импульсы отделяются от полного телевизионного сигнала и используются для синхронизации движения электронного луча по экрану приемной трубки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Подсчитайте, какой световой поток падает на площадку в 100 см^2 в полдень, когда освещенность равна $100\,000 \text{ лк}$?
2. Какие элементы глаза более чувствительны к свету: палочки или колбочки?
3. Нарисуйте кривую видности глаза.
4. Почему на больших расстояниях от наблюдателя мелкие предметы не воспринимаются глазом?
5. Как зависит критическая частота мельканий от яркости изображения?
6. Нарисуйте структурную схему простейшей телевизионной линии связи.

Глава II

ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ОПТИКИ

В современной телевизионной аппаратуре изображение разлагается на сотни тысяч элементов, и чтобы передать последовательно все элементы изображения, необходимо произвести несколько миллионов переключений в одну секунду. Это можно сделать лишь с помощью электронного луча, поскольку он практически не имеет инерции.

Но для осуществления развертки изображения в передающих и приемных телевизионных трубках электронный луч необходимо сфокусировать в точку и перемещать по мишени или экрану. Фокусировка и перемещение луча производятся воздействием магнитных и электрических полей на поток электронов.

Раздел электроники, изучающий законы движения заряженных частиц в магнитном и электрическом полях, называется *электронной оптикой*.

§ 4. ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Пусть электрон находится в однородном (равномерном) электрическом поле между пластинами плоского конденсатора. Под действием сил поля электрон стремится двигаться от отрицательно заряженной пластины к положительно заряженной. Сила, с которой поле действует на электрон, равна произведению напряженности электрического поля E на заряд электрона e и направлена противоположно вектору напряженности электрического поля:

$$F = -Ee.$$

Если электрон, попав в электрическое поле, движется от положительно заряженной пластины к отрицательно заряженной, т. е. в направлении электрического поля, то сила F направлена навстречу скорости электрона V , и движение электрона замедляется (рис. 6, а). При движении электрона от отрицательно заряженной пластины к положительно заряженной его скорость увеличивается под воздействием ускоряющего электрического поля (рис. 6, б).

Если электрон движется под углом к силовым электрическим линиям однородного электрического поля, то его траектория искривляется (рис. 7). На электрон действует сила F , направленная вдоль силовых линий электрического поля, и вектор начальной скорости V_0 получает приращение ΔV , которое совпадает по направлению с силой F . Вектор результирующей скорости $V_{рез}$ имеет другое направ-

ление по сравнению с вектором начальной скорости V_0 . В последующие моменты времени вектор результирующей скорости повернется еще больше. Поворот вектора скорости продолжается до тех пор, пока электрон не будет двигаться вдоль силовых электрических линий поля. Тогда движение электрона станет прямолинейным.

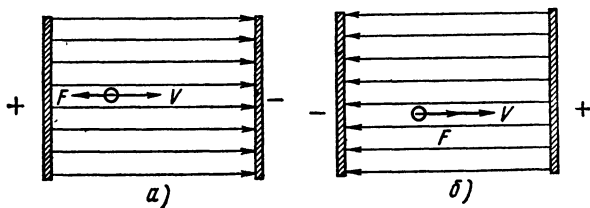


Рис. 6. Движение электронов в электрическом поле:
а — в замедляющем, б — в ускоряющем

Как показывает рис. 7, изменяется не только направление, но и величина результирующей скорости.

Рассмотрим теперь движение электрона в неоднородном электрическом поле. Силовые линии такого электрического поля искривлены (рис. 8).

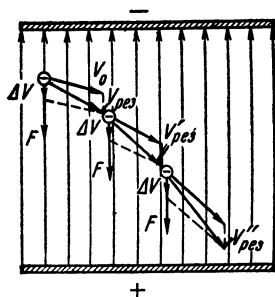


Рис. 7. Движение электрона в однородном электрическом поле под углом к силовым линиям

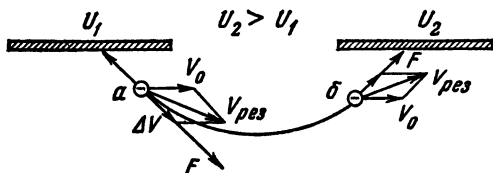


Рис. 8. Движение электрона в неоднородном электрическом поле:
 U_1 и U_2 — потенциалы пластин

Сила, действующая на электрон в электрическом поле, направлена противоположно вектору напряженности поля, т. е. по касательной к силовым электрическим линиям в сторону более высокого потенциала. Так же направлено приращение скорости ΔV , которое получает электрон под действием поля. В точке а поле увеличивает скорость электрона и смещает его вниз, в точке б поле смещает электрон вверх.

При помощи электрического поля в телевизионных трубках можно осуществлять как фокусировку, так и отклонение луча.

§ 5. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ФОКУСИРОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Источником потока свободных электронов в современных электроннолучевых трубках является подогревный активированный катод, размещенный внутри металлического управляющего электрода (рис. 9). Управляющий электрод 1 имеет форму цилиндра с отверстием (диафрагмой) в дне. К нему подводится отрицательное напряжение порядка нескольких десятков вольт. За управляющим электродом находится первый анод 2, на который подается высокое положи-

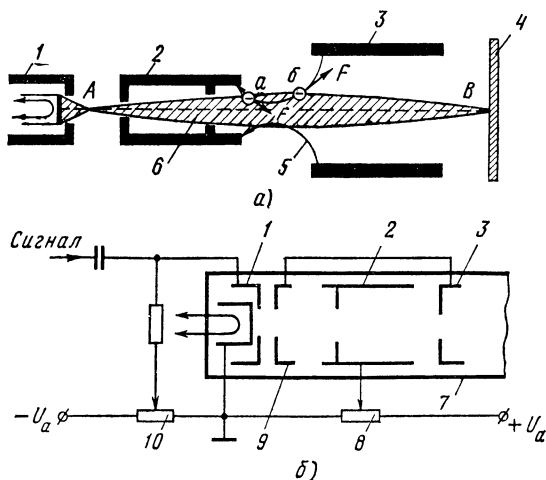


Рис. 9. Электростатическая фокусировка электронного луча:

a — движение электронов в трубке с электростатической фокусировкой, *б* — схема трубки с ускоряющим электродом; 1 — управляющий электрод, 2 — первый анод, 3 — второй анод, 4 — экран, 5 — электрические силовые линии, 6 — электронный луч, 7 — баллон трубки, 8 — потенциометр фокусировки, 9 — ускоряющий электрод, 10 — потенциометр регулировки яркости

тельное напряжение — порядка сотен вольт. Катод, управляющий электрод и первый анод составляют электронную пушку, или электронный прожектор.

Под действием положительного напряжения на аноде электроны, излучаемые катодом, пролетают через отверстие в управляющем электроде. Отрицательно заряженный управляющий электрод тормозит электроны и заставляет их двигаться сходящимся пучком. В точке *A* электронный пучок сходится, а затем расходится из-за взаимного отталкивания электронов.

За первым анодом находится второй анод 3 (рис. 9, *a*) на который подается еще более высокое положительное напряжение, и электроны, движущиеся с большой скоростью в расходящемся пучке, попадают в электрическое поле между первым и вторым анодами. В точке *a*

на электрон, движущийся под углом к оси трубки, действует сила F , направленная по касательной к силовой линии электрического поля. Она ускоряет движение электрона и смещает его к оси трубки. Электронный луч становится сходящимся. В точке b сила F уже отталкивает электрон от оси трубки. Однако в левой собирающей части поля между первым и вторым анодами электрон движется с меньшей скоростью и проходит ее за большее время, чем правую рассеивающую часть поля. Поэтому собирающее действие левой части поля сильнее рассеивающего действия правой части и электронный луч сходится в некоторой точке B , называемой *фокусом*. Изменяя разность потенциалов между первым и вторым анодами, можно добиться, чтобы электронный луч сходился в точку на экране трубки.

Обычно фокусировка осуществляется изменением потенциала первого анода с помощью фокусирующего потенциометра 8 (рис. 9, б).

Изменяя потенциометром 10 отрицательный потенциал управляющего электрода, можно управлять количеством электронов, проходящих через его диафрагму. В приемных трубках такая регулировка приводит к изменению яркости светящегося пятна на экране и потому называется *регулировкой яркости*: чем ниже потенциал управляющего электрода, тем меньше электронов попадает на экран и тем слабее светится на нем пятно. При достаточно большом отрицательном потенциале управляющего электрода электроны через его диафрагму не проходят и трубка запирается.

Электронный прожектор, состоящий из катода, управляющего электрода и анода, называется триодным. В триодном прожекторе изменение потенциала первого анода приводит к изменению напряженности электрического поля у катода и, следовательно, к изменению яркости. Изменение потенциала управляющего электрода приводит к изменению формы электрического поля между первым и вторым анодами и, следовательно, к изменению фокусировки. Чтобы устранить это нежелательное явление, между первым анодом и управляющим электродом устанавливают дополнительный ускоряющий электрод 9, потенциал которого выше потенциала первого анода. Ускоряющий электрод работает подобно экранирующей сетке в электронной лампе и устраняет влияние управляющего электрода на форму электрического поля между первым и вторым анодами, чем достигается независимость фокусировки от регулировки яркости и регулировки яркости от фокусировки. В некоторых типах трубок ускоряющий электрод соединяют со вторым анодом.

Электронный прожектор, содержащий катод, управляющий электрод, анод и ускоряющий электрод, называется *тетродным*.

§ 6. ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Электрическое поле действует на любой электрон независимо от того, движется он или находится в состоянии покоя. Магнитное поле, в отличие от электрического, действует только на движущийся электрон и лишь в том случае, когда при своем движении электрон пересекает магнитные силовые линии. Это объясняется тем, что движущийся

ся электрон представляет собой элементарный электрический ток, а, как известно, любой ток создает собственный магнитный поток. Магнитное поле действует на проводник с током и, следовательно, на движущийся электрон так, что он выталкивается в ту сторону, где магнитное поле слабее.

Когда электрон движется вдоль магнитных силовых линий, его собственное магнитное поле складывается с внешним магнитным полем таким образом, что ни в каком направлении регулирующее магнитное поле не ослабляется. Поэтому никакая сила со стороны магнитного поля на электрон в этом случае не действует.

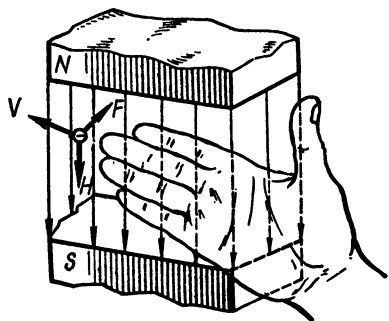


Рис. 10. Правило правой руки

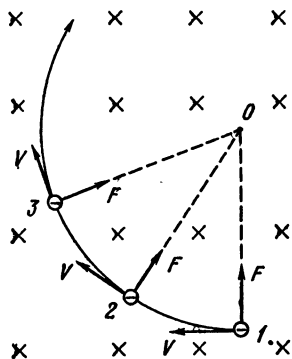


Рис. 11. Движение электронов перпендикулярно направлению магнитных силовых линий

Если же электрон движется, пересекая магнитные силовые линии, то по одну сторону от электрона магнитное поле усиливается, а по другую ослабляется, и на электрон действует сила, выталкивающая его в ослабленную часть поля. Направление силы, действующей на электрон, определяется по правилу правой руки: если расположить правую руку так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца были расположены в направлении движения электрона, то отогнутый большой палец покажет направление силы, действующей на электрон (рис. 10). Величина этой силы определяется по формуле

$$F = eHV \sin \alpha,$$

где e — заряд электрона,

H — напряженность магнитного поля,

V — скорость движения электрона,

α — угол между направлением магнитных силовых линий и вектором скорости электрона.

Из формулы видно, что при движении электрона вдоль магнитных силовых линий ($\alpha = 0$) магнитное поле на него не действует. При дви-

жении электрона перпендикулярно магнитным силовым линиям поле действует на него с наибольшей силой.

Рассмотрим случай, когда электрон движется с постоянной скоростью в однородном магнитном поле перпендикулярно направлению магнитных силовых линий (рис. 11). Тогда при любом положении электрона $\alpha = 90^\circ$ и сила F по правилу правой руки направлена перпендикулярно магнитным силовым линиям и вектору скорости электрона V . Так как скорость V постоянна и магнитное поле однородное, то величина силы F неизменна.

Когда электрон попадет в точку 1, сила F заставит его отклониться от первоначального направления и он переместится в точку 2. В этой точке снова действует сила F прежней величины, но уже другого направления, в результате чего электрон переместится в точку 3 и т. д. Траектория движения электрона в магнитном поле, перпендикулярном направлению его движения, представляет собой окружность с центром в некоторой точке 0. Радиус этой окружности r и период вращения электрона T можно легко определить.

Сила F , с которой магнитное поле действует на электрон, равна по величине и противоположна по направлению центробежной силе $F_{ц}$, возникающей вследствие движения электрона по окружности.

Сила $F = eHV \sin \alpha$; так как $\alpha = 90^\circ$, то $\sin \alpha = 1$.

По законам механики

$$F_{ц} = \frac{mV^2}{r},$$

значит, $eHV = \frac{mV^2}{r}$, откуда $r = \frac{mV}{eH}$,

где m — масса электрона.

Следовательно, чем больше масса заряда, движущегося в магнитном поле, тем больше радиус описываемой окружности. Это значит, что траектории тяжелых частиц искривляются в магнитном поле меньше, чем траектории легких частиц.

Период вращения электрона

$$T = \frac{2\pi}{\omega},$$

где ω — угловая скорость

Как известно из механики, угловая скорость равна частному от деления линейной скорости V на радиус окружности r

$$\omega = \frac{V}{r},$$

отсюда

$$T = \frac{2\pi r}{V}$$

Подставив в это выражение значение радиуса окружности r , получим

$$T = \frac{2\pi m}{eH}$$

Масса электрона m и его заряд e — постоянные величины.

Следовательно, период вращения электрона зависит только от напряженности магнитного поля H .

Если угол между направлением движения электрона и магнитными силовыми линиями не равен 90° , то траектория электрона представляет собой винтовую линию (рис. 12). В этом случае скорость V можно разложить на две составляющие — продольную $V_{\text{пр}}$ и поперечную $V_{\text{поп}}$. Вследствие взаимодействия $V_{\text{поп}}$ с магнитным полем электрон будет описывать окружность с радиусом

$$r = \frac{mV_{\text{поп}}}{eH},$$

смещаясь одновременно в продольном направлении со скоростью $V_{\text{пр}}$. Если в однородном магнитном поле движется несколько электронов.

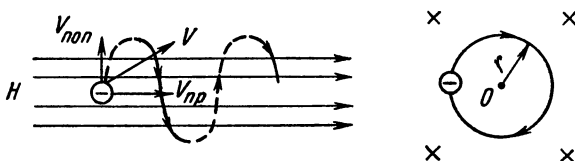


Рис. 12. Движение электронов под углом к магнитным силовым линиям

у которых поперечные составляющие скоростей разные, а продольные — одинаковые, то траектории таких электронов представляют собой винтовые линии с разными радиусами, но одинаковым шагом. Радиусы винтовых линий различны, так как различны поперечные составляющие скоростей электронов. Периоды вращения всех электронов одинаковы (так как период зависит только от напряженности магнитного поля H , которая во всех точках одинакова). Поскольку продольные составляющие скоростей всех электронов одинаковы, то за один оборот электроны пройдут в продольном направлении одинаковые расстояния и все винтовые линии будут иметь одинаковый шаг.

Действие магнитного поля на движущиеся электроны используется для фокусировки электронного луча и для управления его отклонением.

§ 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФОКУСИРОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Рассмотрим движение электронов расходящегося электронного луча в магнитном поле длинной катушки (рис. 13). Длинной называется катушка, длина которой не соизмерима с ее диаметром. Магнитное поле такой катушки можно считать однородным, так как магнитные силовые линии проходят внутри катушки практически параллельно.

Пусть из точки A на оси катушки выходит расходящийся электронный луч. Электроны движутся вдоль оси катушки под действием

положительного потенциала анода (или по инерции). Так как анод одинаково притягивает все электроны, то, хотя они и движутся расходящимся пучком, продольные составляющие скоростей всех электронов одинаковы и электроны движутся по винтовым линиям с разными радиусами, но с одинаковым шагом. Выйдя из точки *A* на оси катушки,

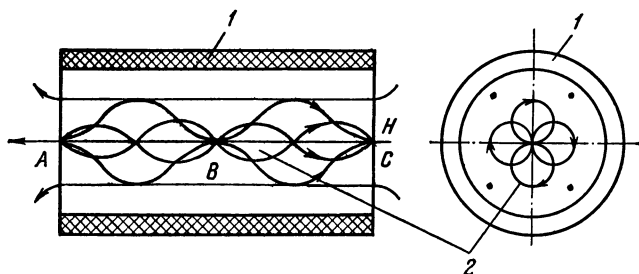


Рис. 13. Движение электронов в магнитном поле длинной фокусирующей катушки:

1 — фокусирующая катушка, 2 — траектории движения электронов

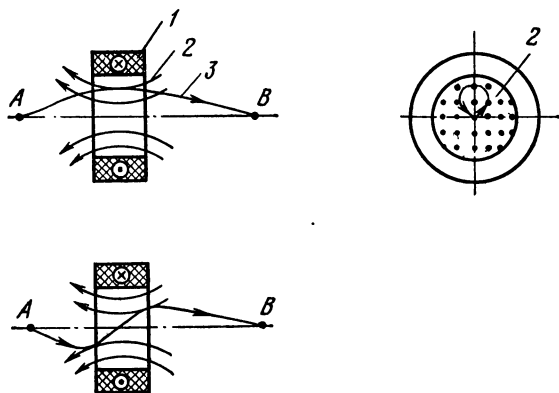


Рис. 14. Фокусировка электронного луча короткой катушкой (показаны проекции траектории движения электрона в трех плоскостях):

1 — фокусирующая катушка, 2 — магнитные силовые линии, 3 — траектория электрона; крестом и точкой показано направление тока в витках катушки; *A* — точка, в которой электронный пучок расходится, *B* — фокус

все электроны, сделав полный оборот, пересекут снова ось катушки в точке *B*, еще через оборот — в точке *C* и т. д. Точки, в которых сходятся винтообразные орбиты электронов, называются фокусами. Чем больше напряженность магнитного поля катушки, тем меньше время оборота электрона и расстояние между фокусами.

Чтобы сфокусировать электронный луч с помощью длинной катушки, трубку помещают внутри катушки и изменяют ток в катушке (а следовательно, и напряженность магнитного поля H) так, чтобы один из фокусов был на экране трубки. Фокусировка с помощью длинной катушки применяется только в передающих трубках.

В приемных трубках (кинескопах) для фокусировки используют короткие катушки, у которых длина значительно меньше их диаметра (рис. 14). Магнитное поле такой катушки неравномерное, так как магнитные силовые линии внутри катушки не параллельны. Из-за малой длины катушки электроны не успевают сделать полный виток. Они летят сначала по прямой, затем, войдя в поле, описывают часть витка и, выйдя из поля, движутся по касательной к витку, обязательно пересекая ось трубки. Напряженность магнитного поля катушки подбирают такой, чтобы точка B пересечения траекторий электронов с осью трубки лежала на экране.

§ 8. УПРАВЛЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ЛУЧА

Управлять отклонением электронного луча можно как с помощью электрического поля (электростатическое отклонение), так и с помощью магнитного поля (электромагнитное отклонение). Электростатическое отклонение осуществляется с помощью отклоняющих пластин

(рис. 15), которые помещают между экраном и анодом. Между пластинами создают разность потенциалов, и электроны отклоняются в сторону пластины с более высоким потенциалом. Чем больше разность потенциалов между пластинами, тем больше отклонение электронного луча. Пластины, расположенные в горизонтальной плоскости, управляют отклонением луча по вертикали и называются вертикально отклоняющими. Пластины, расположенные в вертикальной плоскости, отклоняют луч по горизонтали и называются горизонтально отклоняющими. Однако при электростатическом отклонении возникает сильная расфокусировка луча на краях изображения, и в вещательном телевидении трубки с таким отклонением не применяются.

Для электромагнитного отклонения используется действие магнитного поля на движущиеся электроны. У горловины трубки 3 (рис. 16, а) помещают две последовательно соединенные катушки и пропускают через них ток. Образуется магнитное поле, силовые линии которого пересекаются электронным лучом (рис. 16, б). Со

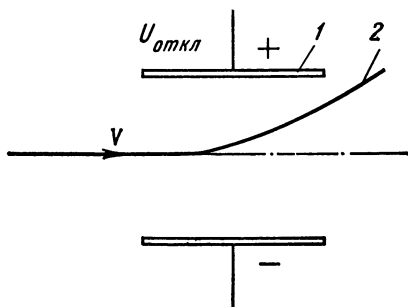


Рис. 15. Отклонение электронов электрическим полем:

1 — отклоняющие пластины, 2 — траектория движения электрона, $U_{откл}$ — напряжение между отклоняющими пластинами

стороны этого поля на электроны действует сила, направление которой определяется по правилу правой руки. Чем больше ток в отклоняющих катушках, тем большая сила действует на электроны и больше отклонение электронного луча. Меняя величину и направление тока, можно управлять величиной и направлением отклонения электронов.

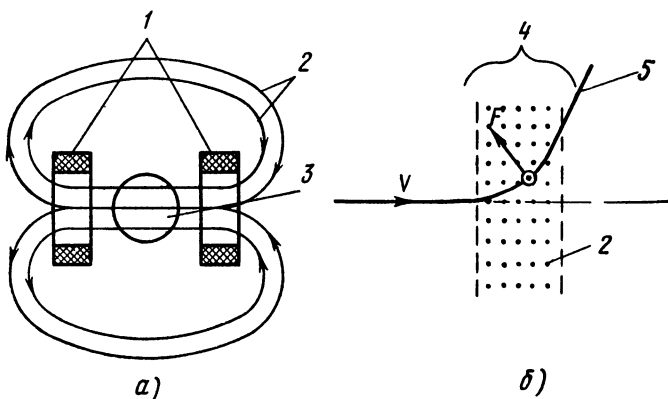


Рис. 16. Отклонение электронов магнитным полем:
a — катушки магнитного отклонения, *b* — движение электронов в магнитном поле отклоняющих катушек; 1 — отклоняющие катушки, 2 — магнитные силовые линии, 3 — горловина трубки, 4 — область действия магнитного поля, 5 — траектория электрона; *F* — сила, действующая на электрон

Две пары таких катушек позволяют управлять отклонением электронного луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При магнитном отклонении проще получить равномерную фокусировку по всему экрану, и она в настоящее время применяется почти повсеместно.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Куда переместится фокус, если в трубке с электростатической фокусировкой уменьшить разность потенциалов между первым и вторым анодами?
2. Как регулируется яркость светящегося пятна на экране кинескопа?
3. Почему у трубок с триодными прожекторами фокусировка и регулировка яркости взаимосвязаны?
4. Объясните действие ускоряющего электрода в трубках с тетродными прожекторами.
5. Между пластинами заряженного конденсатора движутся электрон и отрицательный ион, заряд которого равен заряду электрона. Какая частица больше отклонится от первоначального направления?
6. Между полюсами магнита с одинаковой скоростью пролетают те же частицы (электрон и отрицательный ион). Какая из частиц отклонится больше?

Глава III

ПЕРЕДАЮЩИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ТРУБКИ

Передающие телевизионные трубки преобразуют передаваемое оптическое изображение в электрический сигнал.

В работе передающих трубок существенное значение имеют фотоэффект и вторичная электронная эмиссия. Рассмотрим физическую сущность этих явлений.

§ 9. ФОТОЭФФЕКТ

Фотоэффектом называется способность некоторых веществ изменять присущие им электрические свойства под действием света. Различают внешний и внутренний фотоэффекты.

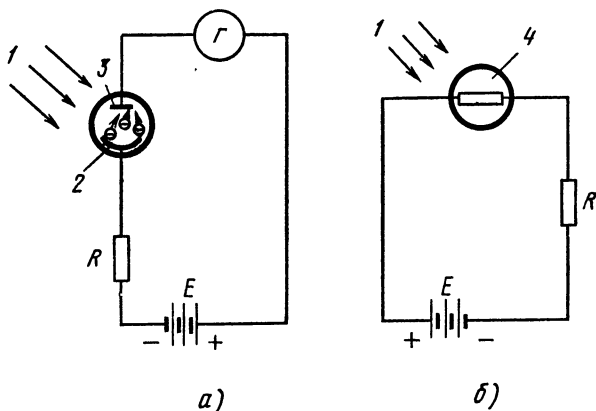


Рис. 17. Схемы с приборами, в которых используется фотоэффект:

а — с фотоэлементом, *б* — с фотопроводником; *1* — световой поток, *2* — катод фотоэлемента, *3* — анод фотоэлемента, *4* — фотопроводник

Внешний фотоэффект заключается в испускании веществом электронов под действием световых лучей. Он объясняется тем, что у ряда веществ электроны, находящиеся на внешних электронных оболочках атомов, очень слабо связаны с ними. При освещении электроны получают дополнительную энергию, достаточную для преодоления притяжения со стороны ядер, покидают атомы и уходят из тела во внешнее пространство.

Устройства, основанные на явлении внешнего фотоэффекта, называются фотоэлементами. Фотоэлемент (рис. 17, а) содержит катод и анод. Под действием света катод излучает электроны. Если между анодом и катодом фотоэлемента включить резистор нагрузки R и батарею E так, чтобы потенциал анода был выше потенциала катода, то в цепи потечет ток. На резисторе R выделится напряжение.

Внешний фотоэффект впервые был исследован в конце прошлого века русским ученым А. Г. Столетовым, который установил, что ток фотоэлектронной эмиссии прямо пропорционален световому потоку и что при изменении светового потока фототок изменяется практически мгновенно.

При внутреннем фотоэффекте освобожденные электроны остаются внутри вещества и увеличивают его электропроводность.

Устройства, в которых используется внутренний фотоэффект, называются фотопроводниками (рис. 17, б). В темноте фотопроводник практически не пропускает тока. При освещении освобождаются электроны и появляется фототок. Чем больше световой поток, тем больше фототок и падение напряжения на резисторе нагрузки R .

§ 10. ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ

Если бомбардировать металлическое тело электронами, имеющими большую скорость, то из него будут выбиваться новые вторичные электроны. Этот процесс называется *вторичной электронной эмиссией*.

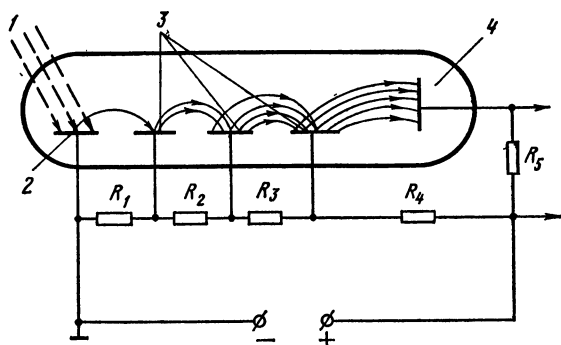


Рис. 18. Фотоэлектронный умножитель:

1 — световой поток, 2 — фотокатод, 3 — диноды (эмиттеры), 4 — анод (коллектор); R_1, R_2, R_3, R_4 — делители напряжения для питания динодов, R_5 — резистор нагрузки

Интенсивность вторичной электронной эмиссии определяется отношением числа выбитых вторичных электронов к числу первичных (бомбардирующих) электронов. Это отношение называется *коэффициентом вторичной электронной эмиссии* σ .

Вторичными считаются все электроны, уходящие от бомбардируемого тела, — как выбитые из него, так и отразившиеся первичные электроны.

При дальнейшем увеличении скорости энергия первичных электронов возрастает настолько, что они глубоко проникают в металлы и значительную часть энергии тратят на нагрев вещества. Величина σ при этом уменьшается. Максимальное значение σ для некоторых веществ достигает 20.

Явление вторичной электронной эмиссии используется для усиления фототоков в фотоэлектронных умножителях, которые являются дальнейшим развитием фотоэлементов (рис. 18).

Первые конструкции фотоэлектронных умножителей были разработаны в 1934 г. советским ученым Л. А. Кубецким.

Под действием света фотокатод излучает электроны, которые притягиваются вторично эмиттирующими электродами — *динодами*. Диноды питаются от делителя напряжения; потенциал каждого последующего динода выше потенциала предыдущего. Поток излученных фотокатодом электронов выбивает вторичные электроны из первого динода; эти электроны притягиваются вторым динодом и также вызывают вторичную эмиссию и т. д. Коэффициент вторичной эмиссии каждого динода больше единицы, так что поток электронов в умножителе нарастает от динода к диноду. Коэффициент усиления фотоэлектронного умножителя равен произведению коэффициентов вторичной эмиссии всех динодов

$$K = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3, \dots, \sigma_n.$$

Фотоэлектронный умножитель практически может иметь коэффициент усиления фототока до 10^7 .

§ 11. ПЕРЕДАЮЩИЕ ТРУБКИ С ВНЕШНИМ ФОТОЭФФЕКТОМ

В 1931 г. советским ученым С. И. Катаевым был изобретен иконоскоп — первая передающая телевизионная трубка, нашедшая практическое применение. С появлением этой трубки началась эра электронного телевидения. Дальнейшее совершенствование этой передающей трубки привело к созданию новой трубки, получившей название супериконоскопа (иконоскоп с переносом изображения). Супериконоскоп был предложен в 1933 г. советскими учеными П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым. Он отличался от иконоскопа наличием секции переноса. Супериконоскоп обладал большей по сравнению с иконоскопом чувствительностью и использовался для телевизионных передач при естественном освещении. Недостатки супериконоскопа — относительно большие габариты и специфические искажения. В настоящее время супериконоскопы редко применяются на телецентрах.

Передающая трубка типа суперортикон в отличие от иконоскопа и супериконоскопа имеет двухстороннюю мишень: изображение проецируется на одну сторону мишени, а считывание образовавшегося потенциального рельефа производится с противоположной стороны. Такая мишень была предложена в 1939 г. советским ученым Г. В. Брауде. Устройство и схема включения суперортикона показана на рис. 19.

Баллон трубки состоит из двух стеклянных цилиндров разных диаметров. На внутренней стороне торца цилиндра большего диаметра находится полупрозрачный фотокатод 1. К нему приложен относительно земли отрицательный потенциал порядка 300 в. Далее размещен кольцевой ускоряющий электрод 2 под нулевым потенциалом относительно земли и соответственно имеющий положительный потенциал 300 в относительно фотокатода. За ускоряющим электродом установлена мелкоструктурная металлическая сетка 3, содержащая около 30 отверстий на один миллиметр длины. Она имеет относительно земли положительный потенциал порядка 1—3 в. На расстоянии в несколько десятков микрон от сетки помещена мишень 4, представляющая собой стеклянную пластину толщиной 3—5 мкм.

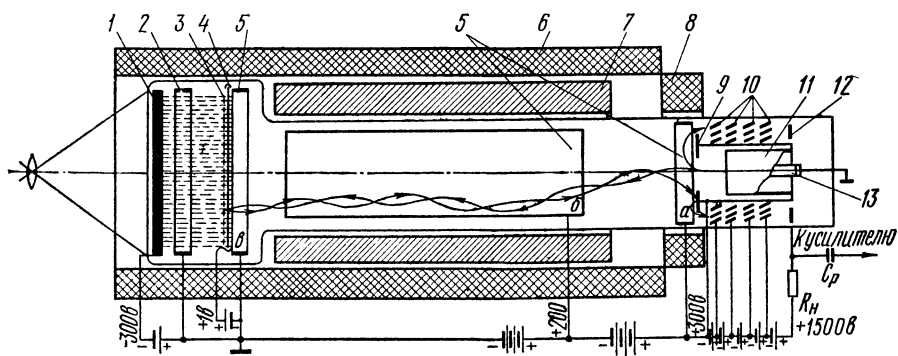


Рис. 19. Устройство суперортикона:

1 — полупроводниковый фотокатод, 2 — кольцевой ускоряющий электрод, 3 — сетка, 4 — мишень, 5 — три электрода, создающих тормозящее поле, 6 — фокусирующая катушка, 7 — отклоняющие катушки, 8 — корректирующая катушка, 9 — коллектор (анод электронного прожектора), 10 — диноды, 11 — управляющий электрод, 12 — сигнальный электрод, 13 — катод

В части баллона меньшего диаметра находится электронный прожектор, расположенный внутри вторичноэлектронного умножителя. Между мишенью и электронным прожектором имеются три кольцевых электрода 5, создающих тормозящее поле для электронов, излучаемых катодом электронного прожектора. В цепь анода фотоэлектронного умножителя включается резистор нагрузки R_n , на котором выделяется сигнал изображения.

Электроны, излучаемые освещенным фотокатодом, устремляются внутрь трубки под действием ускоряющего электрического поля между фотокатодом и ускоряющим электродом. Они движутся вдоль магнитных силовых линий длинной фокусирующей катушки 6, и плотность в потоке фотоэлектронов распределяется так же, как освещенность на фотокатode.

Около половины фотоэлектронов задерживается сеткой. Однако различить тень от сетки на изображении невозможно, так как сетка содержит очень большое число отверстий. Бомбардирующие мишень

фотоэлектроны выбивают из нее электроны вторичной эмиссии, и на мишени образуется потенциальный рельеф: более ярко освещенные участки имеют больший положительный потенциал. Выбитые из мишени вторичные электроны улавливаются сеткой и на мишень не оседают. На обратной стороне мишени образуется такой же потенциальный рельеф, как и на лицевой. Происходит это следующим образом: лицевая сторона мишени, потеряв фотоэлектроны, приобретает положительный заряд; тогда отрицательные заряды в молекулах диэлектрика мишени смещаются к лицевой стороне и на обратной стороне мишени получается такой же положительный потенциал, как на соответствующем участке лицевой стороны.

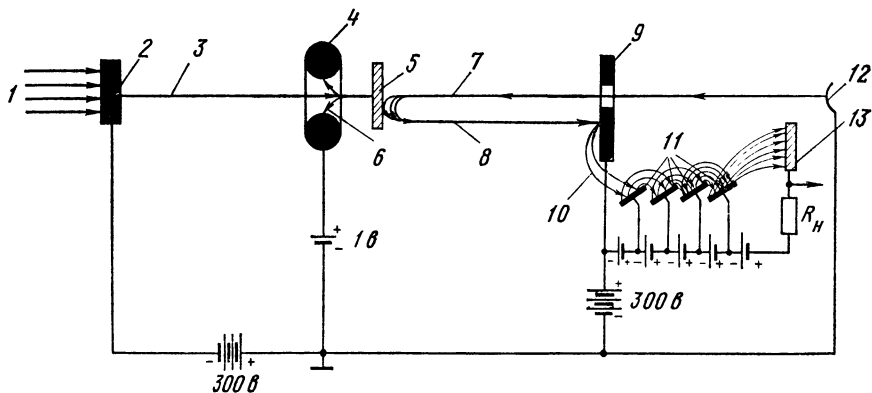


Рис. 20. Движение электронов в суперортиконе:

1 — световой поток, 2 — элемент фотокатода, 3 — фотоэлектроны, 4 — ячейка сетки, 5 — элемент мишени, 6 — вторичные электроны, выбитые из мишени, 7 — прямой поток электронов, 8 — отраженный поток электронов, 9 — коллектор (первый эмиттер вторично электронного умножителя), 10 — вторичный электронный поток, 11 — диоды умножителя, 12 — катод, 13 — анод

Электроны, излучаемые катодом электронного прожектора, проходят узкое отверстие в аноде и тормозятся электродами *a*, *b*, *в*, потенциалы которых ниже потенциалов анода прожектора. Напряжения на этих электродах выбирают так, чтобы электроны у поверхности мишени имели скорость, близкую к нулю.

Когда фотокатод не освещен, на мишени нет потенциального рельефа, и все электроны луча, дойдя до мишени, устремляются обратно к прожектору.

Если фотокатод освещен, то на мишени имеются участки с положительным потенциалом, и поэтому часть электронов, вышедших из прожектора, будет притянута мишенью и оседет на ней.

Количество электронов, оседающих на участке мишени, прямо пропорционально потенциалу данного участка. Поэтому количество отраженных от мишени электронов зависит от глубины ее потенциального рельефа: чем больше освещенность участка изображения и, следовательно, чем больше положительный потенциал соответствующего

щего участка мишени, тем больше количество электронов поглощаемых и меньше отраженных. Движение отраженных электронов показано на рис. 20.

Поток отраженных электронов ускоряется электродами *в, б, а* (см. рис. 19) и выбивает вторичные электроны из анода электронного прожектора. Каждый отраженный электрон выбивает несколько вторичных. Поток выбитых из анода электронов усиливается электронным множителем, как это показано на рис. 20.

Множественно усиленный поток вторичных электронов собирается анодом умножителя. За счет этих электронов в цепи анода течет ток, который создает напряжение сигнала на резисторе нагрузки R_n .

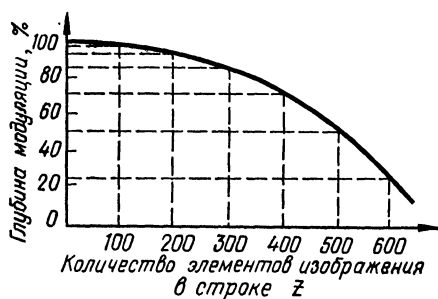


Рис. 21. Апертурная характеристика суперортика

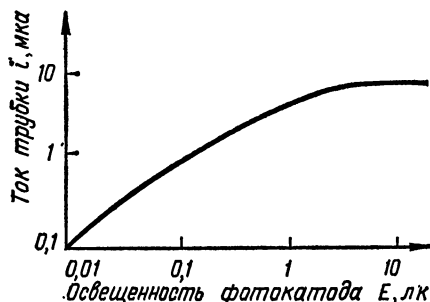


Рис. 22. Статическая характеристика свет-сигнал суперортика

Разрешающая способность суперортика зависит от диаметра электронного луча (апертуры) и характеризуется его апертурной характеристикой (рис. 21).

Как видно из рис. 21, относительная величина видеосигнала на выходе суперортика уменьшается с уменьшением геометрических размеров элементов изображения. Это явление связано с тем, что электронный луч, считывающий потенциальный рельеф мишени, имеет площадь поперечного сечения, соизмеримую с элементами мишени и соответственно с площадью элемента изображения. При величине элемента изображения, меньшей площади сечения луча, последний одновременно считывает потенциальный рельеф от нескольких элементов изображения, тем самым искажая видеосигнал. Количество электронов, участвующих в нейтрализации потенциального рельефа от элемента изображения, прямо пропорционально его площади. Поэтому при считывании потенциального рельефа, образованного мелкими деталями изображения, электронный луч практически будет образовывать видеосигнал меньшего размаха. Для уменьшения апертурных искажений на передающем конце телевизионного тракта вводятся специальные корректоры.

Зависимость тока сигнала суперортика от освещенности фотокатода носит название характеристики свет-сигнал суперортика (рис. 22).

В сравнительно большом диапазоне освещенностей фотокатода характеристика линейна и лишь при освещенностях от 1 до 10 лк имеет параболическую форму. Отклонение характеристики от линейного значения вносит в телевизионную систему искажения, называемые контрастными. Для компенсации этих искажений, вносимых телевизионным трактом (передающая трубка, усилители, кинескоп), на передающей стороне тракта вводятся корректоры контрастных искажений — гамма-корректоры, которые имеют амплитудную характеристику, обратную характеристике полного телевизионного тракта.

Чувствительностью передающих трубок называется минимальная освещенность на мишени, при которой достигается необходимое соотношение сигнал/шум на выходе. Суперортикон обладает очень высокой чувствительностью (10^{-5} — 10^{-3} лк).

Трубки типа суперортикон в настоящее время широко применяются для студийных и внестудийных передач, а также в аппаратуре промышленного и специального телевидения. Некоторые типы этих трубок могут работать при очень малом освещении, например при свете звезд. Главные недостатки суперортикона — сложность конструкции, трудность эксплуатации.

§ 12. ПЕРЕДАЮЩИЕ ТРУБКИ С ВНУТРЕННИМ ФОТОЭФФЕКТОМ

В передающих трубках с внутренним фотоэффектом для создания сигнала изображения используется изменение проводимости вещества при изменении его освещенности.

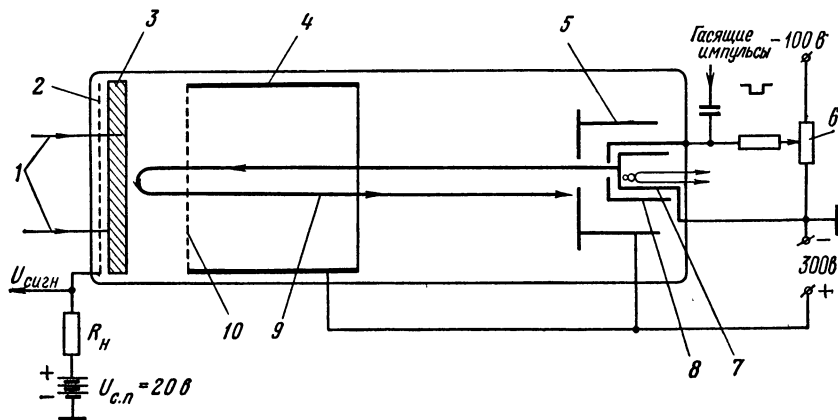


Рис. 23. Устройство видикона:

1 — световой поток, 2 — сигнальная пластина, 3 — мишень, 4 — второй анод, 5 — первый анод, 6 — потенциометр регулировки тока луча, 7 — катод, 8 — управляющий электрод, 9 — электронный луч, 10 — тормозящая сетка, $U_{с.п.}$ — напряжение на сигнальной пластине, $U_{сигн}$ — напряжение видеосигнала

Впервые такая трубка была предложена в 1925 г. советским ученым А. А. Чернышевым, но из-за технологических трудностей изготовить ее удалось только в 1950 г. Она получила название видикона.

Основным элементом видикона (рис. 23) является узел полупроводниковой мишени. Он состоит из тонкой полупрозрачной металлической сигнальной пластины 2 и пленки из полупроводника. Сигнальная пластина соединена с входом усилителя сигнала изображения. В трубке находится триодный электронный прожектор. Между первым анодом 5 и мишенью 3 расположен второй анод 4 с металлической тормозящей мелкоструктурной сеткой 10 у конца. Поскольку сигнальная пластина находится под сравнительно небольшим положи-

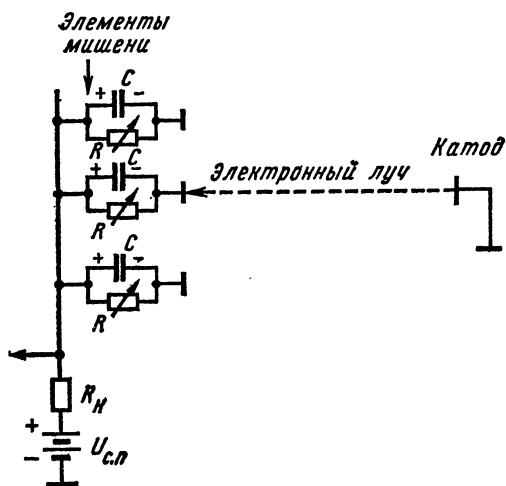


Рис. 24. Пояснение к образованию сигнала изображения в видиконе

тельным потенциалом, электроны при подходе к мишени затормаживаются.

Для упрощения рассуждений мысленно разделим мишень видикона на большое количество элементов, площадь которых примерно равна сечению электронного луча. Элемент мишени можно изобразить в виде параллельной цепочки RC (рис. 24), где резистором R представлено сопротивление участка полупроводниковой мишени, а конденсатором C — емкость между обеими сторонами элемента. Если мишень не освещена, то сопротивления R имеют максимальную величину.

Когда электронный луч касается элемента мишени, конденсатор C через резистор R_n заряжается до напряжения $V_{сп}$, т. е. в темноте обратная сторона мишени будет иметь потенциал, равный потенциалу катода. Если на мишень спроецировано изображение, то сопротивления R освещенных элементов мишени резко уменьшаются. Чем сильнее освещен данный элемент мишени, тем меньше будут сопротивления R . Конденсаторы C будут разряжаться через шунтирующие сопротивления, и чем сильнее освещен участок мишени, тем до меньшего напряжения разрядится соответствующий конденсатор.

На обратной стороне мишени образуется потенциальный рельеф: сильно освещенные элементы мишени имеют более высокие потенциалы. Развертывающий электронный луч вновь заряжает конденсаторы C . Чем сильнее был разряжен конденсатор, тем больше будет ток заряда и тем большее напряжение выделится на резисторе R_n . Через R_n протекает ток, изменяющийся по закону распределения освещенности по поверхности мишени. Этот ток создает на сопротивлении нагрузки напряжение сигнала изображения.

Разрешающая способность видикона, в основном, ограничивается объемной и поверхностной проводимостью фотопроводящего слоя

мишени и сечением электронного луча. На рис. 25 приведена апертурная характеристика типового видикона, сравнение которой с аналогичной характеристикой типового суперортикона говорит о худшей разрешающей способности видикона. Объясняется это главным образом относительно малыми размерами мишени видикона.

Характеристика свет-сигнал видикона определяется зависимостью фотопроводимости мишени от освещенности и величиной заряда, который компенсируется электронным лучом при коммутации элемента мишени (рис. 26).

Видиконы обладают довольно высокой чувствительностью, хотя и меньшей, чем суперортиконы; имеют малые габариты и просты по конструкции. Они особенно широко применяются в промышленном и специальном телевидении, а также в цветном и черно-белом телевизионном вещании, чаще всего для передачи кинофильмов.

Одним из недостатков видикона, снижающих качество изображения, является инерционность. В видиконе проявляются два вида инерционности: коммутационная и фотоэлектрическая. Коммутационная инерционность вызвана неполным снятием потенциального рельефа при первой коммутации, в результате чего требуется несколько коммутаций, чтобы полностью убрать заряд, накопленный на элементе мишени. Очевидно, что коммутационная инерционность связана, в первую очередь, с недостаточной эффективностью электронного луча. Фотоэлектрическая же инерционность связана с переходными процессами изменения во времени фотопроводимости элементов мишени. Фотоэлектрическая инерционность может быть сведена к минимуму при соответствующем увеличении освещенности мишени видикона.

Дальнейшее развитие получил принцип внутреннего фотоэффекта в трубках типа плюмбикон, лишенных некоторых недостатков видикона.

Название трубки «плюмбикон» происходит от слов «плюмбум» (свинец) и «икон» (изображение). Плюмбикон отличается от видикона материалом и конструкцией мишени. В качестве материала мишени применена окись свинца (PbO). Структура мишени многослойная. На рис. 27 показана структура мишени плюмбикона. Она состоит из прозрачного фотокатода 2, основанием которого является стеклянный торец трубки 1. На фотокатод нанесен слой двуокиси олова 3 и 5 со свойствами проводника. Этот слой пропускает свет. Затем имеется слой беспримесного полупроводника из окиси свинца 4. Слой окиси свинца и двуокиси олова образуют плоскостной многослойный полупроводниковый диод.

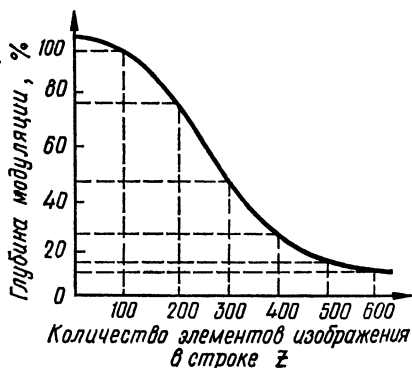


Рис. 25. Апертурная характеристика видикона

Каждый элемент мишени плумбикона может быть представлен эквивалентной схемой из конденсатора и фотодиода, изменяющего свое сопротивление в зависимости от количества приходящего света.

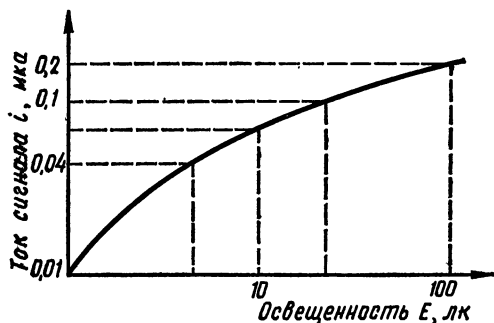


Рис. 26. Характеристика свет-сигнал видикона

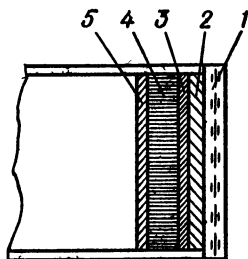


Рис. 27. Структура мишени плумбикона

Емкость и сопротивление фотодиода определяет величину фотоэлектронного тока, протекающего по фотопроводнику.

Достоинством плумбикона является линейность световой характеристики, практическое отсутствие инерционности, более высокая чувствительность по сравнению с видиконам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните сущность внешнего и внутреннего фотоэффектов.
2. Почему при очень большой скорости первичных электронов уменьшается вторичная эмиссия?
3. Поясните устройство и работу фотоэлектронного умножителя.
4. Как образуется потенциальный рельеф на мишени суперорбитикона и видикона?
5. Назовите и дайте определения основным характеристикам суперорбитикона и видикона.

Глава IV

ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ТРУБКИ (КИНЕСКОПЫ)

§ 13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Приемная телевизионная трубка (кинескоп) представляет собой стеклянную или комбинированную (металлостеклянную) колбу, из которой выкачан воздух (рис. 28).

В горловине 2 помещается электронный прожектор 1. Снаружи на горловину надевают катушки фокусирующе-отклоняющей системы 3 и 4. Дно колбы представляет собой экран с люминофором, способным светиться при электронной бомбардировке. Конусная часть колбы 5 покрыта изнутри слоем аквадага 7 — графитовой краски.

Современные кинескопы имеют электромагнитное отклонение электронного луча. Это объясняется тем, что трубки с магнитным отклонением просты по устройству и по сравнению с трубками электростатического отклонения при одинаковых размерах допускают значительно большие углы отклонения электронного луча, имеют лучшее качество фокусировки и проще в эксплуатации.

В последнее время все чаще применяют трубки с электростатической фокусировкой. Электростатическая фокусировка экономичнее — она расходует ничтожно малую мощность и дает возможность сберечь медный провод за счет отсутствия фокусирующих катушек. Кроме того, электростатическую фокусировку практически не нужно регулировать во время пользования телевизором. При магнитной фокусировке регулировка обязательна, так как от нагрева катушки протекающим через нее током изменяются ее сопротивление, фокусирующий ток и нарушается первоначальная фокусировка электронного луча.

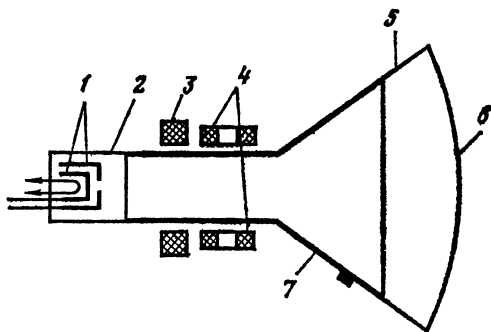


Рис. 28. Устройство кинескопа:
1 — электронный прожектор, 2 — горловина, 3 — фокусирующая катушка, 4 — отклоняющие катушки, 5 — колба, 6 — экран, 7 — аквадаг

§ 14. МОДУЛЯЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КИНЕСКОПА

Модуляционная характеристика кинескопа (рис. 29) показывает зависимость тока луча I_d от напряжения на управляющем электроде $U_{упр}$. Яркость свечения экрана в определенных пределах пропорциональна току луча, поэтому модуляционная характеристика показывает также зависимость яркости от напряжения на управляющем электроде. Действие управляющего электрода на ток луча подобно действию управляющей сетки электронной лампы на анодный ток. Поэтому модуляционная характеристика кинескопа аналогична анодно-сеточной характеристике лампы.

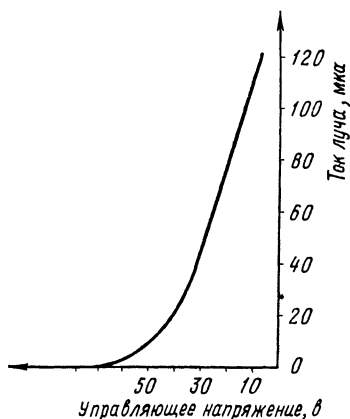


Рис. 29. Модуляционная характеристика кинескопа

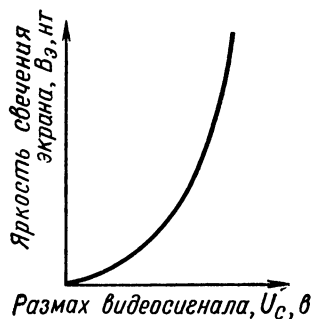


Рис. 30. Световая характеристика кинескопа

ла U_c . В этом случае модуляционная характеристика называется световой. Световая характеристика кинескопа приведена на рис. 30. Как видно из рисунка, световая характеристика подобно модуляционной нелинейная и достаточно хорошо отображается степенной функцией

$$B_s = KU_c^{\gamma},$$

где B_s — средняя яркость свечения экрана,

K — постоянный коэффициент пропорциональности,

U_c^I — размах видеосигнала.

Показатель степени γ представляет собой коэффициент контрастности и показывает отношение диапазона воспроизводимых яркостей к диапазону напряжений подводимого видеосигнала. У большинства кинескопов величина γ находится в пределах от 2 до 3.

Как указывалось выше (§ 11, 12), передающие телевизионные трубки имеют нелинейные характеристики свет-сигнал, приводящие к контрастным искажениям изображения передаваемого объекта. Кинескоп как окончательный узел телевизионного тракта имеет нелинейную световую характеристику. В таком случае световая характеристика телевизионного тракта (камера — передатчик — телевизионный приемник), т. е. характеристика свет-свет, тоже может быть нелинейной (рис. 31). Яркость элементов передаваемого объекта в натуре не будет соответствовать яркости изображения объекта на экране кинескопа, и это приведет к контрастным искажениям.

Многочисленные опыты показали, что контрастные искажения будут минимальными, если характеристика свет-свет телевизионного тракта будет приближаться к линейной, т. е. $\gamma = 1,3$. На передающих телевизионных центрах производится коррекция телевизионного тракта с учетом как передающих трубок, так и кинескопов. Коррекция обеспечивается специальными звеньями усилительного тракта γ -корректорами с нелинейной амплитудной характеристикой. Величина нелинейности характеристики γ -корректоров подбирается таким образом, чтобы γ телевизионного тракта приближалась к 1,3.

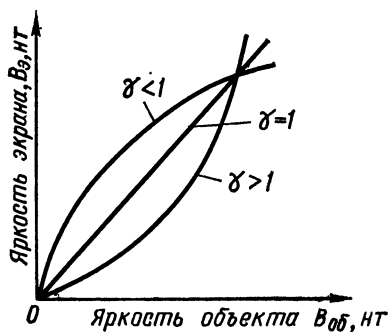


Рис. 31. Характеристика свет-свет телевизионного тракта:
 γ (гамма) — показатель характеристики

§ 15. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КИНЕСКОПОВ

Кинескопы имеют условные обозначения, состоящие из четырех элементов. Первый элемент обозначения — число, показывающее диаметр экрана, если экран круглый, или размер экрана по диагонали, если экран прямоугольный (в сантиметрах). Второй элемент обозначения — две буквы, указывающие способ отклонения электронного луча; кинескопы с магнитным отклонением обозначаются ЛК (лучевая, кинескоп), осциллографические трубки — ЛО (лучевая, осциллографическая). Третий элемент обозначения — число, номер заводской разработки трубки. На четвертом месте ставится буква, показывающая цвет свечения экрана: Б — белое свечение, И — зеленое, А — красное, В — синее, Ц — трехцветное.

Кинескопы ранних конструкций имели триодные прожекторы, магнитную фокусировку электронного луча и малый угол отклонения луча. Стремление уменьшить размеры трубок привело к созданию кинескопов с большими углами отклонения — 70° и 110° . Чем больше угол отклонения электронного луча, тем меньше длина трубки при тех же размерах экрана (рис. 32).

Угол отклонения луча 70° характерен для металlostеклянных кинескопов 43ЛК2Б и 53ЛК2Б, а также стеклянных кинескопов 85ЛК2Б и 43ЛК3Б. Эти кинескопы имеют тетродный прожектор,

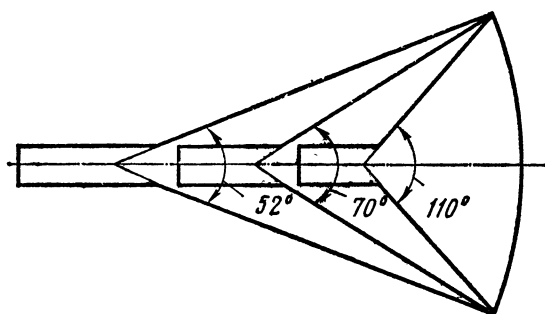


Рис. 32. Зависимость длины трубки от угла отклонения электронного луча

электростатическую фокусировку и магнитное отклонение электронного луча. Для улавливания отрицательных ионов применена ловушка с изогнутым прожектором. Ионная ловушка создает различные траектории движения электронов и отрицательных ионов, исключая возможность попадания последних на люминофор и его разрушение. Это действие основано на различной эффективности отклонения электронов и ионов в магнитном поле.

Современные телевизоры комплектуют новыми широкоугольными кинескопами с углом отклонения 110° , которые обеспечивают значительное снижение габаритов и веса приемника. Такие кинескопы как 43ЛК9Б и 53ЛК6Б имели тетродный электронный прожектор, алюминированный экран, электростатическую фокусировку и магнитное отклонение луча.

В телевизорах на унифицированном шасси применяют стеклянные взрывобезопасные широкоугольные кинескопы 47ЛК2Б и 59ЛК2Б. Для достижения взрывобезопасности колбу кинескопа по периметру экрана стягивают металлическим биндажом. По конструкции они аналогичны кинескопам 43ЛК9Б и 53ЛК6Б, но экраны у них более прямоугольной формы.

Чтобы избежать повышения мощности, расходуемой в отклоняющих катушках, диаметр горловины данных кинескопов составляет всего 29 мм, тогда как у кинескопов с углом отклонения 70° он равен 38 мм. Увеличение угла отклонения электронного луча при неизменном диаметре горловины требует повышения этой мощности. Если уменьшить диаметр горловины, то отклоняющие катушки будут расположены ближе друг к другу, и при той же расходуемой мощности напряженность отклоняющего магнитного поля возрастет.

В широкоугольных стеклянных трубках ионные ловушки отсутствуют. Защита от ионного пятна — типичного дефекта старых трубок —

осуществляется алюминированием экрана. Форма экрана близка к прямоугольной. Благодаря улучшению технологии производства и использованию высококачественных материалов срок службы этих кинескопов удалось повысить до 3000 ч. Дальнейшее совершенствование технологии и применение прогрессивных методов производства позволят довести срок службы кинескопов до 5000 ч.

Таблица 1

Основные данные кинескопов

Тип трубки	Конструкция баллона и форма экрана	Угол отклонения, град	Размеры раstra, мм	Фокусировка	Анодное напряжение U_a , кв
1	2	3	4	5	6
18ЛК5Б	Стекланный круглый	52	100×135	Магнитная с ионной ловушкой	4
18ЛК17Л	То же	70	110×110	Магнитная	25
18ЛК17Т	»	70	110×110	»	25
23ЛК7Б	»	52	135×180	Магнитная с ионной ловушкой	8
23ЛК9Б	Стекланный прямоугольный	90	126×168	Электростатическая	9
31ЛК7Б	То же	52	180×240	Магнитная с ионной ловушкой	10
35ЛК2Б	»	70	217×288	Электростатическая с ионной ловушкой	12
40ЛК3Б	Стекланный прямоугольный взрывобезопасный	90	240×350	Электростатическая	12
40ЛК2Ц	То же	90	240×350	»	20
43ЛК2Б	Металлостеклянный прямоугольный	70	270×370	»	14
43ЛК6Б	То же	110	270×360	»	14
43ЛК3Б	Стекланный прямоугольный	70	270×360	»	14
43ЛК9Б	То же	110	270×360	»	14
47ЛК2Б	Стекланный прямоугольный взрывобезопасный	110	282×376	»	16
53ЛК2Б	Стекланный прямоугольный	70	320×440	Электростатическая с ионной ловушкой	16
53ЛК6Б	То же	110	340×455	Электростатическая	16
59ЛК2Б	Стекланный прямоугольный взрывобезопасный	110	380×485	То же	16
59ЛК3Ц	То же	90	380×485	»	25
61ЛК2Б	»	110	382×488	»	16
50ЛК3Б	»	110	297×397	»	16
65ЛК2Б	»	110	390×520	»	16

Трубки 18ЛК17Л и 18ЛК17Т применяют в установках «бегущего» луча; кинескопы 40ЛК2Ц и 59ЛК3Ц разработаны для цветных телевизионных приемников, а кинескоп 23ЛК9Б — для транзисторных переносных телевизоров и видеоискателей камер.

Создан широкоугольный кинескоп с размером экрана по диагонали 40 см типа 40ЛК3Б для приемников 3-го класса. С 1970 г. выпускается кинескоп типа 61ЛК2Б с размером экрана по диагонали 61 см прямоугольной формы и кинескоп 50ЛК3Б. Основные данные кинескопов приведены в табл. 1.

§ 16. ЦВЕТНАЯ ПРИЕМНАЯ ТРУБКА

Цветное телевизионное изображение можно воспроизводить электронно-оптическим способом, при котором световые потоки от трех трубок, передающих соответственно красную, синюю и зеленую составляющие цветного изображения, проецируются на один общий экран. Однако электронно-оптический способ совмещения цветных изображений находит ограниченное применение при кажущейся простоте, так как увеличивает в несколько раз габариты телевизора.

Другой способ изображения — электронный — заключается в том, что три электронные пушки помещены в одну колбу с общим экраном. Электронный луч каждого прожектора должен засвечивать на экране только «свое» зерно люминофорной группы, т. е. или красное, или синее, или зеленое.

Принцип работы цветной приемной трубки в основном тот же, что и приемной трубки монохромного изображения. Разница состоит лишь в том, что конечным результатом работы цветной трубки должно быть цветное изображение при приеме передач цветного телевидения или одноцветное (монохромное) изображение при приеме обычных телевизионных передач. При этом на экране цветного телевизора цвета должны быть воспроизведены так, чтобы они соответствовали цветам передаваемого объекта. Сложность процессов, происходящих в цветной приемной трубке, накладывает соответственно высокие требования к ее конструкции.

Наиболее распространенной цветной приемной трубкой является кинескоп с трехцветным мозаичным экраном, тремя электронными прожекторами и теневой маской, устройство которого показано на рис. 33.

Электронные прожекторы 1 и создаваемые ими электронные лучи 5 в соответствии с цветом возбуждаемого ими люминофора красным, зеленым и синим — названы «красным», «зеленым» и «синим».

Мозаичный экран 4 состоит из большого числа отдельных точек — люминофоров. Они образуют структуру, состоящую из чередующихся триадных групп. Каждая триадная группа состоит из трех люминофорных точек *R*, *G* и *B*, нанесенных на внутреннюю поверхность экрана трубки фотографическим способом. Общее количество люминофоров на экране — более полутора миллионов.

Люминофорные группы нанесены с систематическим повторением вдоль каждой строки. Под воздействием электронного луча одна

точка *R* излучает красный цвет, другая *G* — зеленый, третья *B* — синий. Диаметр каждой точки люминофора очень мал (0,25 мм), поэтому с расстояния оптимального рассматривания, равного 3—5 диагоналей экрана, они раздельно не просматриваются, и экран кажется равномерно светящимся.

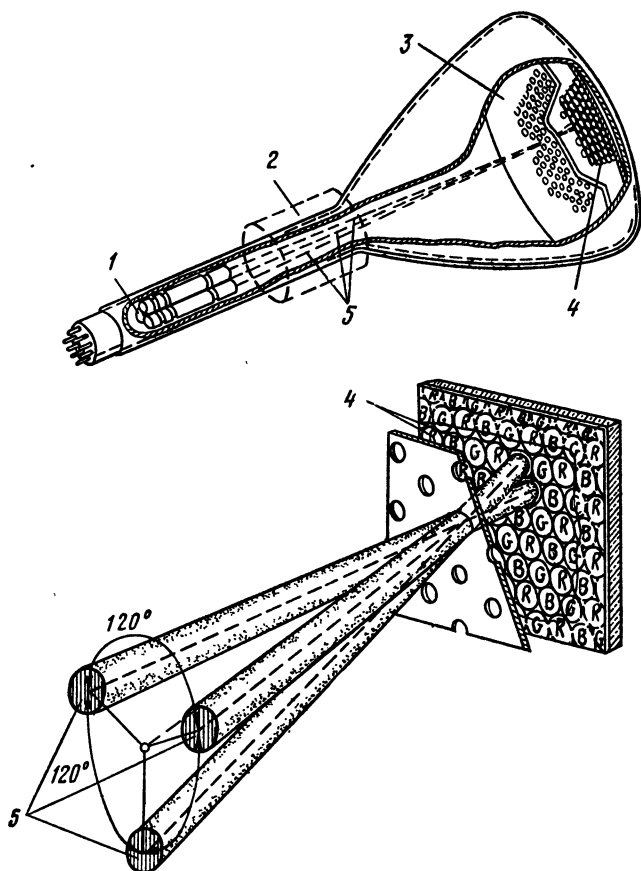


Рис. 33. Устройство цветной приемной трубки с теневой маской:

1 — электронные прожекторы, 2 — отклоняющая система, 3 — теневая маска, 4 — мозаичный экран, 5 — электронные пучки

Если все три точки одновременно возбудить электронными лучами, то зритель увидит результирующий цвет, образованный сложением красного, зеленого и синего цветов. Меняя интенсивность каждого из электронных лучей, можно получить всю гамму цветов светящейся триады, а также белый цвет, поскольку он является смесью основных цветов *R*, *G* и *B*, взятых в определенных отношениях.

Если не принять специальных мер, то любой из электронных лучей (например, красный), перемещаясь по экрану, может возбудить

не только «красную» точку люминофора, но и другие точки («синюю» или «зеленую»). Это неизбежно приведет к искажению цветопередачи.

Для правильного воспроизведения цвета на экране кинескопа все электронные лучи (красный, зеленый и синий) должны сходиться так, чтобы каждый из них попадал только на «свою» точку люминофора одной и той же люминофорной группы. Для этого электронные прожекторы, которые формируют эти лучи, монтируются под углом около 1° друг к другу. При таком угле наклона все три электронных луча сходятся в одном отверстии теневой маски. Такое строгое распределение электронных лучей на экране достигается также добавлением в конструкцию трубки специальной так называемой теневой маски 3, располагаемой между электронными прожекторами и мозаичным экраном.

В теневой маске имеются круглые отверстия, причем количество отверстий (около 500 тыс.) равно числу групп люминофорных точек экрана. Каждый электронный луч, проходя под определенным углом через одно из отверстий маски, попадает только на «свою» точку люминофора, а две другие точки остаются в тени маски. Теневая маска изготавливается из стали с кривизной поверхности, равной кривизне экрана, и устанавливается на расстоянии около 15 мм от него. Отверстия в теневой маске должны точно располагаться относительно люминофорных точек каждой группы. Это — одна из сложных технологических операций при изготовлении трубки в условиях ее массового производства.

При выходе из отверстия электронные лучи попадают на соответствующие им точки люминофора. Каждый из электронных прожекторов имеет тетродную конструкцию. Снаружи на баллон трубки нанесен аквадаг — угольное покрытие, являющееся электрическим экраном и обкладкой конденсатора фильтра анодного напряжения.

К недостаткам масочных кинескопов следует отнести сложность их изготовления и большой расход энергии от источника высокого напряжения. Площадь всех отверстий составляет 25% всей площади теневой маски, поэтому большая часть электронов задерживается ею. Это означает, что 75—80% тока каждого электронного луча расходуется на тепловой нагрев теневой маски. Нагрев маски вызывает ее объемное расширение и некоторое перемещение отверстий относительно триадных групп люминофора. Поэтому при разогреве материала маски возможно некоторое нарушение «чистоты» основных цветов. Подбором материала маски и способов ее крепления это явление сводится к минимуму.

Небольшая величина прозрачности маски объясняет и то обстоятельство, что необходимая яркость свечения экрана достигается при большом суммарном токе всех электронных лучей (около 1000 мка). Напряжение на втором аноде трубки при этом должно быть не менее 25 кВ. По этой причине узлы разверток и высоковольтный выпрямитель, обеспечивающие режим питания трубки в цветном телевизоре, рассчитываются на большие мощности, чем аналогичные блоки в монохромном телевизионном приемнике.

В настоящее время изобретены несколько новых конструкций цветных кинескопов, более простых и дешевых, чем масочный кинескоп, но в их серийном производстве встретились большие трудности, пока еще не преодоленные.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему электростатическая фокусировка не нуждается в частых регулировках?
2. Назовите основные преимущества трубок с большим углом отклонения электронного луча.
3. Почему возникают контрастные искажения в телевизионном тракте?
4. Как устроен и работает цветной масочный кинескоп?

Глава V

РАЗВЕРТКА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Для поочередной передачи элементов изображения необходимо осуществить его развертку. В результате развертки передаваемое изображение разбивается на отдельные строки, совокупность которых образует растр. Изменение яркости от одной точки растра к другой на экране кинескопа создает впечатление изображения.

Основными видами телевизионных разверток являются прогрессивная (построчная) и чересстрочная.

§ 17. ПРОГРЕССИВНАЯ РАЗВЕРТКА

При прогрессивной развертке (рис. 34) электронный луч равномерно перемещается по экрану в горизонтальном направлении слева направо (прямой ход строчной развертки) и, дойдя до правого края

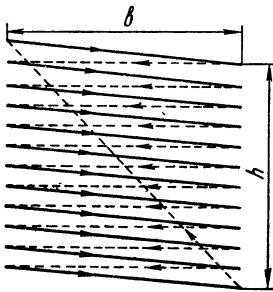


Рис. 34. Растр при прогрессивной развертке:
а — длина строки, h — высота кадра

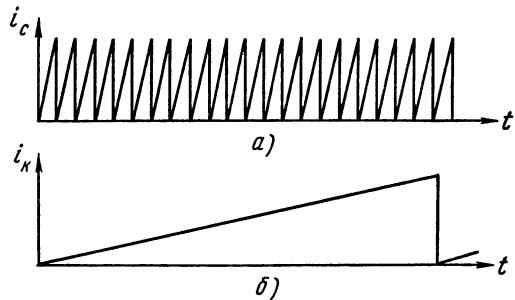


Рис. 35. Отклоняющие токи при прогрессивной развертке:
а — строчный, б — кадровый

экрана, быстро возвращается к левому краю (обратный ход строчной развертки). После этого в таком же порядке «прочерчивается» следующая строка, которая располагается ниже предыдущей. Когда будет прочерчена последняя (нижняя) строка, весь процесс повторяется сначала.

Для получения развертки в трубках с магнитным отклонением луча через горизонтально отклоняющие катушки пропускают пилообразный ток строчной частоты i_c , а через вертикально отклоняющие — пилообразный ток кадровой частоты i_k (рис. 35). Под действием строчного тока электронный луч сравнительно медленно перемещается

по экрану слева направо и быстро возвращается к левому краю экрана. Под действием кадрового тока электронный луч медленно опускается книзу (прямой ход кадровой развертки), и потому каждая последующая строка получается ниже предыдущей. Когда электронный луч окажется в правом нижнем углу экрана, т. е. когда будет передан полный кадр, луч быстро переместится в левый верхний угол (обратный ход кадровой развертки) и начинается передача следующего кадра.

Если строчная частота во много раз больше кадровой, то строки располагаются почти горизонтально, так как за время перемещения по строке кадровый ток изменяется незначительно и электронный луч смещается по вертикали очень мало.

Совокупность строк образует на экране прямоугольный растр. Отношение ширины растра b (см. рис. 34) к высоте h называется форматом кадра K :

$$K = \frac{b}{h}.$$

Идеальный пилообразный ток, убывающий мгновенно до нуля, получить невозможно. Поэтому за время обратного хода кадровой развертки (рис. 36) осуществляется несколько периодов строчной развертки, и электронный луч, переходя из нижнего правого в верхний левый угол экрана, прочерчивает несколько строк. Изображение передается только во время прямого хода кадровой развертки, поэтому для передачи изображения используется лишь часть строк, образующих растр. Строки, прочерчиваемые во время прямого хода кадровой развертки, служат для передачи изображения и называются активными. Строки, прочерчиваемые во время обратного хода кадровой развертки, называются пассивными, так как для передачи изображения не используются. Полное количество строк, прочерчиваемых за время передачи одного кадра, называется номинальным числом строк Z .

Чтобы получить телевизионный растр с числом строк z , частота тока строчной развертки должна быть в z раз больше частоты тока кадровой развертки:

$$f_c = z f_k.$$

Число строк в кадре целое, поэтому частота строчной развертки в целое число раз больше частоты кадровой развертки.

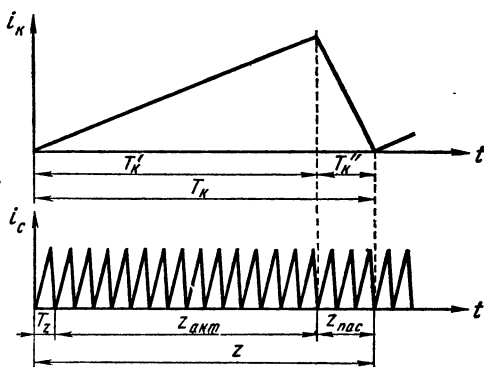


Рис. 36. Графики кадрового и строчного токов при прогрессивной развертке:

T_k — период кадровой развертки, T'_k — прямой ход кадровой развертки, T''_k — обратный ход кадровой развертки, Z — номинальное число строк, $Z_{акт}$ — активное число строк, $Z_{пас}$ — пассивное число строк, T_z — период строчной развертки

Токи кадровой и строчной развертки должны изменяться синхронно: начало развертки кадра должно совпадать с началом развертки одной и той же строки. Иначе изображение будет неустойчивым.

Опытным путем установлено, что при прогрессивной развертке следует передавать не меньше 40—45 кадров за одну секунду. При меньшей частоте наблюдается мелькание изображения.

§ 18. ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ПРОГРЕССИВНОЙ РАЗВЕРТКЕ

Пусть на мишень передающей трубки проецируется изображение, состоящее из чередующихся черных и белых квадратов. Каждый раз, когда электронный луч передающей трубки попадает на освещенный элемент мишени, через сопротивление нагрузки трубки протекает импульс тока. Число этих импульсов за одну секунду и представляет собой частоту сигнала изображения. Каждые два соседних элемента изображения — черный и белый — дают один импульс, поэтому наивысшая частота сигнала изображения в два раза меньше числа элементов изображения, передаваемых за одну секунду. Пусть за один период кадровой развертки передается z строк. Минимальная высота элемента изображения не может быть меньше высоты строки. Поэтому по высоте кадра уложатся z элементов изображения. Ширина кадра $b = Kh$ (см. § 21) и, следовательно, по ширине кадра уложится в K раз больше элементов изображения, чем по его высоте, — Kz элементов. Общее число элементов изображения в одном кадре равно произведению числа элементов, укладываемых по высоте кадров, на число элементов, укладываемых по его ширине:

$$N = Kz^2.$$

В отечественном телевизионном стандарте принято номинальное число строк 625 и формат кадра $4/3$. Поэтому максимальное число элементов изображения в одном кадре составляет:

$$N_{\text{макс}} = \frac{4}{3} \cdot 625^2 \cong 520000.$$

За одну секунду передается f_k кадров, поэтому число элементов изображения, передаваемых за одну секунду, равно $Kz^2 f_k$, а наивысшая частота сигнала изображения, которая в два раза меньше числа элементов, передаваемых за одну секунду, будет:

$$f_{\text{наив}} = \frac{Kz^2 f_k}{2}.$$

При числе строк 625, частоте кадров 50 *гц* и формате кадра $4/3$ наивысшая частота сигнала изображения

$$f_{\text{наив}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{625^2 \cdot 50}{2} \cong 13 \cdot 10^6 = 13 \text{ Мгц}.$$

Наинизшая частота сигнала изображения будет получена в том случае, когда на мишень передающей трубки проецируется изображение из одной черной и белой горизонтальных полос. Тогда за один период кадровой развертки на сопротивлении нагрузки трубки выделится только один импульс напряжения. Так как за одну секунду кадр повторяется f_k раз, то наинизшая частота сигнала изображения равна частоте кадров и при прогрессивной развертке составляет 50 гц.

Следовательно, при работе с прогрессивной разверткой при числе строк 625 изображение занимает полосу частот от 50 гц до 13 Мгц. Обеспечить неискаженную передачу такой широкой полосы частот очень трудно. Поэтому в телевизионном вещании прогрессивная развертка не применяется.

Полосу частот, занимаемых сигналом изображения, можно существенно сузить, если применить так называемую чересстрочную развертку.

§ 19. ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

При чересстрочной развертке (рис. 37) каждый кадр передается в два приема: сначала передаются все нечетные строки (рис. 37, а), затем четные (рис. 37, б). Электронный луч, прочерчивая первую строку, смещается за время прямого хода книзу на ширину двух строк и после первой строки прочерчивает третью, затем пятую и т. д. Прочертив половину последней нечетной строки, электронный луч перемещается в среднюю точку верхнего края мишени, прочерчивает вторую половину незаконченной последней нечетной строки и затем — последовательно все четные строки. Развертка последней четной строки заканчивается в нижнем левом углу мишени. Оттуда электронный луч возвращается в верхний левый угол, и весь процесс начинается сначала (рис. 37, в). Необходимая при этом форма токов кадровой и строчной развертки показана на рис. 38.

Изображение при чересстрочной развертке состоит из двух поочередно передаваемых полукадров, или полей (см. рис. 37).

Однако под влиянием инерции зрительного ощущения и послеосвечения трубки оба полукадра воспринимаются как одно слитное изображение.

Так как за время передачи кадра изображение появляется дважды, то частоту повторения кадров при чересстрочной развертке можно уменьшить и передавать кадры не 50, а 25 раз в секунду. При этом мелькания не будет, так как изображение появляется 50 раз в секунду.

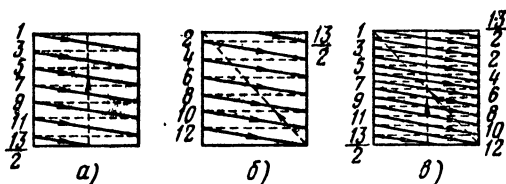


Рис. 37. Образование раstra при чересстрочной развертке:

а — первый полукадр, б — второй полукадр, в — полный кадр

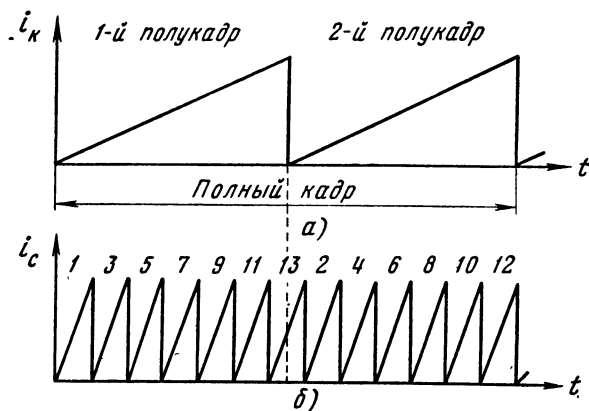


Рис. 38. Форма строчного и кадрового токов при чересстрочной развертке:
 а — ток отклонения по кадру, б — ток отклонения по строкам

§ 20. ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТР СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ЧЕРЕССТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКЕ

Снижение частоты повторения кадров при чересстрочной развертке приводит к сужению полосы частот, занимаемой сигналом изображения. Так как частота повторения кадров уменьшается в два раза, то и наивысшая частота сигнала изображения получается в два раза меньше, чем при прогрессивной развертке, и составляет 6,5 Мгц.

Кадр при чересстрочной развертке прочерчивается сначала нечетными, а затем четными строками. Поэтому при передаче изображения из одной белой и одной черной горизонтальных полос на нагрузку трубки за время одного кадра выделяются два импульса напряжения сигнала изображения. Отсюда следует, что наименьшая частота сигнала изображения при чересстрочной развертке равна удвоенной частоте повторения кадров и составляет, как и при прогрессивной развертке, 50 гц.

Чересстрочная развертка дает возможность в два раза уменьшить полосу частот, занимаемую сигналом изображения, и поэтому применяется в телевизионном вещании всех стран мира. Однако для ее осуществления требуется более сложная аппаратура.

§ 21. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СТАНДАРТА СССР

Основные параметры телевизионного стандарта СССР:

Номинальное число строк	625
Частота кадров	25 гц
Частота полукадров	50 гц
Частота строк	15625 гц
Формат кадра	$\frac{4}{3}$
Полоса частот сигнала изображения . .	6,5 Мгц

В других странах действуют другие телевизионные стандарты (табл. 2).

Таблица 2

Основные параметры зарубежных телевизионных стандартов

Страна	Номинальное число строк	Частота кадров, гц	Частота полей, гц	Частота строк, гц	Формат кадра	Полоса частот сигнала изображения, Мгц
США . .	525	30	60	15750	4/3	4,5
Страны Западной Европы . .	625	25	50	15625	»	6,5

Большинство стран мира имеет телевизионный стандарт, совместимый с советским (625 строк при 25 кадрах в секунду). Во многих странах действует американский стандарт (525 строк при 30 кадрах в секунду). Наибольшее число строк имеет французский стандарт (829 строк при 25 кадрах), наименьшее — английский (405 строк при 25 кадрах). Два последние стандарта не перспективны и постепенно вытесняются европейским стандартом.

§ 22. ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

Чтобы правильно оценить качество телевизионного изображения: четкость по горизонтали и вертикали, правильность передачи градаций яркости, геометрическую форму и т. д., применяют телевизионную испытательную таблицу ТИТ-0249 (рис. 39).

Телевизионная испытательная таблица передается каждым телецентром регулярно по несколько часов в день и перед началом основных передач.

Испытательная таблица ТИТ-0249 является единой для всех телецентров СССР. Она представляет собой прямоугольник с отношением сторон — ширины к высоте — 4/3. Вся таблица разбита на квадраты. Верхние и нижние обозначены цифрами от 2 до 7, а боковые — буквами Б, В, Г и Д. Каждый квадрат — участок таблицы — может быть обозначен определенной комбинацией цифр и букв. Например, название самой таблицы находится в квадрате В4. Для правильной установки таблицы в размеры телевизионного экрана в ее квадратах Д1, Б1, А2, Е2, А7, Б8, Д8, Е7 имеются белые стрелки. Если эти стрелки достигают верхней, нижней, левой и правой сторон рамки экрана, то обеспечивается правильное соотношение сторон изображения.

В центре таблицы размещен большой круг. Четыре круга средних размеров расположены по ее углам. Назначение кругов и квадратов заключается в том, чтобы оценивать правильность геометрической формы изображения.

В центральном круге таблицы расположены два горизонтальных и один вертикальный расходящиеся от центра клинья. Они служат

для оценки четкости в центре передаваемого изображения. Для той же цели используются штрихи под числами 450, 500, 550, 600. Эта шкала групповой четкости расположена в квадратах Д4 и Д5.

Для определения четкости по краям изображения служат вертикальные линии в квадратах В2, Г2, В7, Г7 и клинья в малых кругах.

Внутри большого круга находятся две вертикальные и две горизонтальные шкалы, состоящие из 10 областей различной яркости. С помощью этих шкал определяют качество передачи градаций яркости.

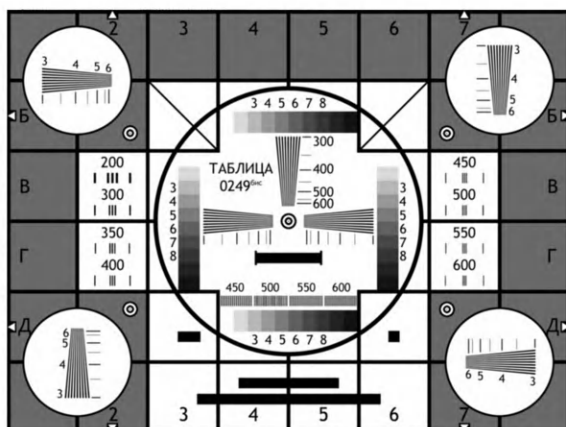


Рис. 39. Телевизионная испытательная таблица ТИТ-0249

оценки качества фокусировки луча. Если линии окружностей имеют одинаковую толщину, это значит, что в фокусирующей системе отсутствует астигматизм, т. е. луч имеет круглое сечение.

Перед определением параметров телевизионного изображения необходимо тщательно настроить телевизор. Для этого надо установить нормальную яркость и добиться, чтобы четко воспроизводились концентрические окружности в центре таблицы и в квадратах Б2, В7, Д2 и Д7. Ручками «Размер строк» и «Размер кадров» устанавливают нормальный формат кадра 4:3, добиваясь, чтобы белые стрелки в квадратах Д1, Б1, А2, Е2, А7, Б8, Д8 и Е7 достигли краев рамки экрана.

Для определения четкости изображения по горизонтали необходимо определить, против какой отметки линии на вертикальных клиньях рассматриваются раздельно. Хорошо настроенный телевизор должен обеспечить передачу линий против отметок 500—600 в центре экрана и 400—450 по его краям.

Четкость по вертикали определяют по горизонтальным клиньям в центре экрана и его углах.

Качество чересстрочной развертки оценивается по диагоналям в квадратах Б3 и Б6. Если чередование четных и нечетных строк пра-

Удовлетворительный прием изображения достигается в том случае, если обеспечивается передача 6—8 градаций. Число градаций яркости зависит от яркости и контрастности изображения. При излишней контрастности теряются полутона изображения. Излишняя яркость не дает возможности рассмотреть мелкие детали изображения.

Небольшие концентрические окружности в центре большого круга и в квадратах Б2, В7, Д2, Д7 служат для

вильное, диагонали ровные и тонкие. При слипании строк диагонали утолщаются или на них появляются ступеньки.

В случаях нелинейности изображения отдельные элементы таблицы вытягиваются или сжимаются.

Линейность изображения проверяют отдельно по горизонтали и вертикали. Для этого необходимо измерить ширину самых широких и самых узких квадратов таблицы. Нелинейность изображения по горизонтали оценивается коэффициентом нелинейности K , который определяют по формуле:

$$K = \frac{2(a-b)}{a+b} \cdot 100\%,$$

где a — ширина самого широкого квадрата,

b — ширина самого узкого квадрата.

У хорошо настроенного телевизора коэффициент нелинейности не должен превышать 10—15%.

Нелинейность по вертикали определяют аналогично, подставляя в формулу для K вместо ширины квадратов их высоту.

Шесть черных сплошных прямоугольников в центре большой окружности и в квадратах ДЗ, Д6, ЕЗ—Е6 дают возможность определить наличие характерных искажений — «тянучек». При наличии тянучек получается серое продолжение прямоугольников, что говорит о плохом пропуске низких и средних частот. Белая окантовка черных линий свидетельствует о слишком большом усилении высоких частот.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чему равно наибольшее число элементов изображения при номинальном числе строк 525 и формате кадра 4/3?
2. Как образуется растр при чересстрочной развертке?
3. Назовите основную причину применения чересстрочной развертки.
4. Диагональ экрана кинескопа равна 59 см, стандарт отечественный. Определите скорость движения светящегося пятна на экране (время обратного хода — 20%).
5. Какой будет наибольшая частота сигнала изображения по советскому телевизионному стандарту?

Глава VI

ПОЛНЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СИГНАЛ

§ 23. ОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

При передаче изображения на мишени передающей трубки получается потенциальный рельеф: образующие мишень элементарные емкости приобретают различные потенциалы в соответствии с распределением яркости на изображении. Развертывающий электронный луч, прочерчивая строки, разряжает элементарные конденсаторы, и через сопротивление нагрузки течет ток, который создает напряжение сигнала изображения.

Сигнал изображения может быть негативным (отрицательной полярности) и позитивным (положительной полярности). При негативном сигнале темным элементам изображения соответствует большое, а светлым — малое напряжение на нагрузке передающей трубки. Если сигнал изображения позитивный, то наибольшее напряжение на нагрузке получается при передаче самого светлого элемента изображения. У большинства передающих трубок на нагрузке получается сигнал отрицательной полярности.

Пусть передается изображение, состоящее из черных, белых и серых вертикальных полос (рис. 40, а). Прочерчивая строку, электронный луч на первом и четвертом участках мишени проходит области, соответствующие самым темным элементам изображения. Уровень сигнала, получаемого от самых темных элементов изображения, называется *уровнем черного* 1.

На третьем и шестом участках мишени развертывающий луч проходит области, соответствующие самым ярким (белым) элементам изображения. Уровень сигнала, получаемого от самых ярких деталей, называется *уровнем белого* 2. Серым участком — второму и пятому — соответствует некоторый средний уровень сигнала.

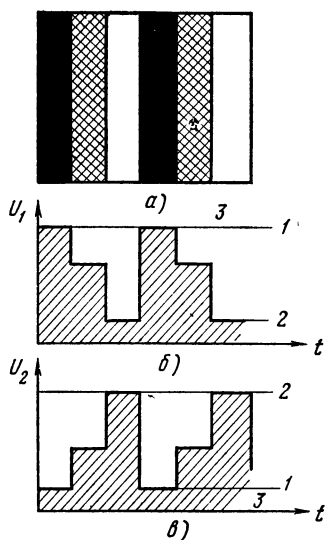


Рис. 40. Образование сигнала изображения:

а — изображение полос, б — негативный сигнал изображения, в — позитивный сигнал изображения; 1 — уровень черного, 2 — уровень белого, 3 — область чернее черного

На рис. 40, б и в показано образование сигнала изображения отрицательной и положительной полярностей.

Обратный ход строчной и кадровой развертки для передачи изображения не используется. В это время передаются гасящие и синхронизирующие импульсы.

§ 24. ПОСТОЯННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Рассмотрим, как изменяется сигнал изображения, если при одном и том же содержании передаваемой сцены меняется ее освещенность (рис. 41).

Когда передаваемое изображение освещено слабо, его светлые элементы по яркости мало отличаются от темных. Тогда и сигнал от светлых элементов изображения по величине почти такой же, как и сигнал от темных элементов, и при негативном сигнале изображения его среднее значение велико. Среднее значение сигнала изображения является его постоянной составляющей.

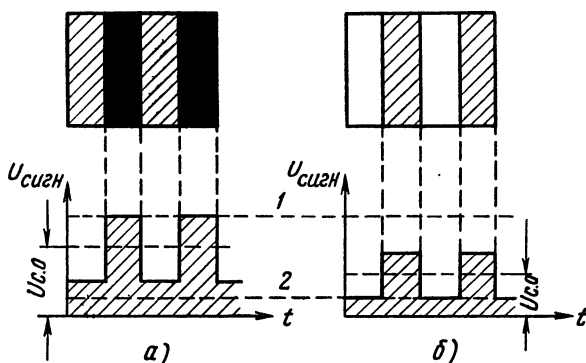


Рис. 41. Зависимость постоянной составляющей от освещенности изображения:

а — темная сцена, б — светлая сцена; 1 — уровень черного, 2 — уровень белого, $U_{\text{с.о}}$ — постоянная составляющая сигнала изображения

Если увеличить освещенность передаваемого изображения, все его элементы посветлеют. Черные элементы будут казаться серыми, серые — белыми, и среднее значение сигнала изображения, т. е. его постоянная составляющая, уменьшится.

Следовательно, постоянная составляющая сигнала изображения передает среднюю освещенность сцены: чем сильнее освещена сцена, тем меньше постоянная составляющая.

Величина постоянной составляющей изменяется тогда, когда меняется содержание сцены, т. е. соотношение между ее светлыми и темными элементами (рис. 42). Чем бо́льшая часть изображения

занята черными элементами; тем больше постоянная составляющая сигнала изображения.

При передаче подвижных изображений неизбежно меняется как их содержание, так и средняя освещенность, и поэтому постоянная составляющая изменяется с очень низкой частотой порядка 2—3 гц.

Сигналы таких низких частот не могут передаваться через переходные цепи усилительных ступеней передатчика и приемника и неизбежно теряются. При передаче сигнала без постоянной составляющей любая сцена независимо от ее содержания воспроизводилась бы на экране кинескопа с одинаковой средней освещенностью и не было бы возможности отличить хорошо освещенные кадры от темных. Так,

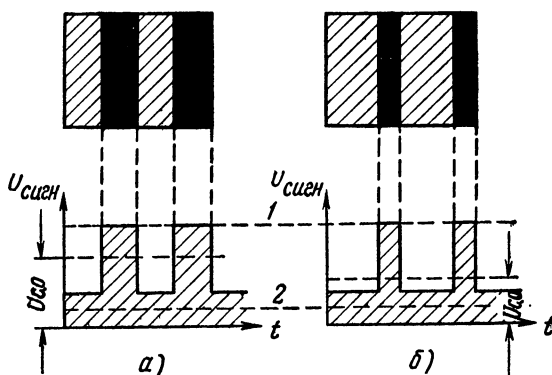


Рис. 42. Зависимость постоянной составляющей от содержания изображения:

а — изображение с преобладанием темных элементов, б — изображение с преобладанием светлых элементов; 1 — уровень черного, 2 — уровень белого

например, невозможно было бы показать изменение освещенности при восходе или при закате солнца: освещенность сцены на экране оставалась бы неизменной. Для устранения этого в телевизионных устройствах применяется косвенный метод передачи постоянной составляющей — метод фиксации уровня черного.

§ 25. СТРУКТУРА СТРОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Для синхронизации работы генераторов строчных разверток приемника и передатчика и для запираания кинескопа на время обратного хода по строке вместе с сигналом изображения передаются строчные синхронизирующие и гасящие импульсы (рис. 43).

Гасящие импульсы передаются на уровне черного. Длительность гасящего импульса несколько больше длительности обратного хода по строке. Необходимость этого вызывается следующим: во время обратного хода строчной развертки в строчных отклоняющих катушках возникают высокочастотные паразитные колебания; накладываясь на пилообразный ток строчной развертки, они нарушают его линейность в самом начале прямого хода. Чтобы устранить эти искажения, надо запереть кинескоп несколько раньше окончания прямого хода и держать его запертым, пока не установится нормальный режим прямого хода.

Гасящие импульсы кинескопа, кроме того, перекрывают во времени гасящие импульсы передающей трубки, устраняют сдвиги сигналов во времени при попеременной работе камер с разной длиной камерных кабелей.

Синхронизирующие импульсы передаются во время обратного хода в виде «насадки» на гасящих импульсах. Как правило, время нарушения линейности пилообразного отклоняющего тока в начале прямого хода по строкам больше, чем в конце. Поэтому гасящий импульс несколько сдвинут относительно синхроимпульса в сторону начала прямого хода: его задняя площадка шире передней.

Обычно желательно, чтобы уровень токов импульсов видеосигналов, соответствующих передаче в изображении черного, отличался от уровня гасящих импульсов на 5—10%. Эта разница между двумя уровнями называется защитной полосой. Таким образом, вершины гасящих импульсов находятся в области чернее черного, что обеспечивает надежное запираение кинескопа во время обратного хода и повышает помехозащиту генераторов разверток телевизионного приемника, так как импульсы видеосигнала не проникают в канал синхронизации в случае неточной работы амплитудного селектора синхронизирующих импульсов.

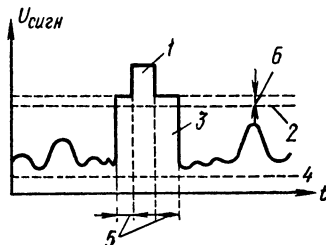


Рис. 43. Строчные синхронизирующие и гасящие импульсы:

1 — синхронизирующий импульс, 2 — уровень черного, 3 — гасящий, 4 — уровень белого, 5 — защитные зоны, 6 — защитная полоса

§ 26. СТРУКТУРА КАДРОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Кадровые импульсы по структуре гораздо сложнее строчных (рис. 44). Здесь мы имеем дело, по сути говоря, с группой кадровых импульсов — «кадровой группой».

При чересстрочной развертке обратный ход по кадру должен осуществляться два раза за время передачи полного кадра: первый обратный ход — нечетный — после передачи первой половины последней нечетной строки, второй обратный ход — четный — после передачи всего кадра, т. е. после передачи последней четной строки. Каждому из этих обратных ходов соответствует кадровый гасящий импульс. Длительность обоих гасящих импульсов одинакова и составляет около 8% времени передачи одного поля (полукадра). Отличаются они тем, что нечетный кадровый гасящий импульс действует с середины, а четный — с конца строки. Это необходимо для обеспечения чересстрочной развертки. Для сохранения непрерывности следования строчных синхронизирующих импульсов в кадровый синхронизирующий импульс вводятся врезки.

Отсутствие врезок во время передачи кадрового синхронизирующего импульса привело бы к нарушению синхронизации строчной

развертки, несколько строк в начале кадра оказались бы «сбитыми». Так как при чересстрочном разложении число строк в кадре является числом нечетным, то в кадровом синхронизирующем импульсе четного и нечетного полей размещается нецелое число периодов строк.

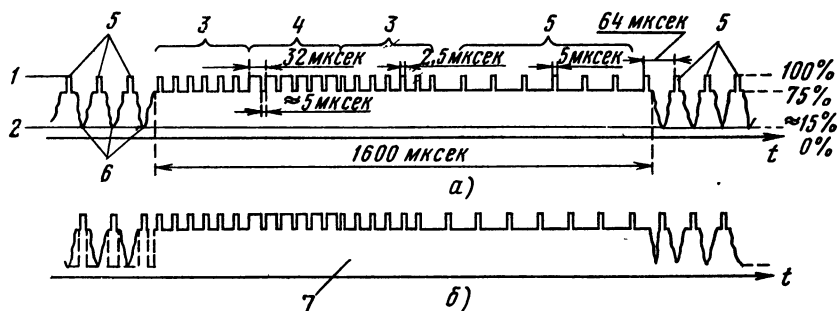


Рис. 44. Структура кадровых импульсов при чересстрочной развертке: а — четный полукадровый импульс, б — нечетный полукадровый импульс; 1 — уровень черного, 2 — уровень белого, 3 — уравнивающие импульсы, 4 — кадровые синхронизирующие импульсы, 5 — строчные синхронизирующие импульсы, 6 — сигнал изображения, 7 — кадровый гасящий импульс

На рис. 45, а и б показаны кадровые синхронизирующие импульсы четных и нечетных полей с врезками строчной частоты. Из-за отсутствия врезок и наличия сдвига в половину строки между двумя кадровыми синхронизирующими импульсами последние получаются неодинаковыми, т. е. в импульсе четных полей расстояние от левого

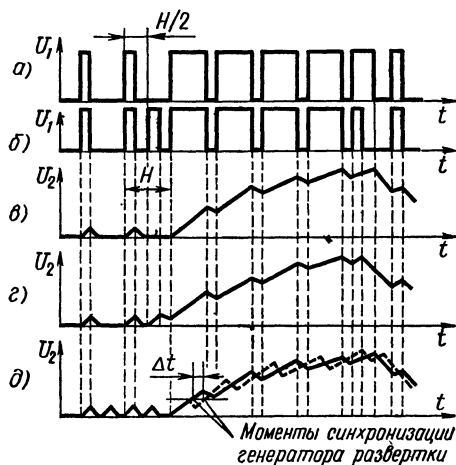


Рис. 45. Интегрирование кадровых синхронизирующих импульсов с врезками строчной частоты при чересстрочной развертке

края импульса до первой врезки равно почти целой строке, а в импульсе нечетных полей это расстояние сократилось до половины строки. Такая разница в форме влечет за собой различие интегрированных кадровых импульсов для четного и нечетного полей (рис. 45, в и г). При этом проинтегрированный импульс нечетных полей сдвинут на половину строки (рис. 45, д). Наличие сдвига приведет к сдвигу во времени начала обратных ходов разверток по полям, что, в свою очередь, вызовет нарушение чересстрочной развертки. Другими словами, растры полей будут сдвинуты по вертикали не точно на половину расстояния между соседними строками. Появится

так называемое спаривание строк, что значительно ухудшит качество изображения. Так как неодинаковость в форме кадровых синхронизирующих импульсов явилась следствием того, что соседние импульсы сдвинуты друг относительно друга на половину строки, а врезки в них сделаны со строчной частотой, то для достижения одинаковости кадровых синхронизирующих импульсов врезки должны быть сделаны не со строчной, а с двойной строчной частотой. Однако более строгий анализ показывает, что совпадение интегрированных импульсов не является все же точным.

На интегрирующую схему, наряду с кадровыми импульсами, поступают строчные синхронизирующие импульсы. От каждого строчного синхронизирующего импульса перед четным и нечетным полукадровым импульсом конденсатор интегрирующей схемы получает определенный заряд. Этот заряд тем больше, чем меньше промежутков между строчным и кадровым импульсами, что оказывает влияние на ход кривой накопления заряда на конденсаторе в четных и нечетных полях.

Чтобы избежать разницы в форме импульсов после интегрирования, до и после кадровых импульсов вводят несколько импульсов, следующих с двойной строчной частотой. Такие импульсы получили название уравнивающих.

§ 27. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЛНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

По действующему в СССР стандарту полный телевизионный сигнал имеет следующие параметры (в микросекундах):

Время передачи одной строки вместе со строчным гасящим импульсом	64
Длительность строчного гасящего импульса	11,8—12,3*
Длительность строчного синхроимпульса	4,5—4,9
Длительность кадрового гасящего импульса	1600
Длительность кадрового синхроимпульса	150
Длительность уравнивающих импульсов	2,20—2,25

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите составляющие полного телевизионного сигнала.
2. Как скажется потеря постоянной составляющей на изображении?
3. Почему длительность строчного гасящего импульса должна быть больше времени обратного хода строчной развертки?
4. Какова структура кадровой группы импульсов?
5. Объясните необходимость уравнивающих импульсов и врезок.

* Длительность импульсов определяется на уровне 50% от их установившегося значения.

Глава VII

ПЕРЕДАЧА И ПРИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

§ 28. ДИАПАЗОН ВОЛН, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

В главе V было показано, что при чересстрочной развертке наивысшая частота сигнала изображения составляет примерно $6,5 \text{ МГц}$. Из курса радиотехники известно, что при амплитудной модуляции несущая частота радиопередатчика должна быть по крайней мере в 5—8 раз больше частоты модуляции. Отсюда следует, что для передачи сигналов изображения могут быть использованы частоты не меньше 30 МГц , что соответствует диапазону ультракоротких волн. В настоящее время для передач телевидения применяют частоты не ниже 50 МГц , т. е. метровые волны, и осваивается дециметровый диапазон.

Для телевизионных передач на большие расстояния по радиорелейным линиям используется сантиметровый диапазон радиоволн.

§ 29. ПОЛОСА ЧАСТОТ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

График частотного спектра полного телевизионного сигнала приведен на рис. 46. Чтобы был возможен одновременный прием сигналов изображения и звукового сопровождения, они передаются на достаточно близких частотах. По советскому телевизионному стандарту (ГОСТ 7845—55) несущая частота звукового сопровождения

должна быть на $6,5 \text{ МГц}$ выше несущей частоты изображения. Известно, что всякий передатчик, работающий с амплитудной модуляцией, занимает полосу частот, равную удвоенной модулирующей частоте. Наивысшая частота сигнала изображения при чересстрочной развертке равна $6,5 \text{ МГц}$, поэтому сигнал изображения занимал бы полосу частот шириной 13 МГц . Это неудобно, так как в условиях существующей «тесно-

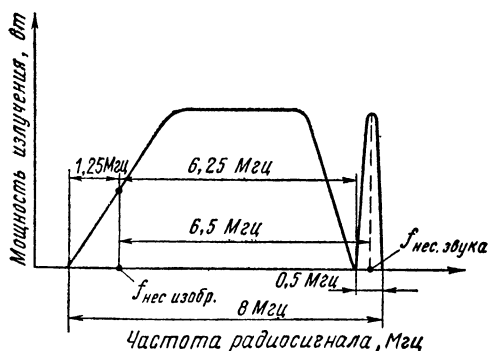


Рис. 46. Частотный спектр полного телевизионного сигнала

ты» в эфире ограничено число возможных телевизионных каналов. Для сужения полосы занимаемых частот значительную часть нижней боковой полосы частот сигнала изображения подавляют при помощи специального фильтра. От нее остается лишь часть, ширина которой 1,25 Мгц. Верхняя боковая полоса частот сигнала изображения имеет ширину 6,25 Мгц.

Ширина полосы частот, занимаемой сигналом звукового сопровождения, равна 0,5 Мгц. Следовательно, общая полоса частот, занимаемая телевизионным сигналом, 8 Мгц.

Основная характеристика телевизионных каналов метрового диапазона приведена в табл. 3.

Таблица 3

**Основная характеристика телевизионных каналов
метрового диапазона**

Канал	Полоса частот, Мгц	Несущая частота изображения, Мгц	Несущая частота звука, Мгц
1	48,5—56,5	49,75	56,25
2	58—66	59,25	65,75
3	76—84	77,25	83,75
4	84—92	85,25	91,75
5	92—100	93,25	99,75
6	174—182	175,25	181,75
7	182—190	183,25	189,75
8	190—198	191,25	197,75
9	198—206	199,25	205,75
10	206—214	207,25	213,75
11	214—222	215,25	221,75
12	222—230	223,25	229,75

В осваиваемом в настоящее время дециметровом диапазоне волн, имеющем 19 каналов, телевизионные передатчики работают на частотах 470—622 Мгц; таким образом, число телевизионных каналов расширилось до 31. С освоением дециметрового диапазона значительно возросли возможности телевизионного вещания и уменьшились перекрестные помехи между каналами. Но вместе с тем, возникла необходимость создания специальных телевизионных антенн дециметрового диапазона и приставок к телевизионным приемникам для преобразования частоты в пределах прежнего вещательного диапазона. Такие приставки называются конверторами. Основная характеристика телевизионных каналов дециметрового диапазона приведена в табл. 4.

Таблица 4

**Основная характеристика телевизионных каналов
дециметрового диапазона**

Канал	Полоса частот, Мгц	Несущая частота изображения, Мгц	Несущая частота звука, Мгц
21	470—478	471,25	477,75
22	478—486	479,25	485,75
23	486—494	487,25	493,75
24	494—502	495,25	501,75
25	502—510	503,25	509,75
26	510—518	511,25	517,75
27	518—526	519,25	525,75
28	526—534	527,25	533,75
29	534—542	535,25	541,75
30	542—550	543,25	549,75
31	550—558	551,25	557,75
32	558—566	559,25	565,75
33	566—574	567,25	573,75
34	574—582	575,25	581,75
35	582—590	583,25	589,75
36	590—598	591,25	597,75
37	598—606	599,25	605,75
38	606—614	607,25	613,75
39	614—622	615,25	621,75

§ 30. СОСТАВ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ЦЕНТРА И ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПЕРЕДАТЧИКА

Телевизионные центры служат для создания и передачи телевизионных программ. Они содержат передатчики сигналов изображения и звукового сопровождения, аппаратные и студии (рис. 47). Для проведения внестудийных передач при телецентре имеются передвижные телевизионные станции, а в тех местах, из которых особенно часто ведутся внестудийные передачи, сооружают стационарные трансляционные пункты.

Сигналы от передвижной станции передаются на телецентр на сантиметровых и дециметровых волнах при помощи антенны направленного действия. Такая же антенна имеется на телецентре. Антенны обладают узкой диаграммой направленности, что позволяет использовать на передвижной установке передатчик небольшой мощности. Обмен программами с другими городами осуществляется при помощи радиорелейных или кабельных линий связи.

Студии для показа спектаклей, концертов и других передач занимают достаточно большую площадь (50—1000 м²) и имеют хорошую звукоизоляцию. В студии находятся передающие телевизионные камеры. Главной частью камеры является передающая трубка. Кроме трубки, камера содержит усилитель сигналов изображения и генераторы строчной и кадровой разверток. Синхронизирующие импульсы

подводятся к генераторам извне. В студии находятся микрофоны и осветительные устройства.

В состав телецентра входит также телекиноаппаратная, откуда передаются кинофильмы, и видеомагнитофонная аппаратная, где производится магнитная запись и воспроизведение телевизионных изображений.

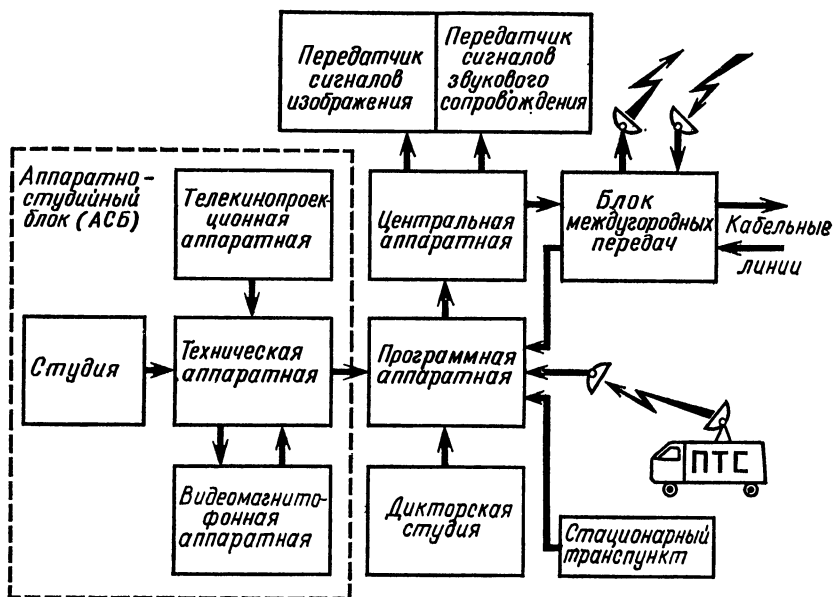


Рис. 47. Структурная схема телевизионного центра

Сигналы изображения от передающей камеры из студии поступают в техническую аппаратную. Там имеется оборудование для усиления и окончательного формирования телевизионных сигналов, которые затем подаются в программную аппаратную для формирования законченной программы. Для этого в программную аппаратную подводятся все исходные телевизионные сигналы: от одного или нескольких аппаратно-студийных блоков, от блока междугородных передач, стационарных трансляционных пунктов, передвижных телевизионных станций и из дикторской студии.

Телевизионный сигнал сформированной программы подается на центральный коммутационный пункт — в центральную аппаратную, откуда поступает на модулятор передатчика.

К телевизионным передатчикам предъявляют более высокие требования по сравнению с радиовещательными и связными передатчиками, поскольку телепередатчики излучают очень широкую полосу частот.

Упрощенная структурная схема телевизионного передатчика показана на рис. 48. В каскаде возбуждителя высокостабильный кварцевый генератор вырабатывает колебания малой мощности. Каскады умножения частоты повышают частоту возбуждителя до значения несущей частоты соответствующего телевизионного канала. За умножителями следуют каскады усиления мощности — предварительный усилитель и входной каскад.

Усиленные до необходимой мощности колебания несущей частоты через фильтр подавления нижней боковой полосы частот поступают в фидер передающей антенны.

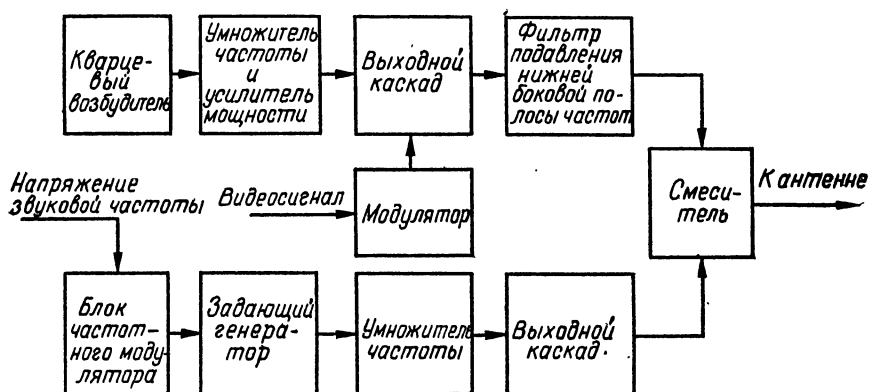


Рис. 48. Структурная схема телевизионного передатчика

Полученный из центральной аппаратной телецентра сигнал изображения поступает на модулятор передатчика. Выходное напряжение модулятора воздействует на каскад усиления мощности и модулирует по амплитуде колебания несущей частоты.

Строчные и кадровые гасящие и синхронизирующие импульсы усиливаются вместе с сигналом изображения и вместе с ним модулируют колебания несущей частоты.

Таким образом, колебания несущей частоты оказываются промодулированными по амплитуде полным телевизионным сигналом.

Передающее телевизионное устройство одновременно с передачей изображения обеспечивает и передачу звукового сопровождения. Для этого используется второй передатчик, работающий на общую с передатчиком сигналов изображения антенну. Мощность передатчика сигналов звукового сопровождения обычно в 2—3 раза меньше мощности передатчика сигналов изображения.

Назначение блока частотного модулятора состоит в том, чтобы осуществлять частотную модуляцию задающего генератора передатчика звукового сопровождения. Изменения амплитуды колебаний звуковой частоты вызывают изменения частоты колебаний, вырабатываемых задающим генератором, — девиацию частоты. Таким обра-

зом, телевизионная передающая антенна излучает в эфир одновременно колебания двух частот: модулированные по амплитуде колебания с несущей частотой сигналов изображения и модулированные по частоте колебания несущей частоты сигналов звукового сопровождения.

§ 31. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

Принцип работы телевизора удобно рассмотреть по типичной структурной схеме (рис. 49), на основе которой построены все промышленные телевизионные приемники.

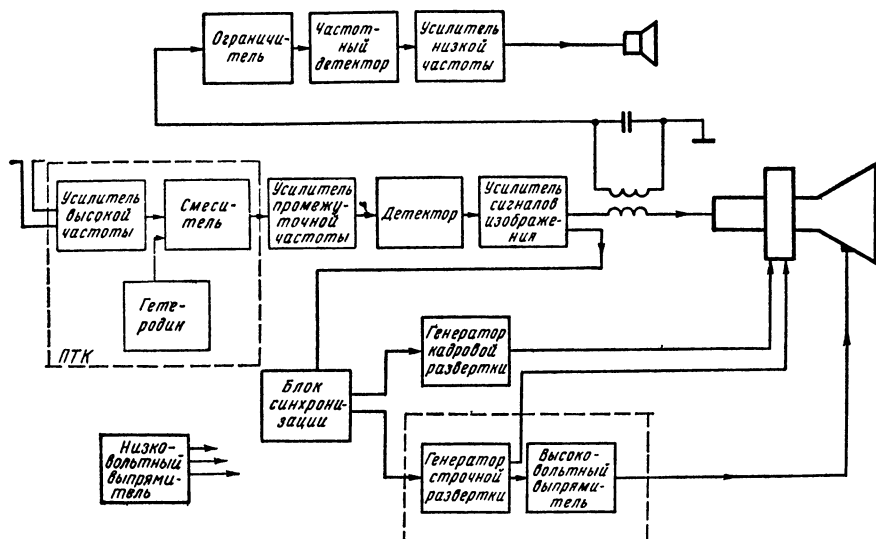


Рис. 49. Структурная схема телевизионного приемника

Схема состоит из высокочастотного блока ПТК, блока УПЧ и детектора видеоусилителя, блока синхронизации, блоков разверток, высоковольтного и низковольтного выпрямителей и блока звукового сопровождения.

Блок ПТК предназначен для усиления сигналов изображения и звукового сопровождения, которые воспринимаются антенной и по специальному кабелю поступают на вход этого блока. В блоках УПЧ и детектора осуществляется усиление и амплитудное детектирование телевизионного сигнала, в результате чего выделяется сигнал изображения со всеми необходимыми импульсами. Второй блок — видеоусилитель. Его назначение — усилить полный телевизионный сигнал до амплитуды 30—60 в, достаточной для управления яркостью экрана кинескопа. Блок синхронизации выделяет из усиленного полного

телевизионного сигнала импульсы кадровой и строчной синхронизации, усиливает их, разделяет и направляет в каскады кадровой и строчной разверток. Блоки разверток служат для получения пилообразных токов, управляющих работой кинескопа.

От совместной работы каскадов строчной и кадровой разверток на экране кинескопа образуется растр. Для перемещения луча в горизонтальном направлении служит схема строчной развертки, а в вертикальном направлении — схема кадровой развертки.

Высокое напряжение для питания анода кинескопа обеспечивается работой схемы строчной развертки.

В блоке звукового сопровождения происходит частотное детектирование сигналов звукового сопровождения, и колебания звуковой частоты усиливаются до мощности, обеспечивающей нормальную работу громкоговорителя.

Усиленные сигналы изображения и звука поступают в смесительный каскад, куда одновременно подается и напряжение частоты гетеродина.

На выходе смесительного каскада в результате биений между частотой гетеродина и несущими частотами звука и изображения возникают напряжения двух разностных промежуточных частот звука $f_{\text{пр. зв}}$ и изображения $f_{\text{пр. из}}$. Эти частоты различаются на величину $6,5 \text{ МГц}$.

Стандартное значение промежуточной частоты изображения 38 МГц , а промежуточной частоты звука — $31,5 \text{ МГц}$.

Напряжения промежуточных частот усиливаются общим усилителем промежуточной частоты, который настроен на промежуточную частоту изображения, но, благодаря широкой полосе пропускания, усиливает также и напряжение промежуточной частоты звука. Сигнал промежуточной частоты детектируется амплитудным детектором, на выходе которого образуется вследствие биений между промежуточными частотами сигналов звука и изображения напряжение разностной частоты $6,5 \text{ МГц}$, модулированное по частоте сигналом звука и по амплитуде сигналом изображения.

Вместе с сигналом изображения это напряжение усиливается в каскадах усиления сигналов изображения. При помощи фильтра, настроенного на частоту $6,5 \text{ МГц}$, напряжение разностной частоты поступает в канал звукового сопровождения, а сигнал изображения — на кинескоп. Достоинство одноканальной супергетеродинной схемы — высокая устойчивость приема звукового сопровождения. При изменениях частоты гетеродина обе промежуточные частоты изменяются на одну и ту же величину, а разностная частота $6,5 \text{ МГц}$, на которую настроены контуры ограничителя, остается постоянной.

Кроме того, сокращается количество транзисторов или ламп, так как на промежуточной частоте $6,5 \text{ МГц}$ они обеспечивают большее усиление в одном каскаде, чем на частоте $31,5 \text{ МГц}$ ($27,75 \text{ МГц}$), и сигнал на УПЧ звука поступает предварительно усиленный в тракте УПЧ изображения.

При приеме телевизионных передач в диапазоне дециметровых волн схема телевизионного приемника дополняется конвертором

дециметровых волн. Структурная схема конвертора, в основном, не отличается от схемы преобразователя частоты телевизора — ПТК (рис. 50) и содержит три основных узла: усилитель высокой частоты,

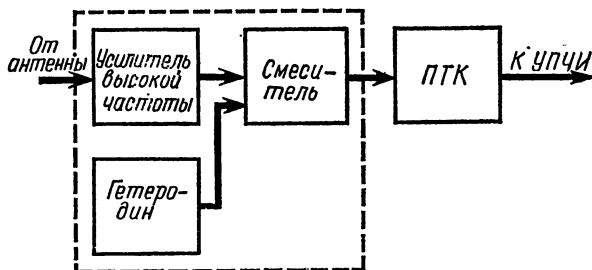


Рис. 50. Структурная схема конвертора ДЦВ

гетеродин, смеситель. Конвертор-приставка преобразует частоту принимаемого канала ДЦВ в частоту первого или второго каналов метрового диапазона.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему для телевизионного вещания выбраны ультракороткие волны?
2. Поясните работу одноканального супергетеродинного телевизионного приемника.
3. В чем заключается основной принцип работы конвертора ДЦВ?

Глава VIII

ГЕНЕРАТОРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ РАЗВЕРТОК

§ 32. ПОЛУЧЕНИЕ ПИЛООБРАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Кадровая и строчная развертки электронного луча в телевизионных приемниках осуществляются при помощи пилообразных токов или напряжений, вырабатываемых развертывающими устройствами — генераторами строчной и кадровой разверток.

Такое пилообразное напряжение (или ток) должно медленно нарастать по прямолинейному закону и быстро падать. Для получения пилообразного напряжения используют транзисторную или ламповую схему с зарядно-разрядной цепью (рис. 51).

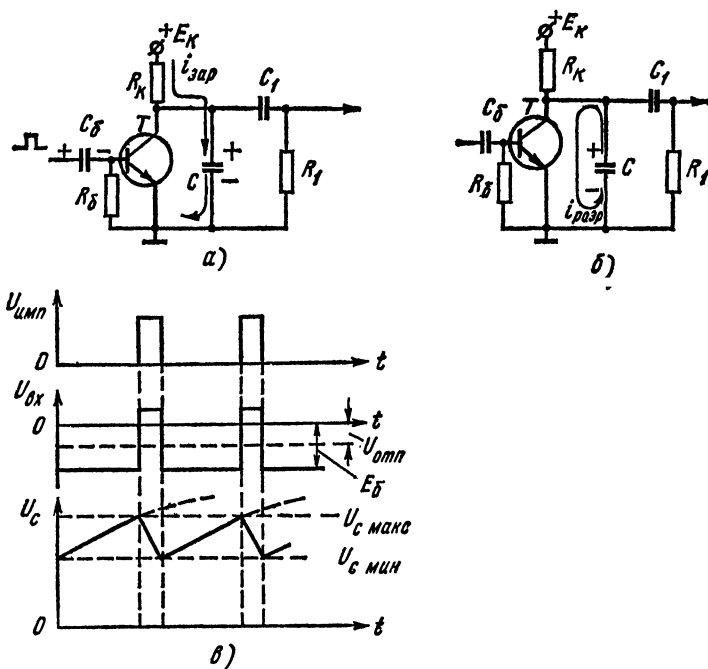


Рис. 51. Схема для получения пилообразного напряжения:
 а — заряд конденсатора C , б — разряд конденсатора C , в — осциллограммы напряжений в схеме; $U_{\text{имп}}$ — управляющее импульсное напряжение; $U_{\text{вх}}$ — напряжение на входе схемы; $U_{\text{отп}}$ — отпирающее напряжение транзистора; $E_{\text{б}}$ — отрицательное смещение на базе, $U_{\text{с}}$ — напряжение на конденсаторе C

На базу транзистора поступают положительные управляющие импульсы. Во время действия импульса течет базовый ток, который заряжает конденсатор C_6 так, что при его разряде через резистор R_6 на базу транзистора подается отрицательное смещение. Величины R_6 и C_6 выбирают такими, чтобы в промежутках между управляющими импульсами транзистор был заперт. При этом внутреннее сопротивление транзистора бесконечно велико и напряжение между его коллектором и эмиттером равно напряжению коллекторного источника E_k . Конденсатор C медленно заряжается до напряжения E_k через резистор R_k большой величины. При подаче на базу транзистора положительного управляющего импульса транзистор отпирается, его внутреннее сопротивление падает, появляется коллекторный ток. Этот ток создает падение напряжения на резисторе R_k .

$$U_{R_k} = I_k R_k.$$

Напряжение между коллектором и эмиттером транзистора уменьшается на величину падения напряжения на R_k .

Конденсатор C быстро разряжается через сравнительно небольшое внутреннее сопротивление открытого транзистора.

Когда импульс закончится, транзистор запирается и снова начнется медленный заряд конденсатора C .

Период полученного напряжения пилообразной формы равен промежутку времени между двумя положительными управляющими импульсами. При помощи переходной цепи $C_1 R_1$ пилообразная переменная составляющая отделяется от постоянной составляющей и поступает на следующий каскад.

При заряде конденсатора через резистор напряжение на его обкладках возрастает по кривой, называемой *экспонентой*. Начальная часть этой кривой почти прямолинейна, а затем, когда заряд конденсатора подходит к концу, рост напряжения замедляется и происходит уже по закону, отличающемуся от линейного. Движение электронного луча по строке и по кадру должно быть строго равномерным, без ускорений и замедлений, иначе некоторые части строки будут ярче (при замедленном движении луча), а другие темнее (при ускорении). Кроме того, неравномерное движение луча по экрану дает искаженное изображение: на участке, где луч движется ускоренно, изображение растягивается, на участке с замедленным движением луча — сжимается. Поэтому постоянную времени зарядной цепочки $R_k C_1$ выбирают такой, чтобы в течение промежутка времени между двумя управляющими импульсами напряжение на конденсаторе нарастало практически линейно.

§ 33. ПОЛУЧЕНИЕ ПИЛООБРАЗНЫХ ТОКОВ

Для получения развертки в трубках с электромагнитным отклонением луча через отклоняющие катушки должен протекать ток пилообразной формы. Установим, какое напряжение надо приложить для этого к отклоняющим катушкам.

Допустим, что через катушки течет пилообразный ток (рис. 52). Любая катушка, помимо индуктивности, обладает еще и активным сопротивлением, так что катушку можно представить как последовательное соединение индуктивно ти и активного сопротивления. Форма напряжения на активном сопротивлении U_R такая же, как форма тока. Для простоты рассуждений предположим, что при прямом и обратном ходе ток в катушке изменяется по линейному закону. При линейном изменении тока, т. е. при его равномерном нарастании или убывании, э. д. с. самоиндукции катушки постоянна, так как постоянна скорость изменения тока

$$e_L = \frac{\Delta i}{\Delta t}.$$

При прямом ходе, когда ток нарастает, э. д. с. самоиндукции препятствует его нарастанию и потому направлена навстречу ему. При обратном ходе э. д. с. самоиндукции препятствует уменьшению тока и имеет то же направление, что и ток. Так как скорость изменения тока при обратном ходе $\frac{\Delta i}{\Delta t_{обр}}$ больше, чем при прямом $\frac{\Delta i}{\Delta t_{пр}}$,

то и э. д. с. самоиндукции при обратном ходе больше. Напряжение на индуктивности по величине равно, а по закону противоположно э. д. с. самоиндукции

$$U_L = -e_L.$$

Напряжение, которое надо приложить к катушке, равно сумме напряжений на индуктивности и на активном сопротивлении. Это напряжение имеет трапециевидную или пилообразно-импульсную форму.

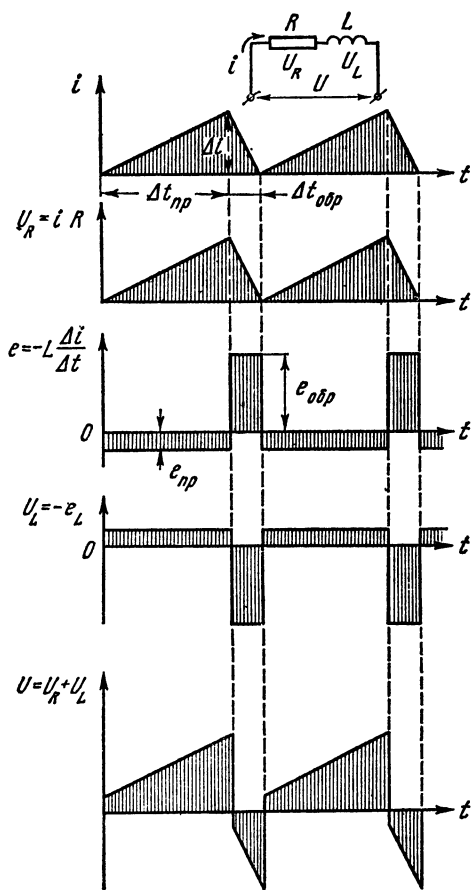


Рис. 52. Эквивалентная схема отклоняющей катушки и упрощенные графики напряжений на участках цепи при протекании пилообразного тока

ности по величине равно, а по закону противоположно э. д. с. самоиндукции

§ 34. ПОЛУЧЕНИЕ ПИЛООБРАЗНО-ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Для получения пилообразно-импульсного напряжения между коллектором и эмиттером транзистора включают резистор R последовательно с конденсатором C (рис. 53).

Как и в предыдущем случае (см. рис. 51), конденсатор C медленно заряжается через резистор коллекторной нагрузки, имеющий большую величину, дополнительный резистор R и быстро разряжается через резистор R и внутреннее сопротивление открытого транзистора.

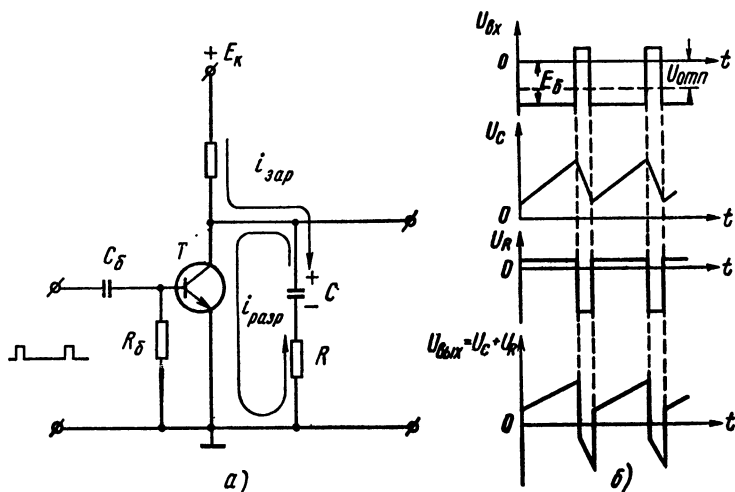


Рис. 53. Формирование пилообразно-импульсного напряжения:
а — схема формирующего каскада, б — осциллограммы напряжений

Для упрощения рассуждений допустим, что конденсатор C заряжается и разряжается током постоянной величины. За время заряда на обкладках конденсатора накопится заряд

$$q = i_{\text{зар}} t_{\text{зар}}.$$

При разряде конденсатор отдает этот заряд

$$q = i_{\text{разр}} t_{\text{разр}}.$$

Так как время заряда значительно больше времени разряда, ток разряда больше тока заряда.

При заряде конденсатора малый зарядный ток создает на резисторе R небольшое положительное напряжение. Когда начнется разряд, направление тока через резистор R изменится на обратное, а величина тока резко увеличится. Напряжение U_R теперь отрицательное и гораздо больше, чем при заряде. На конденсаторе C выделяется пилообразное напряжение U_C . Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, которое равно $U_C + U_R$, имеет пилообразно-импульсную форму.

§ 35. НАЗНАЧЕНИЕ И РАБОТА БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОРА

Как выяснено выше, зарядно-разрядная цепь работает только при наличии управляющего импульсного напряжения. Таким напряжением в телевидении являются синхронизирующие импульсы, посылаемые передатчиком вместе с сигналом изображения.

Однако система развертки, построенная на использовании синхронизирующих импульсов передатчиков, работала бы очень неустойчиво. От любого случайного импульса разрядный транзистор или лампа срабатывали бы так же, как от синхроимпульса, и синхронность разверток приемника и передатчика была бы нарушена. Кроме того,

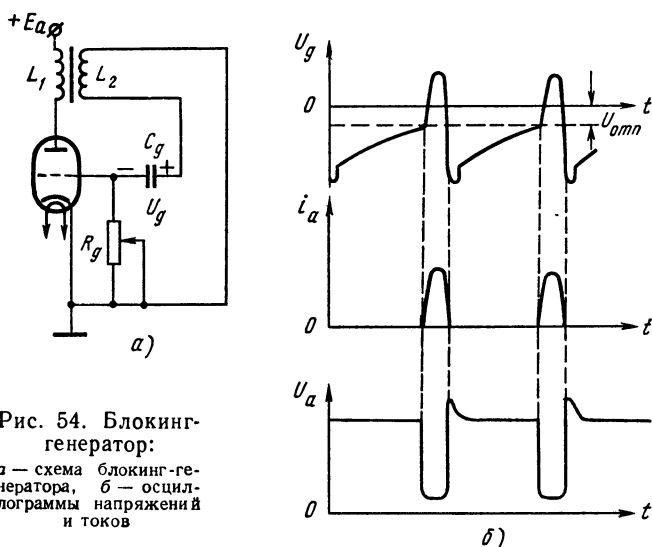


Рис. 54. Блокинг-генератор:

а — схема блокинг-генератора, б — осциллограммы напряжений и токов

в телевизионном приемнике необходимо иметь развертку и тогда, когда нет передачи (при проверке и регулировке). Так, например, в блоке строчной развертки вырабатывается высокое напряжение для питания анода кинескопа, и если он не будет работать, то не будет светиться экран трубки. Роль датчика управляющих импульсов в схеме телевизионного приемника может выполнять устройство, называемое блокинг-генератором (рис. 54).

Блокинг-генератор отличается от обычных генераторов с самовозбуждением тем, что в его схеме нет настроенных контуров. Он работает при сильной положительной обратной связи между цепями анода и управляющей сетки лампы. Обратная связь осуществляется при помощи блокинг-трансформатора. Обмотки блокинг-трансформатора L_1 и L_2 включаются встречно, т. е. таким образом, чтобы при увеличении анодного тока с обмотки L_2 на сетку лампы подавалось положительное напряжение.

Обычно на стандартных (унифицированных) блокинг-трансформаторах выводы этих обмоток маркируются цифрами или цветным условным обозначением.

Рассмотрим процессы, происходящие во время работы блокинг-генератора. Допустим, что конденсатор C_g в результате предыдущей работы генератора оказался заряженным до некоторого напряжения U_g , и с обкладок конденсатора на управляющую сетку лампы подается отрицательное напряжение. Предположим также, что это напряжение достаточно велико и лампа заперта.

Тогда конденсатор будет разряжаться через резистор R_g и вторичную обмотку трансформатора. По мере разряда конденсатора отрицательное напряжение смещения уменьшается и приближается к порогу отпирания лампы $U_{отп}$. Как только лампа откроется, появится анодный ток i_a . Созданный нарастающим анодным током магнитный поток наводит в обмотке L_2 напряжение, которое прикладывается к сетке лампы положительной полярностью через конденсатор C_g .

Положительное напряжение на управляющей сетке вызовет еще больший рост анодного тока. Появится и сеточный ток.

Анодный ток растет очень быстро, и также быстро увеличивается положительное напряжение, подаваемое с обмотки L_2 на сетку лампы. Вместе с ростом напряжения на сетке повышается и сеточный ток. Он заряжает конденсатор C_g и создает падение напряжения на резисторе R_g , запирающее лампу. По мере увеличения сеточного тока замедляется и совсем прекращается рост анодного тока лампы. Лампа входит в насыщение по анодному току и утрачивает усилительные свойства. Цепь положительной обратной связи оказывается разорванной, и анодный ток начинает убывать.

При уменьшении анодного тока в катушке L_2 наводится напряже-

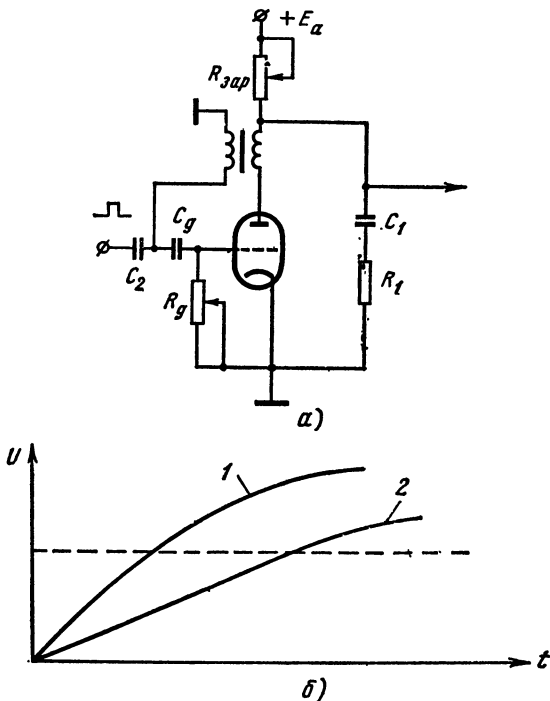


Рис. 55. Блокинг-генератор с разрядно-зарядной цепью:

a — схема блокинг-генератора, b — заряд конденсатора C_1 при малой (1) и большой (2) постоянной времени зарядной цепи

ние, которое прикладывается к сетке лампы отрицательной полярностью, и лампа быстро запирается. После этого все рассмотренные процессы повторяются.

Частота колебаний блокинг-генератора определяется постоянной времени цепи $\tau = C_g R_g$. Чем больше C_g и R_g , тем больше разряжается конденсатор C_g через резистор R_g , тем больше промежуток времени между двумя последующими импульсами и тем меньше частота повторения импульсов. Для изменения частоты резистор R_g делают переменным и ручку его выводят наружу.

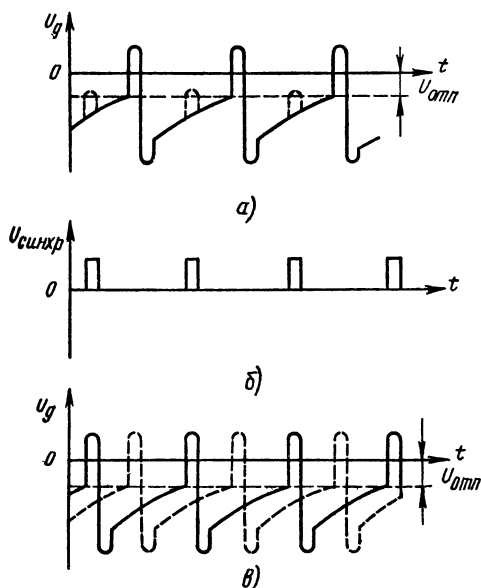


Рис. 56. Синхронизация блокинг-генератора положительными синхронимпульсами:

а и *в* — напряжения на сетке, *б* — напряжение синхронизирующих импульсов

Чтобы упростить схемы промышленных телевизоров, разрядную цепь выполняют в них не отдельным каскадом, а включают непосредственно в схему блокинг-генератора, и его лампа является одновременно разрядной. На рис. 55, *а* представлена подобная схема. Здесь C_1 и R_1 — зарядная цепь. Напряжение пилообразно-импульсной формы снимается с конденсатора C_1 . Потенциометром $R_{зар}$ регулируется величина пилообразно-импульсного напряжения. Чем меньше $R_{зар}$, тем до большего напряжения заряжается C_1 и тем больше амплитуда импульсов.

Для повышения линейности пилообразного напряжения блокинг-генераторы, работающие в ступенях кадровой развертки, питаются повышенным анодным напряжением. Чем больше анодное напряжение E_a , тем больше может быть зарядное сопротивление, и постоянная времени зарядной цепи $R_1 C_1$ в этом случае увеличивается. Напряжение на конденсаторе будет нарастать относительно медленно, и пилообразное напряжение на нем будет более линейным (рис. 55, *б*).

§ 36. СИНХРОНИЗАЦИЯ БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОРА

Блокинг-генераторы имеют значительную нестабильность частоты колебаний и работают не в автономном режиме, а в режиме синхронизации. Управляют работой блокинг-генератора положительные синхронизирующие импульсы, поступающие на управляющую сетку лампы через конденсатор C_2 (см. рис. 55, *а*). Принцип синхронизации

блокинг-генератора положительными синхронизирующими импульсами пояснен на рис. 56.

При небольших расхождениях частоты блокинг-генератора с частотой синхронизирующих импульсов положительные синхронизирующие импульсы повышают потенциал управляющей-сетки, лампа отпирается в момент поступления импульса и блокинг-генератор входит в синхронизм с соответствующим генератором развертки передатчика.

Для синхронизации необходимо, чтобы собственная частота блокинг-генератора была меньше частоты синхроимпульсов. Иначе лампа блокинг-генератора откроется до прихода следующего синхроимпульса и синхронизации не будет.

§ 37. БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР С ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ СЕТКОЙ

Стабильность частоты повторения импульсов блокинг-генератора можно повысить, применив схему с положительной сеткой (рис. 57, а). Здесь резистор R включается между положительным полюсом анодного источника и управляющей сеткой лампы.

В момент включения анодного источника нарастающий анодный ток создает на анодной обмотке L_1 импульсное напряжение, имеющее на аноде отрицательный знак. Так как обмотки трансформатора включены встречно, то на управляющую сетку с соответствующей обмотки L_2 подается при этом положительное напряжение. Возникает сеточный ток, который течет по цепи сетка-катод — L_2 — C_g —сетка и заряжает конденсатор C_g , так что с конденсатора на сетку подается отрицательное напряжение, запирающее лампу. Теперь конденсатор C_g заряжается до напряжения анодного источника E_a . В обычной схеме блокинг-генератора при запертой лампе напряжение на сетке стремится к нулю (рис. 57, б). В блокинг-генераторе с положительной сеткой оно стремится к большому положительному напряжению E_a .

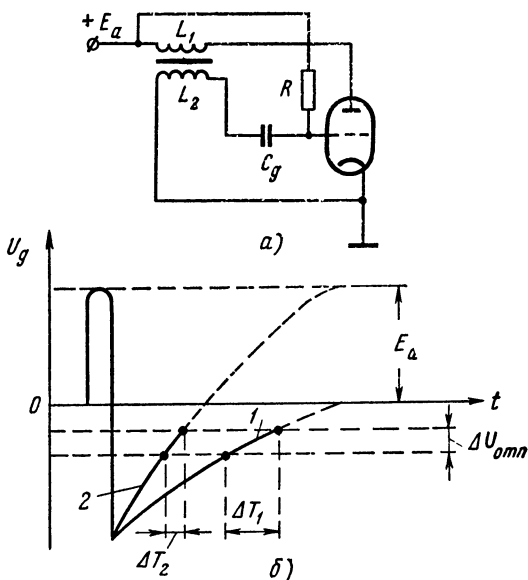


Рис. 57. Блокинг-генератор с положительной сеткой:

а — схема блокинг-генератора, б — осциллограммы напряжений на управляющей сетке лампы; 1 — для обычного блокинг-генератора, 2 — для блокинг-генератора с положительной сеткой

Если постоянные времени τ_1 и τ_2 в обеих схемах (см. рис. 54 и 57) равны, то напряжение на конденсаторе, стремясь к большему значению, нарастет (см. рис. 57) более круто, и поэтому при одинаковой нестабильности отпирающего напряжения $\Delta U_{\text{отп}}$ нестабильность периода повторения импульсов ΔT будет меньше.

§ 38. МУЛЬТИВИБРАТОР С КАТОДНОЙ СВЯЗЬЮ

Для получения управляющих импульсов строчной частоты в телевизорах используют также мультивибраторы с катодной связью. В схеме мультивибратора с катодной связью (рис. 58, а) лампы L_1 и L_2 связаны через общий катодный резистор R_K , с которого подается отрицательное напряжение на управляющие сетки обеих ламп.

Работа схемы поясняется графиками на рис. 58, б, в и г.

Допустим, что по какой-либо причине анодный ток лампы L_1 увеличился. Тогда увеличится падение напряжения на резисторе R_{a1} и уменьшится напряжение U_{a1} на аноде лампы L_1 . Это вызовет разряд конденсатора C через внутреннее сопротивление лампы L_1 и резисторов R_K и R_{g2} . На резисторе R_{g2} создается отрицательное напряжение, которое уменьшит анодный ток лампы L_2 , что приведет к уменьшению отрицательного напряжения на R_K . В результате этого еще больше увеличится анодный ток лампы L_1 и уменьшится напряжение на ее аноде. Отрицательное напряжение, создаваемое на R_{g2} током разряда конденсатора C , быстро запирает лампу L_2 . Когда лампа L_2 заперта, анодный ток лампы L_1 достигает максимума, так как отрицательное напряжение на R_K будет наименьшим.

Лампа L_2 остается некоторое время запертой под действием отрицательного напряжения, создаваемого током разряда конденсатора C на R_{g2} . Постепенно ток разряда уменьшается, отрицательное напряжение на R_{g2} спа-

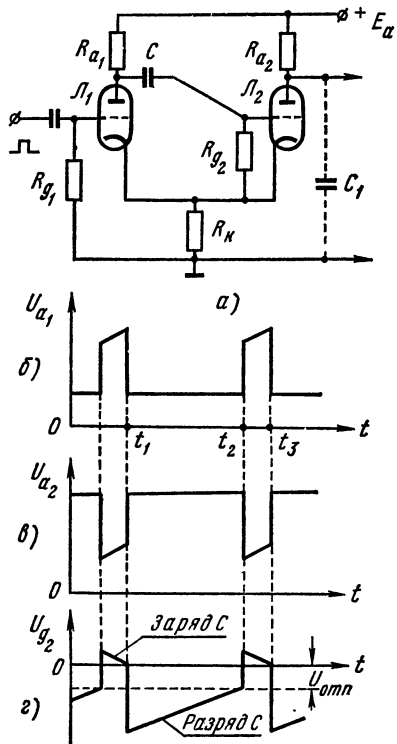


Рис. 58. Мультивибратор с катодной связью:

а — схема мультивибратора, б — осциллограмма напряжения на аноде лампы L_1 , в — осциллограмма напряжения на аноде лампы L_2 , г — осциллограмма напряжения на сетке лампы L_2 ; t_1 — момент записания лампы L_2 , t_2 — момент запираания лампы L_1 и отпираания лампы L_2 , t_3 — момент запираания лампы L_2 и отпираания лампы L_1 , $U_{\text{отп}}$ — отпирающее напряжение лампы L .

дает, и лампа \mathcal{L}_2 открывается. Появление анодного тока этой лампы вызывает увеличение отрицательного напряжения на R_K . От этого анодный ток лампы \mathcal{L}_1 уменьшается, и напряжение на ее аноде возрастает. Тогда конденсатор C заряжается по цепи источник — плюс E_a , R_{a_1} , C , R_{g_2} , минус E_a . Ток заряда конденсатора C создает на R_{g_2} положительное напряжение, отчего анодный ток лампы \mathcal{L}_2 возрастает очень быстро.

Вследствие роста тока i_{a_2} увеличивается падение напряжения на R_K , возрастает отрицательное напряжение на сетке лампы \mathcal{L}_1 и она быстро закрывается.

К этому времени заканчивается заряд конденсатора C . Положительное напряжение на R_{g_2} уменьшается, и анодный ток лампы \mathcal{L}_2 убывает. Отрицательное напряжение на R_K также уменьшается, и открывается лампа \mathcal{L}_1 . Анодный ток лампы \mathcal{L}_1 возрастает, а напряжение на ее аноде уменьшается. Тогда конденсатор C разряжается через лампу \mathcal{L}_1 , резисторы R_K и R_{g_2} и весь процесс повторяется сначала.

Мультивибратор вырабатывает короткие импульсы, пригодные для управления разрядной лампой.

Если к аноду лампы \mathcal{L}_2 подключить конденсатор C_1 , то на выходе схемы получим пилообразное напряжение.

Мультивибратор требует использования двух триодов, но не содержит дорогостоящих трансформаторов, более прост в изготовлении и наладке.

§ 39. ОСОБЕННОСТИ ТРАНЗИСТОРНОГО БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОРА

В транзисторных телевизионных приемниках в качестве задающих генераторов используют блокинг-генераторы. Это объясняется возможностью снять необходимую мощность с дополнительной обмотки трансформатора для последующего управления выходными транзисторными каскадами разверток. Работа транзисторного блокинг-генератора близка к работе лампового ана-

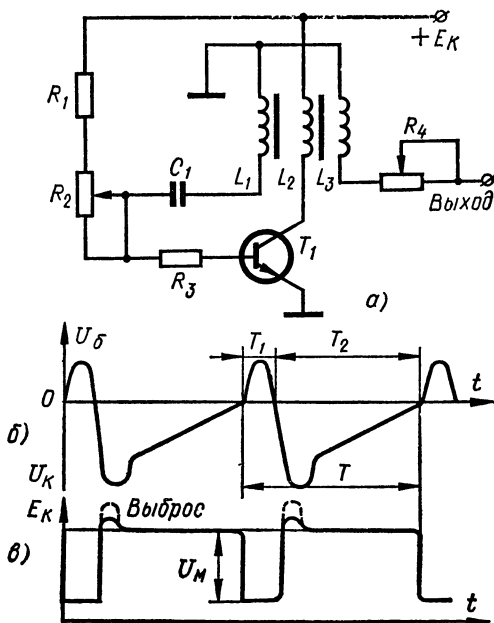


Рис. 59. Блокинг-генератор на транзисторе:

а — принципиальная схема блокинг-генератора, б — осциллограмма напряжения на базе транзистора, в — осциллограмма напряжения на выходе схемы

лога, поэтому для изучения процессов в схеме можно пользоваться описанием лампового генератора. Вместе с тем, схема и ее работа имеет некоторые особенности (рис. 59).

Транзистор со своими свойствами больше приближается к ключевому режиму, чем лампа, поэтому во время возникновения импульса минимальное напряжение на коллекторе практически равно нулю (режим насыщения) и размах импульса равен напряжению источника питания E_K (рис. 59, в).

Транзисторы имеют значительно меньшие максимально допустимые напряжения, чем лампы, но индуктивность обмоток блокинг-трансформаторов и скорости изменения токов в них остались прежними. Поэтому импульсы напряжения на коллекторе транзистора (рис. 59, в), вызванные э. д. с. самоиндукции, превышают размах выходного импульса (пунктир на рис. 59, в) и могут пробить транзистор. Во избежание этого напряжение коллекторного источника питания выбирается по крайней мере вдвое меньше допустимого, указанного в паспорте на транзистор.

Балластный резистор в цепи базы R_B выбирается значительно большим входного сопротивления транзистора. В этом случае изменение режима транзистора и температуры окружающей среды будут меньше сказываться на времени заряда конденсатора C_1 и, следовательно, на длительности выходного импульса T_1 .

§ 40. МУЛЬТИВИБРАТОР НА ТРАНЗИСТОРАХ

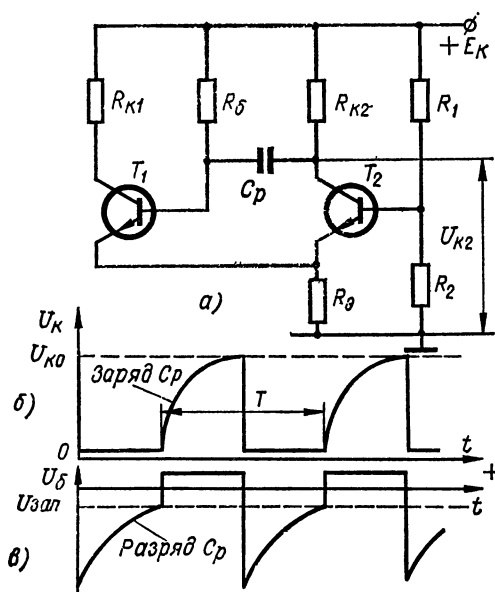


Рис. 60. Мультивибратор на транзисторах:

а — принципиальная схема мультивибратора, б — осциллограмма напряжения на коллекторе транзистора T_1 , в — осциллограмма напряжения на базе транзистора T_1 .

На транзисторах могут быть построены схемы мультивибраторов, представляющие собой аналоги соответствующих ламповых схем. В частности, на рис. 60 приведена схема мультивибратора с эмиттерной связью, аналогичная схеме лампового мультивибратора с катодной связью (см. рис. 58). Принцип работы мультивибраторов на транзисторах по существу не отличается от принципа работы ламповых мультивибраторов. Поэтому рассмотрение процессов в последних может быть распространено на транзисторные мультивибраторы.

Как и в ламповых мультивибраторах, в схе-

мах транзисторных мультивибраторов должны быть выполнены условия самовозбуждения, т. е. коэффициент усиления каждого плеча должен быть больше единицы, и обратная связь между плечами должна быть положительной.

Цикл возникающих в этих условиях колебаний может быть разделен на этапы протекания относительно быстрых и медленных процессов. Как и в ламповых схемах, быстрый процесс начинается, когда напряжение на базе закрытого транзистора достигает напряжения запирающего (близкого к нулю), и этот транзистор открывается. К концу быстрого процесса открытый и закрытый транзисторы меняют состояние, причем потенциал базы первого оказывается значительно ниже потенциала запирающего. Далее следует относительно медленное изменение потенциала базы закрытого транзистора по мере разряда разделительного конденсатора C_p . Эта часть периода завершается, когда опять восстанавливаются условия, необходимые для протекания в схеме быстрого процесса опрокидывания схемы.

Именно это имеется в виду, когда говорят, что потенциал базы достиг потенциала запирающего (или отпирающего) транзистора. Элементы C_p и R_b являются частотнозадающими. Положительная обратная связь между плечами мультивибратора осуществляется через конденсатор C и резистор в эмиттерной цепи R_e .

При построении схем мультивибраторов можно использовать транзисторы с $p-n-p$ -проводимостями. В таком случае изменяется на обратную полярность подключения источника E_k и полярность генерируемых импульсов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните получение пилообразного напряжения при помощи разрядного транзистора.
2. Как получают пилообразно-импульсное напряжение?
3. Как будет искажаться изображение при нелинейности тока строчной и кадровой разверток?
4. Будет ли работать блокинг-генератор, если поменять местами выводы одной из обмоток трансформатора?
5. Как синхронизируется частота блокинг-генератора?
6. Поясните работу мультивибратора с катодной связью.
7. Поясните особенности схемы и работы транзисторного блокинг-генератора.
8. Поясните работу транзисторного мультивибратора.

Глава IX

ВЫХОДНЫЕ СТУПЕНИ ГЕНЕРАТОРОВ РАЗВЕРТКИ

§ 41. ОСОБЕННОСТИ БЛОКА КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Для осуществления кадровой развертки необходимо подать в кадровые отклоняющие катушки пилообразный ток частотой 50 гц.

Отклоняющий пилообразный ток развертки расходует в кадровых катушках значительную мощность. Мощность пилообразно-импульсных колебаний, вырабатываемых при помощи блокинг-генераторов или мультивибраторов, невелика. Поэтому блок кадровой развертки, помимо задающего генератора, должен содержать выходной каскад, работающий в режиме усиления мощности.

Пилообразный ток содержит большое количество гармоник, которые должны одинаково усиливаться выходной ступенью блока развертки, иначе нарушится линейность пилообразного тока и изображение на экране исказится. Поэтому выходной каскад блока развертки должен иметь достаточно широкую полосу пропускания.

Отклоняющие катушки обладают некоторой междувитковой емкостью, и эта емкость вместе с индуктивностью катушек образует колебательный контур. Во время прямого хода развертки, когда ток в катушках нарастает, в магнитном поле катушек запасается энергия. Во время обратного хода, когда ток быстро уменьшается, энергия магнитного поля катушек превращается в энергию электрического поля паразитной емкости, и в контуре возникают собственные затухающие колебания. Если добротность контура достаточно велика, то за время обратного хода эти колебания затухнуть не могут и продолжают также во время прямого хода.

Ток паразитных колебаний накладывается на ток прямого хода, и линейность развертки нарушается.

Для подавления (демпфирования) паразитных колебаний параллельно кадровым катушкам включаются так называемые демпфирующие (гасящие) резисторы. Эти резисторы снижают добротность контура, и паразитные колебания затухают во время обратного хода.

§ 42. ВЫХОДНОЙ КАСКАД КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Для отклонения электронного луча кинескопа по кадру используются, как правило, низкоомные отклоняющие катушки. Низкоомные отклоняющие катушки наматываются сравнительно толстым проводом и поэтому имеют высокую надежность.

Если включить низкоомные (маловитковые) отклоняющие катушки непосредственно в анодную цепь выходной лампы (транзистора) блока

кадровой развертки, то из-за малого числа витков катушек для получения необходимой напряженности магнитного поля потребуется большой ток. Для получения большого тока пришлось бы использовать в выходном каскаде очень мощные выходные транзисторы или лампы. Однако можно применить обычные лампы и транзисторы, если включить низкоомные отклоняющие катушки в анодную цепь лампы через понижающий трансформатор. Как известно, токи в обмотках трансформатора обратно пропорциональны числам витков обмоток

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

У понижающего трансформатора число витков первичной обмотки ω_1 больше числа витков вторичной обмотки ω_2 , поэтому ток i_2 во вторичной обмотке больше тока i_1 в первичной обмотке. Подобрав соответствующим образом коэффициент трансформации

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

можно получить достаточно сильное отклоняющее магнитное поле при небольшом числе витков отклоняющих катушек.

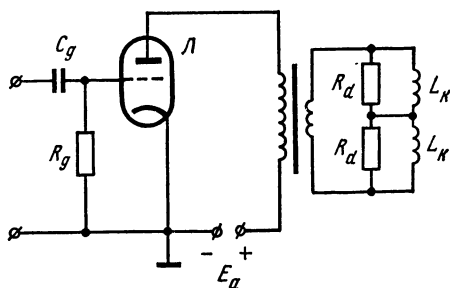


Рис. 61. Схема выходного каскада кадровой развертки с трансформаторным выходом:

R_d — демпфирующие резисторы

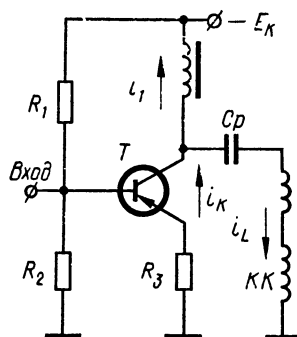


Рис. 62. Выходной каскад кадровой развертки с дроссельной связью и отклоняющими кадровыми катушками (КК)

Выходная ступень, в которой отклоняющие катушки включаются через понижающий трансформатор, называется ступенью с трансформаторным выходом (рис. 61).

Однако трансформатор является тяжеловесным, громоздким и дорогостоящим элементом. Поэтому в портативных телевизорах выходной трансформатор применяется редко, а именно в тех случаях, когда параметры кадровых катушек не удовлетворяют условию согласования с выходным каскадом.

Как правило, используется емкостная связь выходного каскада с отклоняющей системой и параллельное питание с помощью дросселя в коллекторной цепи транзистора (рис. 62). В качестве выходного каскада часто используют также двухтактные каскады. Наиболее простая схема двухтактного каскада с несимметричным входом на двух транзисторах с разной проводимостью приведена на рис. 63.

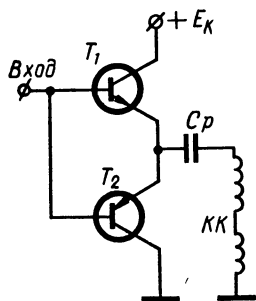


Рис. 63. Двухтактный выходной каскад кадровой развертки с несимметричным входом

Достоинством двухтактного каскада является его экономичность.

В настоящее время промышленность выпускает телевизоры с трубками, угол отклонения луча у которых 70, 90 и 110°. Для получения такого отклонения требуется большой ток на выходе каскада кадровой развертки. Большой ток получают при помощи почти однотипных ламповых схем, собранных из унифицированных деталей. К таким деталям относятся: трансформатор блокинг-генератора кадров, выходной трансформатор кадров и единая отклоняющая система для кадровой и строчной отклонения.

Особенностью большинства ламповых схем кадровой развертки является то, что на анод лампы задающего генератора подается повышенное напряжение порядка 500—700 в. Увеличение напряжения, питающего зарядный конденсатор, улучшает линейность тока пилообразной формы, что, в свою очередь, снижает искажения принимаемого изображения.

§ 43. КОРРЕКЦИЯ ФОРМЫ ПИЛООБРАЗНОГО НАПЯЖЕНИЯ В БЛОКЕ КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Для получения необходимого размера изображения по вертикали следует регулировать размах пилообразного тока в кадровых отклоняющих катушках. Для этого пилообразное напряжение с зарядного конденсатора через разделительный конденсатор C подается на потенциометр, движок которого выводится на ручку «Размер по вертикали» (рис. 64).

Между сеточным проводом лампы выходного каскада и шасси телевизора возникает паразитная емкость $C_{\text{пар}}$, которая шунтирует нижнюю часть потенциометра по высокочастотным составляющим пилообразного напряжения. Сопротивление нижней части потенциометра высокочастотным гармоникам из-за наличия паразитной емкости уменьшается, уменьшается и напряжение, которое создают эти гармоники на нижней части потенциометра. «Завал» высших гармоник ведет к закруглению пилообразного напряжения у его вершины, а это вызывает искажение изображения.

Введением дополнительного корректирующего конденсатора действие паразитной емкости компенсируется, так как уменьшается

падение напряжения высокочастотной составляющей пилообразного тока на верхнем плече делителя и соответственно возрастает на нижнем плече. Но одной такой коррекцией в практических схемах не ограничиваются.

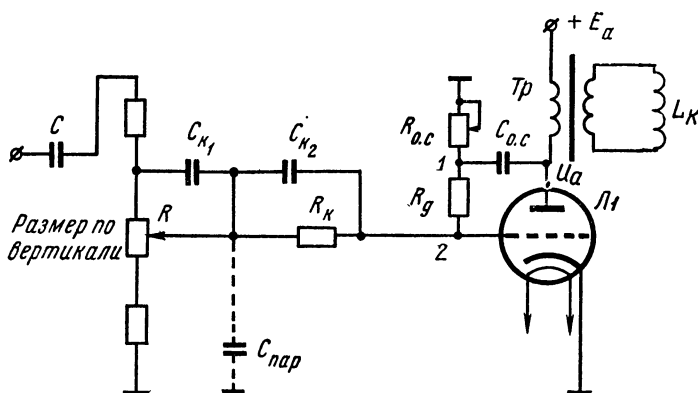


Рис. 64. Схема коррекции линейности в каскаде кадровой развертки

Между делителем и управляющей сеткой лампы вводят дополнительную корректирующую цепь. Она состоит из конденсатора C_K и резисторов R_K и R_g . Ячейка C_K, R_K с резистором утечки R_g образует дополнительный делитель напряжения, «заваливающий» высшие частоты на верхнем своем плече и «поднимающий» их на нижнем.

В анодную цепь лампы выходного каскада кадровой развертки обычно включается понижающий трансформатор Tr , служащий для согласования сопротивления выходного каскада с отклоняющими катушками и получения необходимого размаха отклоняющего тока. В такой схеме на форму протекающего тока оказывает значительное влияние индуктивность первичной обмотки выходного трансформатора.

Так как нагрузка лампы не является чисто активной для получения тока пилообразной формы в отклоняющих катушках, анодный

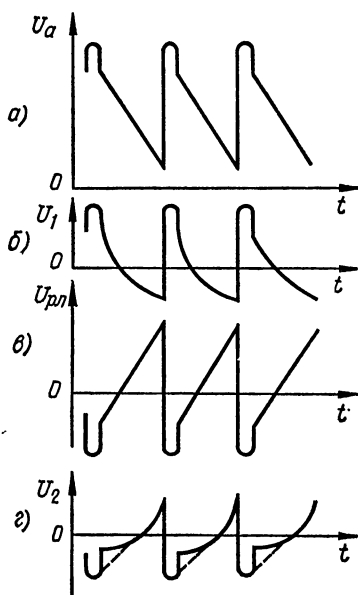


Рис. 65. Формы напряжений в характерных точках схемы

а — напряжение на аноде лампы, б — напряжение на выходе дифференцирующей цепи в точке 1, в — напряжение, поступающее на сетку от выходного каскада; г — суммарное напряжение на сетке лампы

ток лампы и напряжение на сетке должны иметь параболическую форму (рис. 65). Для получения анодного тока необходимой формы применяют частотно-зависимую обратную связь (цепочка $C_{oc} R_{oc}$). Постоянная времени этой цепочки подбирается такого же порядка, что и период колебаний. При такой постоянной времени происходит частичное дифференцирование и необходимое изменение формы напряжения. Это напряжение через резистор R_g поступает на сетку выходной лампы. Формы напряжений в характерных точках схемы изображены на рис. 65.

§ 44. ТИПОВАЯ СХЕМА КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Блок кадровой развертки промышленного телевизора на унифицированном шасси (рис. 66) можно считать типовым. Он состоит из двух каскадов: задающего и выходного. Задающий каскад собран на левой половине лампы 6Ф5П по схеме блокинг-генератора с разрядной цепью, выходной каскад — на пентодной части лампы 6Ф5П.

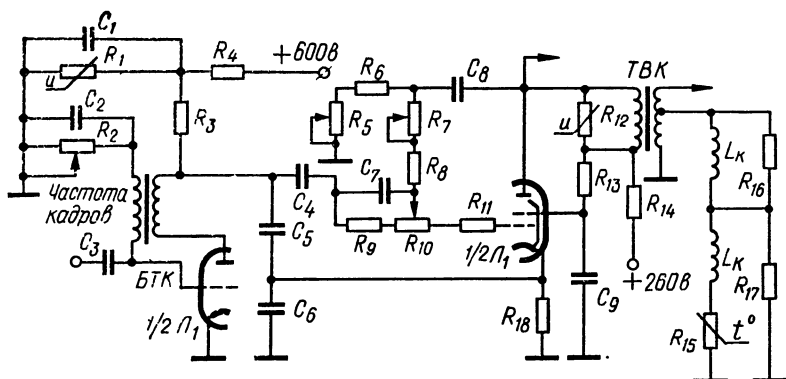


Рис. 66. Схема кадровой развертки

Элементы схемы блокинг-генератора $R_2 C_2$ определяют его частоту. Собственная частота генератора устанавливается переменным резистором R_2 , приблизительно равной частоте кадровых синхронизирующих импульсов передатчика, чтобы блокинг-генератор вошел в синхронизм. Анод лампы генератора питается напряжением 600 в «вольто-добавки» через зарядный резистор R_3 и добавочный резистор R_4 . В одно из плеч делителя (R_1, R_4) включен варистор R_1 (резистор с нелинейной зависимостью тока, проходящего через него, от приложенного напряжения). Варистор стабилизирует напряжение, подводимое к зарядному резистору R_3 . Таким образом, стабилизируется в заданных пределах амплитуда пилообразного напряжения на выходе блокинг-генератора при колебаниях напряжения сети.

Управляющее напряжение пилообразной формы снимается с конденсатора C_5 и через переходной конденсатор C_4 подается на делитель

напряжения R_{5-10} . Резисторы R_5, R_7, R_{10} — переменные и регулируют соответственно линейность изображения внизу, размер кадров и линейность изображения вверху. Конденсатор C_8 и цепь R_5, R_6 , а также конденсатор C_7 и цепь R_9, R_{10}, R_{11} корректируют форму пилообразного напряжения. Конденсатор C_8 является элементом частотно-зависимой обратной связи по напряжению, применение которой улучшает линейность по вертикали. Рабочий режим выходного каскада поддерживается за счет автоматического смещения, образуемого током лампы на элементах $R_{18}C_6$. Эта цепь имеет большую постоянную времени, что позволяет стабилизировать сеточное напряжение смещения, так как такая цепь не способна реагировать на быстрые изменения анодного тока и напряжение на ней при быстрых изменениях анодного тока остается постоянным. Раздельная регулировка линейности изображения вверху и внизу дает возможность исключить характерные для широкоугольных кинескопов симметричные искажения.

Нагрузкой выходного каскада служит выходной унифицированный кадровый трансформатор ТВК. Его первичная обмотка зашунтирована варистором R_{12} , который используется для защиты первичной обмотки ТВК от пробоя импульсным напряжением, возникающим в начале обратного хода.

Терморезистор R_{15} включен последовательно с отклоняющими катушками и вмонтирован в отклоняющую систему. При прогреве сопротивление терморезистора уменьшается настолько, насколько возрастает сопротивление отклоняющих катушек. Таким образом стабилизируется отклоняющий пилообразный ток в отклоняющих катушках.

Схема стабилизации позволяет сохранить размер по кадру в пределах $\pm 4\%$ при наиболее вероятных колебаниях сети и в широком диапазоне изменения температуры кадровых отклоняющих катушек. С конденсатора C_6 пилообразно-импульсное напряжение подается на схему защиты кинескопа от прожигания люминофора при пропадании кадровой развертки. Отрицательные импульсы обратного хода кадровой развертки с дополнительной и вторичной обмоток, включенных последовательно, подаются на управляющий электрод кинескопа, запирая последний во время обратного хода.

§ 45. ОСОБЕННОСТИ ВЫХОДНОГО КАСКАДА БЛОКА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Блок строчной развертки работает в более трудных условиях по сравнению с блоком кадровой развертки. Это объясняется тем, что частота пилообразного тока строчной развертки составляет 15625 гц и обратный ход длится около 10—15 мксек. Скорость изменения тока при обратном ходе очень велика, и в катушках наводится большая э. д. с. самоиндукции. Вследствие достаточно высокой частоты отклоняющего тока большое влияние на работу каскадов строчной развертки оказывают различные паразитные емкости, особенно междувитковая емкость строчных отклоняющих катушек. При большой величине этой емкости период паразитных колебаний, возникающих в катушках

во время обратного хода, может оказаться больше необходимой продолжительности обратного хода. Поэтому в выходных каскадах строчной развертки приходится применять низкоомные катушки с малым числом витков, обладающие небольшой междувитковой емкостью, и включать их через понижающий трансформатор или автотрансформатор.

Для получения неискаженного пилообразного тока выходной каскад блока строчной развертки должен быть широкополосным. Он должен пропускать частоту по меньшей мере до тридцатой гармоники частоты строк, т. е. приблизительно до 500 кГц.

На аноде лампы во время обратного хода получаются высокие напряжения, поэтому необходимо использовать лампы с большим допустимым обратным напряжением.

Во время прямого хода, когда анодный ток лампы выходного каскада растет, напряжение на ее аноде уменьшается. При этом увеличивается число электронов, захватываемых экранирующей сеткой, и возрастает ее ток, в связи с чем лампа должна иметь достаточно высокую допустимую мощность рассеяния на экранирующей сетке.

В выходных каскадах строчной развертки современных отечественных телевизоров используют лучевые тетроды 6П31С, 6П36С, 6П42С. В выходных каскадах строчной развертки транзисторных телевизоров применяют мощные транзисторы КТ805А, Б, КТ—802А, КТ804В, ГТ906, имеющие высокую электрическую прочность.

§ 46. ДЕМПФИРОВАНИЕ ПАРАЗИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СТРОЧНЫХ ОТКЛОНЯЮЩИХ КАТУШКАХ

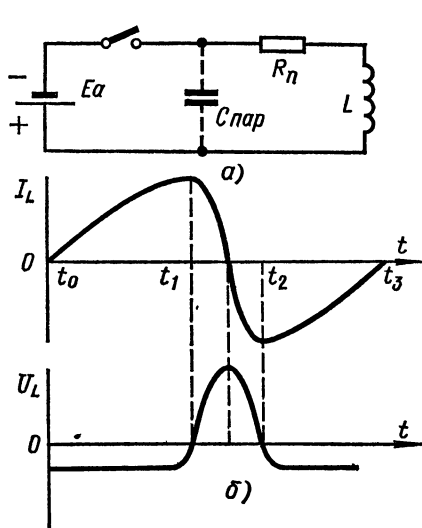


Рис. 67. Эквивалентная схема каскада строчной развертки (а) и осциллограммы тока и напряжения на индуктивности L (б)

Демпфирование (гашение) паразитных колебаний в отклоняющих катушках с помощью резисторов было рассмотрено при описании выходного каскада блока кадровой развертки. В блоках строчной развертки последовательно с демпфирующим резистором R_d обычно включают конденсатор C_d (см. рис. 61). Емкость конденсатора подбирают такой, чтобы для тока строчной частоты он представлял большое сопротивление, а для тока паразитных колебаний, частота которого во много раз больше частоты строк, — малое. Тогда во время прямого хода через демпфирующий резистор пойдет малый ток, и резистор не будет шунтировать отклоняющие

катушки. Во время обратного хода емкостное сопротивление конденсатора C_d резко уменьшается, ток, проходящий через R_d , возрастает и паразитные колебания в катушках срываются. При этом способе демпфирования энергия, запасенная в магнитном поле катушек во время прямого хода, расходуется бесполезно на нагрев резистора R_d .

Лучшие результаты получаются в схеме с демпфирующим диодом. Чтобы уяснить работу этой схемы, следует разобрать работу эквивалентной схемы с механическим прерывателем — обыкновенным ключом.

Такая идеализированная схема (рис. 67, а) состоит из источника постоянного тока E_a , индуктивности отклоняющих катушек L , суммарной междувитковой емкости этих катушек, емкости монтажа и сопротивления потерь R_n .

Замыкая и размыкая ключ, можно получить ток пилообразной формы. Схема работает следующим образом (рис. 67, б): при замыкании ключа в интервале от t_0 до t_1 ток в цепи I_L нарастает почти линейно и на катушке L создается напряжение, прямо пропорциональное скорости изменения тока и препятствующее его нарастанию, т. е. направлено навстречу ему

$$U_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t};$$

так как ток нарастает по линейному закону и скорость его изменения в интервале от t_0 до t_1 постоянна, то и напряжение на катушке остается неизменным; при росте тока в магнитном поле катушки запасается энергия. В момент времени t_1 ключ замыкается, и в контуре $LC_{\text{пар}}$ возникают свободные колебания за счет энергии, накопленной в магнитном поле катушки. Ток в катушке быстро падает по синусоидальному закону, в результате этого напряжение на катушке резко возрастает и достигает максимума при наибольшей скорости изменения тока (когда ток проходит через нуль). Через половину периода свободных колебаний в момент времени t_2 ток в контуре достигает максимального отрицательного значения, которое немного меньше первоначального наибольшего положительного значения из-за наличия активных потерь в контуре. В этот момент ключ вновь замыкается. Ток в контуре, уменьшаясь по абсолютной величине, течет навстречу току источника, и энергия, накопленная в магнитном поле катушки, возвращается источнику (за вычетом небольших потерь на активном сопротивлении).

Демпфирующий диод, как правило, включают в цепь вторичной обмотки выходного строчного трансформатора (рис. 68, а). В этой схеме лампа \mathcal{L}_1 является выходной лампой каскада. Она служит для управления мощностью, которую отдает источник питания через трансформатор в отклоняющие катушки. Индуктивность отклоняющих катушек L_c вместе с паразитной емкостью $C_{\text{пар}}$ образует колебательный контур. Нагрузкой диода служит резистор R_d , зашунтированный емкостью C_d .

Вторичная обмотка трансформатора включена так, чтобы при возрастании тока в выходной лампе во время прямого хода луча

напряжение на аноде демпфера было положительным. Следовательно, работой диода управляет лампа Λ_1 . Рассмотрение работы демпфирующего диода удобнее всего начать с момента запираания выходной лампы, т. е. с момента начала обратного хода t_1 (рис. 68, б). В этот момент

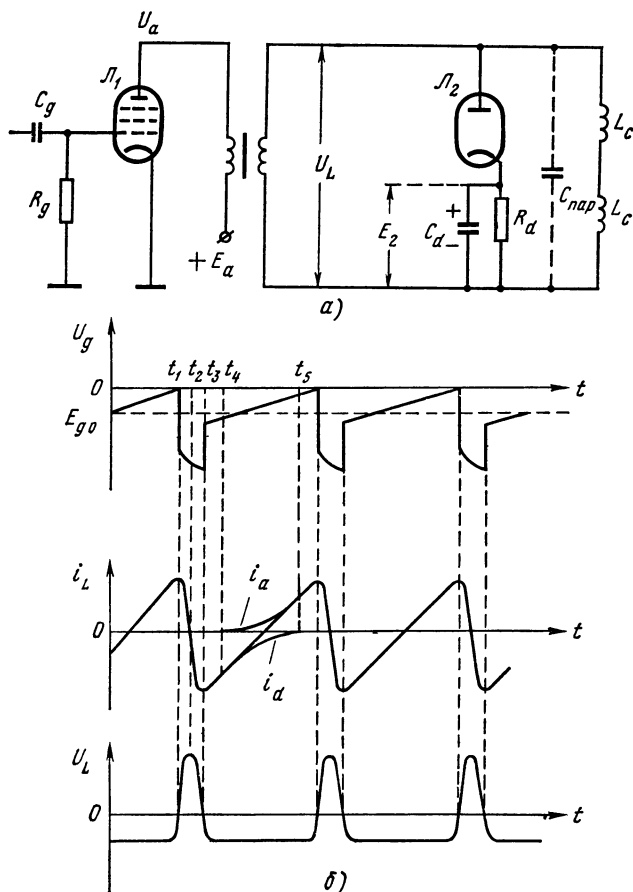


Рис. 68. Демпфирование паразитных колебаний при помощи диода:

а — схема выходного каскада строчной развертки с демпфирующим диодом, б — осциллограммы токов и напряжений в схеме

нарастание тока в строчных отклоняющих катушках прекращается и за счет энергии, накопленной в их магнитном поле при прямом ходе, возникают паразитные колебания; э. д. с. самоиндукции катушек направлена навстречу напряжению U_L на вторичной обмотке трансформатора. Обмотки трансформатора включены встречно, т. е. когда ток в первичной обмотке во время прямого хода нарастает, напря-

жение первичной обмотки трансформатора приложено к аноду лампы положительным потенциалом. Тогда э. д. с. самоиндукции катушек создает на аноде диода положительный потенциал, и диод во время прямого хода открыт. В момент окончания прямого хода t_1 , когда ток начинает падать, э. д. с. самоиндукции скачком меняет знак на обратный; благодаря этому диод закрывается, прекращается шунтирование контура и в контуре возникают собственные колебания.

Через четверть периода собственных колебаний (момент t_2) вся запасенная ранее энергия переходит в энергию электрического поля паразитной емкости $C_{\text{пар}}$, э. д. с. самоиндукции катушек при этом максимальная и диод надежно закрыт. В момент времени t_3 вся энергия электрического поля емкости $C_{\text{пар}}$ снова переходит в энергию магнитного поля катушек. Ток в катушках максимальный, а скорость его изменения в момент t_3 равна нулю. Поэтому э. д. с. самоиндукции катушек становится равной нулю и демпферный диод открывается. Колебания в контуре срываются и происходит апериодический разряд емкости $C_{\text{пар}}$ через диод. Энергия, запасенная в магнитном поле катушек, большей частью расходуется на заряд емкости C_d , а уже с момента запираания диода рассеивается на R_d .

В момент времени t_4 лампа выходного каскада отпирается, начинается прямой ход. В начале прямого хода демпферный диод открыт и через него течет ток. Этот ток создает падение напряжения на R_d и заряжает конденсатор C_d до напряжения E_2 . Отрицательное напряжение E_2 на C_d запирает диод, и шунтирование отклоняющих катушек прекращается. Весь процесс повторяется сначала.

В промежутки времени между моментами t_4 и t_5 через отклоняющие катушки текут два противоположно направленных тока — ток апериодического разряда через диод i_d и ток прямого хода i_a . При правильном выборе параметров схемы результирующий ток, проходящий через катушки, будет изменяться по линейному закону (см. рис. 68, б).

§ 47. ВЫХОДНОЙ КАСКАД СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ПИТАНИЮ

В телевизорах с большим экраном, где для строчной развертки требуется пилообразный ток большой амплитуды, применяют выходные каскады с обратной связью по питанию (рис. 69). В них используется энергия, накопленная в электрическом поле конденсатора C_d , включенного последовательно с анодным источником. Когда демпфирующий диод открыт, конденсатор C_d заряжается через его внутреннее сопротивление до некоторого напряжения E_2 , ко-

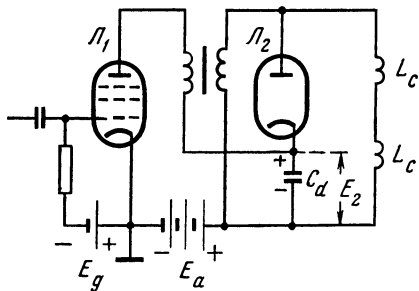


Рис. 69. Схема выходного каскада строчной развертки с обратной связью по питанию

торое складывается с напряжением анодного источника E_a . Напряжение на аноде выходной лампы U_{a1} , равное $E_a + E_2$, возрастает в два-три раза, и при той же затрате энергии анодного источника амплитуда пилообразного тока может быть заметно увеличена. В остальном схема ничем не отличается от обычной схемы с демпфирующим диодом.

Конденсатор C_d в этой схеме называют конденсатором «вольтодобавки».

§ 48. РЕГУЛИРОВКА РАЗМЕРА И ЛИНЕЙНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО ГОРИЗОНТАЛИ

В современных телевизорах строчные отклоняющие катушки включают в анодную цепь выходной лампы через понижающий автотрансформатор. Изменение размера изображения по горизонтали (рис. 70) осуществляется при помощи дросселя Dr с регулируемым магнитным сердечником. Этот дроссель или включают параллельно виткам автотрансформатора, с которых снимается напряжение на отклоняющие катушки, или подключают к автотрансформатору через специальную обмотку.

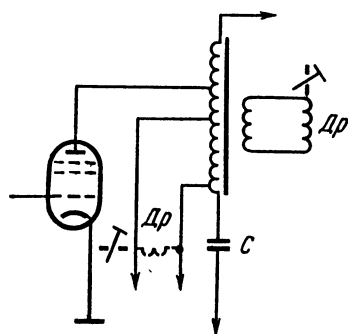


Рис. 70. Схема регулирования размера изображения по горизонтали

В первом случае дроссель шунтирует отклоняющие катушки. Чем глубже введен сердечник, тем больше индуктивное сопротивление дросселя, меньше ток через дроссель и больше ток через отклоняющие катушки, а следовательно, и больше размер изображения по горизонтали. Во втором случае перемещение сердечника дросселя вызывает изменение

индуктивности всего автотрансформатора, а следовательно, и запасаемой в магнитном поле катушек энергии, что изменяет размах пилообразного тока.

Регулировка линейности изображения по горизонтали основана на том, что форму пилообразного тока можно изменять, добавляя к нему гармоники.

Схемы коррекции нелинейности по строкам, применяемые в современных телевизорах, представляют собой один или несколько колебательных контуров, каждый из которых настроен на частоту одной из гармоник строчной частоты (обычно первой и третьей). Настройка осуществляется при помощи магнитных сердечников. Когда демпфирующий диод открыт (прямой ход), в контурах возникают колебания с их собственными частотами. Токи этих частот складываются с током демпфера и добавляют в него гармоники, улучшающие линейность прямого хода.

§ 49. ПРАКТИЧЕСКАЯ СХЕМА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Рассмотрим схему выходного каскада строчной развертки телевизора с унифицированным шасси (рис. 71), которая интересна и перспективна для массовых телевизоров с широкоугольными кинескопами. В нем применены специально разработанные моточные узлы и лампы. Для облегчения режима работы лампы выходного каскада и строчного трансформатора последний рассчитан на большую длительность обратного хода ($\approx 0,2 T_z$). В качестве выходной лампы применена лампа 6П36С, в качестве демпфера — лампа 6Д20П и в каче-

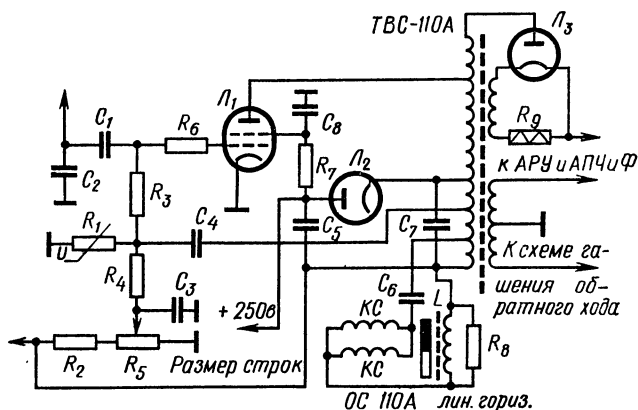


Рис. 71. Схема выходного каскада строчной развертки

стве выпрямителя высоковольтного напряжения — кенотрон типа 1Ц21П. Выходная лампа Λ_1 соединена с отклоняющими катушками по автотрансформаторной схеме. Отклоняющие катушки $КС$ соединены между собой параллельно и подключены симметрично относительно шасси к части обмотки строчного трансформатора через конденсатор C_6 и регулятор линейности L . При таком соединении отклоняющих катушек уменьшаются помехи радиоприему, так как импульсы напряжения во время обратного хода, имея одинаковый размах, но противоположные фазы, взаимно компенсируются.

Конденсатор C_6 является составной частью колебательного контура вместе с индуктивностью отклоняющих катушек. Синусоидальные колебания тока, возникающие в контуре, накладываются в соответствующей фазе во время прямого хода развертки на пилообразный отклоняющий ток и обеспечивают тем самым коррекцию симметричных искажений раstra. Симметричные искажения характерно проявляются в широкоугольных трубках из-за отсутствия пропорциональности отклонения луча отклоняющему току. В результате изображение симметрично сжато в середине и растянуто на краях строк

В строчной развертке используется схема стабилизации динамического режима, позволяющая поддерживать постоянными высокое напряжение и размер изображения по горизонтали, не зависящими от колебания напряжения сети, старения ламп и изменения тока луча кинескопа.

Схема работает следующим образом. Во время обратного хода строчной развертки положительные импульсы напряжения поступают с обмотки строчного трансформатора на варистор R_1 . Сопротивление варистора как нелинейного элемента резко уменьшается при воздействии на него большого напряжения. Поэтому конденсатор C_4 быстро заряжается во время обратного хода строчной развертки, и на его левой обкладке (по схеме) появляется отрицательный заряд. Во время прямого хода строчной развертки, т. е. когда отсутствуют импульсы обратного хода, сопротивление варистора R_1 велико и конденсатор C_4 не успевает через него разрядиться. Таким образом, отрицательное напряжение на левой обкладке конденсатора C_4 , будучи приложенным к управляющей сетке лампы L_1 (через резисторы R_3 , R_6), управляет ее режимом. Величина управляющего напряжения зависит только от амплитуды импульсов обратного хода. При увеличении или уменьшении размера изображения соответственно увеличиваются или уменьшаются импульсы обратного хода, влияя тем самым на величину отрицательного управляющего напряжения. В результате анодный ток лампы L_1 и размер изображения соответственно уменьшаются или увеличиваются.

Варистор R_1 и левая обкладка конденсатора C_4 соединены с конденсатором «вольтодобавки» C_5 элементами R_2 , R_5 , R_4 , C_3 . Путем подачи напряжения «вольтодобавки», регулируемого потенциометром R_5 , в точку соединения варистора R_1 и конденсатора C_4 можно вручную регулировать в некоторых пределах величину смещения лампы L_1 и горизонтальный размер изображения. Ручная регулировка горизонтального размера не исключает стабилизирующего действия схемы и устраняет разброс параметров варистора, выходной лампы и отклоняющей системы.

Напряжение «вольтодобавки» (+1000 в), образуемое на конденсаторе C_5 , используется также для электростатической фокусировки кинескопа, в качестве источника анодного напряжения блокинг-генератора кадров (см. рис. 66) и в схеме задержки автоматической регулировки усиления (АРУ).

Экранная сетка выходной лампы L_1 и анод демпфера L_2 питаются от источника питания +250 в.

С дополнительных обмоток выходного строчного трансформатора импульсы отрицательной полярности подаются на схему формирования строчных гасящих импульсов кинескопа, импульсы положительной полярности подаются в качестве стробирующих на схему автоматической регулировки усиления и в качестве носителей информации о фазе колебаний строчной развертки — на схему автоматической подстройки частоты и фазы (АПЧ и Ф).

§ 50. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОГО НАПЯЖЕНИЯ ДЛЯ ПИТАНИЯ АНОДА КИНЕСКОПА

Для получения изображения на экране кинескопа необходимо приложить высокое напряжение 12—15 кВ к его аноду. С увеличением размера самих трубок для получения той же яркости требуется большая величина анодного напряжения.

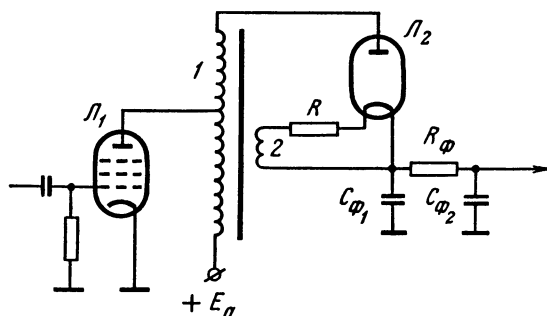


Рис. 72. Схема высоковольтного выпрямителя

Чтобы получить высокое напряжение, в телевизорах используют наиболее экономичный способ — выпрямление импульсов напряжения, получающихся в обмотках строчного автотрансформатора во время обратного хода развертки.

Амплитуда импульсов напряжения в обмотках строчного трансформатора достигает 3—4 кВ. Она может быть повышена до 15—18 кВ при помощи повышающей обмотки 1 (рис. 72).

К схеме высоковольтного выпрямителя относятся обмотки 1 и 2 автотрансформатора строчной развертки, кенотрон Λ_2 , детали фильтра $C_{\Phi 1}$, R_{Φ} , $C_{\Phi 2}$ и гасящее сопротивление в цепи канала кенотрона R .

В качестве выпрямительной лампы в современных телевизорах используют кенотроны прямого накала с максимальным обратным напряжением до 20 кВ и более, например 1Ц11П, 3Ц19П, 1Ц21П, 3Ц22С, 6Д22С, ГП-5.

Высоковольтный фильтр предназначен для сглаживания пульсаций выпрямленного высокого напряжения и одновременно служит помехозащитным устройством, т. е. ослабляет воздействие возникающих в блоке строчной развертки помех на близко расположенные радиоприемники.

В схеме фильтра обычно применяют конденсаторы емкостью в несколько сот пикофарад (обычно 390 или 500).

Некоторые типы телевизионных приемников указанного фильтра не имеют. В них применены стеклянные кинескопы, у которых емкость между двумя слоями аквадага, разделенными стеклом колбы, служит конденсатором фильтра.

Когда выходная лампа блока строчной развертки Λ_1 закрывается, в эквивалентном контуре возникают собственные колебания.

Поэтому к аноду выходной лампы, а следовательно, и к аноду высоковольтного кенотрона прикладывается положительный импульс напряжения. Но положительное напряжение на аноде кенотрона в два-три раза больше, чем на аноде выходной лампы. Это достигается включением последовательно с анодной обмоткой автотрансформатора специальной повышающей обмотки 1.

Кенотрон открывается, и конденсаторы фильтра заряжаются почти до пикового значения импульсов высокого напряжения. Постоянная времени фильтра должна быть больше, чем период колебаний в эквивалентном контуре. Это обеспечивает малый уровень пульсации напряжения на выходе фильтра выпрямителя.

Так как катод высоковольтного кенотрона находится под высоким напряжением относительно шасси приемника, нить накала кенотрона пришлось бы питать от специального хорошо изолированного понижающего трансформатора. Применение экономичных кенотронов прямого накала позволяет питать нить накала не от силового трансформатора, а от одного надежно изолированного витка провода, расположенного на строчном автотрансформаторе.

Преимуществом такой схемы высоковольтного выпрямителя перед другими схемами является то, что высокое напряжение не подается при отсутствии строчной развертки. Этим предупреждается повреждение слоя люминофора в случае неисправностей в блоке развертки и остановки луча в какой-либо точке экрана.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните работу схемы коррекции нелинейности в кадровой развертке.
2. Расскажите о демпфировании паразитных колебаний в строчных катушках при помощи диода.
3. Как работает выходной каскад строчной развертки с обратной связью по питанию?
4. Почему возникают симметричные растровые искажения как они устраняются?
5. Поясните работу схемы стабилизации динамического режима строчной развертки в типовом телевизоре.

Глава X

СИНХРОНИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ РАЗВЕРТКИ

§ 51. ЛАМПОВЫЕ АМПЛИТУДНЫЕ СЕЛЕКТОРЫ

При изучении формы полного телевизионного сигнала было выяснено назначение и структура синхронизирующих импульсов. Эти импульсы управляют работой блоков разверток. Однако до того,

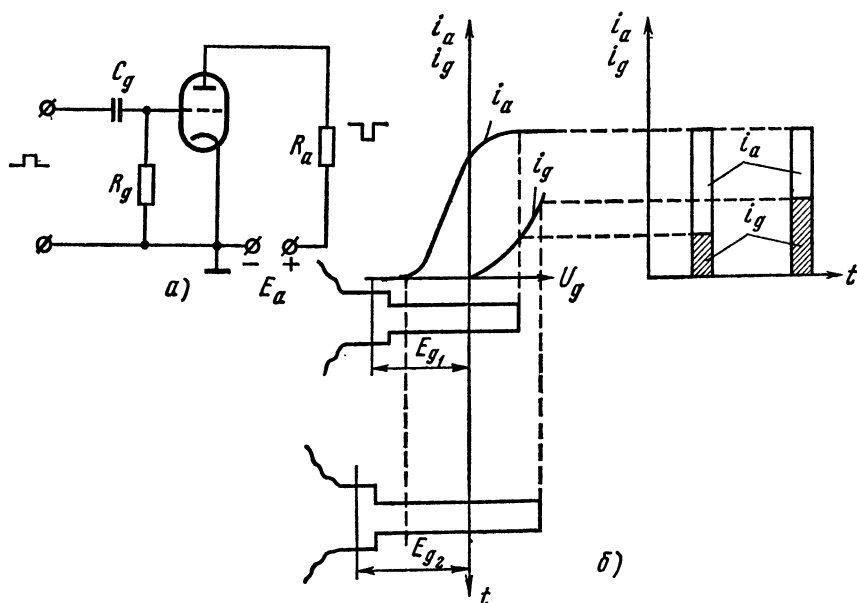


Рис. 73. Триодный амплитудный селектор с автоматическим смещением:
 а — схема селектора, б — графики, поясняющие его работу

как они могут быть использованы для управления генераторами разверток, их необходимо отделить от полного телевизионного сигнала и от гасящих импульсов, а затем разделить на импульсы кадровой и строчной синхронизации. Отделение синхронизирующих импульсов от полного телевизионного сигнала осуществляется в амплитудном селекторе.

Наибольшее применение в телевизорах находят триодные и пентодные селекторы с автоматическим смещением. На анод лампы триода

селектора (рис. 73, а) подается пониженное напряжение порядка 30—40 в. Поэтому лампа закрывается при малом отрицательном напряжении на управляющей сетке, а насыщение наступает при малых положительных сеточных напряжениях.

В цепь управляющей сетки включена ячейка $R_g C_g$. Резистор R_g выбирается довольно большим (до 1—2 Мом). Когда на вход селектора поступит сигнал изображения положительной полярности, появится сеточный ток, который зарядит конденсатор C_d и создаст падение напряжения на резисторе R_g . Так как значение резистора R_g велико, то даже малый сеточный ток вызовет на нем большое падение напряжения. Это напряжение имеет отрицательное значение на управляющей сетке лампы как отрицательное смещение, и лампа закрывается.

В промежутке между двумя синхронизирующими импульсами C_g медленно разряжается через R_g , и очередной синхронизирующий импульс открывает лампу. Сеточный ток подзаряжает конденсатор C_g , и по окончании импульса лампа снова закрывается.

Если увеличить размах сигнала изображения, то возрастет сеточный ток и увеличится отрицательное смещение E_g , создаваемое им на R_g ; рабочая точка сдвинется влево. При уменьшении размаха сигнала изображения происходит обратное явление. Смещение автоматически поддерживается таким, что лампа открывается только синхронизирующим импульсом (рис. 73, б).

Вследствие работы на верхнем изгибе анодно-сеточной характеристики лампы величина импульсов анодного тока остается примерно одинаковыми.

Триоды обладают значительной емкостью между сеткой и анодом, и через эту емкость сигнал изображения может пройти на выход селектора. Такое явление нежелательно. Его можно устранить, заменив триод пентодом. У пентода емкость между управляющей сеткой и анодом незначительна, и прохождение сигнала изображения в значительной мере снижается.

§ 52. РАЗДЕЛЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ КАДРОВОЙ И СТРОЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

После выделения кадровых и строчных синхронизирующих импульсов из состава полного телевизионного сигнала их нужно отделить друг от друга и направить каждый в свой канал. Для разделения синхроимпульсов (рис. 74) используют их значительное различие в длительности.

Чтобы отделить строчные синхронизирующие импульсы, применяют дифференцирующие цепи RC , постоянная времени которых τ_d приблизительно составляет 20% длительности строчного синхронизирующего импульса.

Кадровые синхронизирующие импульсы отделяют с помощью интегрирующих цепей RC , постоянная времени которых τ_n составляет 30—50% длительности кадрового синхронизирующего импульса.

При подаче прямоугольного импульса на вход дифференцирующей цепи (рис. 74, а) на резисторе R_1 выделяются два выброса противоположной полярности. Первый выброс создается током заряда кон-

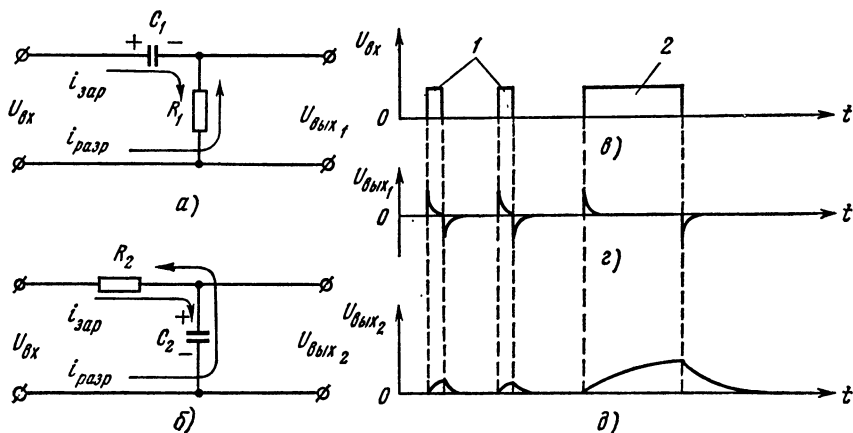


Рис. 74. Разделение синхронизирующих импульсов:

а — дифференцирующая цепь, б — интегрирующая цепь, в — строчные (1) и кадровые (2) синхримпульсы, г — напряжение на выходе дифференцирующей цепи, д — напряжение на выходе интегрирующей цепи

денсатора C_1 в момент прихода импульса, второй — током разряда по прекращении импульса. Пиковые значения выброса почти равны амплитудному значению входного импульса.

Когда прямоугольный импульс поступает на вход интегрирующей цепи (рис. 74, б), конденсатор C_2 заряжается через резистор R_2 , а затем разряжается после окончания импульса. На конденсаторе C_2 образуется импульс положительной полярности. Кратковременные строчные синхронизирующие импульсы не успевают сколько-нибудь значительно зарядить конденсатор и через интегрирующую цепь почти не проходят. Длительность кадровых синхронизирующих импульсов гораздо больше, они успевают полностью зарядить конденсатор C_2 и на выходе цепи имеют значительную амплитуду.

Значительно лучшее отделение кадровых импульсов обеспечивают многозвенные интегрирующие цепи. Такие цепи позволяют также

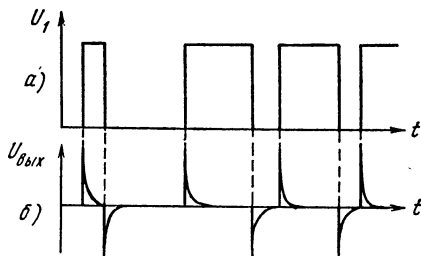


Рис. 75. Дифференцирование кадрового синхронизирующего импульса:

а — часть кадрового синхронизирующего импульса, б — напряжение на выходе фильтра

лучше отсеять кратковременные импульсные помехи, которые могут нарушить синхронизацию.

Уравнивающие импульсы и «врезки» между частями кадрового синхронизирующего импульса обеспечивают синхронизацию строчной развертки во время обратного хода по кадру.

Каждый уравнивающий импульс и каждая часть кадрового синхронизирующего импульса создают на выходе дифференцирующей цепи два выброса напряжения — положительный от переднего фронта и отрицательный от заднего (рис. 75). Выделенные положительные выбросы обеспечивают синхронизацию генератора строчной развертки телевизора.

§ 53. ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЦЕПЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ СИНХРОИМПУЛЬСОВ

Приведенную схему амплитудного селектора и цепей разделения синхроимпульсов (рис. 76) можно считать типичной.

Синхронизирующие импульсы снимаются с резистора нагрузки R_n , включенного в цепь анода лампы селектора.

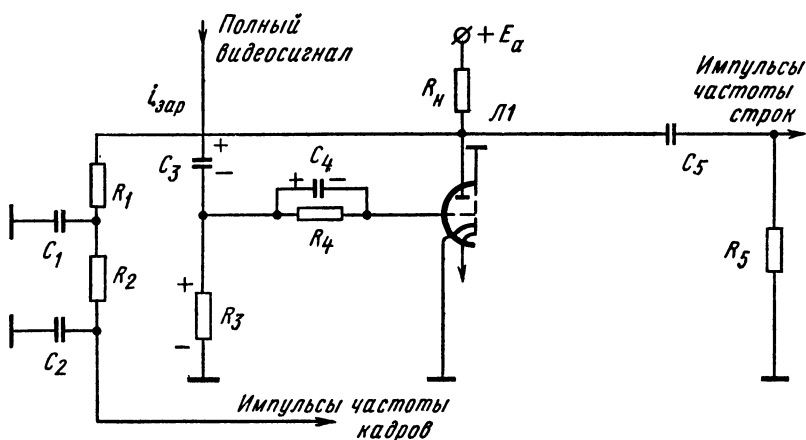


Рис. 76. Схема селекторного каскада

В селекторе работает триод (лампа $Л_1$). Для уменьшения влияния кратковременных импульсных помех, амплитуда которых больше амплитуды синхронизирующих импульсов, в цепь управляющей сетки включена ячейка R_4C_4 с малой постоянной времени. Импульсные помехи дополнительно заряжают конденсатор C_3 в цепи автоматического сеточного смещения, и ток его заряда создает падение напряжения на резисторе R_3 . В первый момент после прихода помехи лампа открыта, и через цепь сетка-катод конденсатор C_4 быстро заряжается до пикового значения напряжения на R_3 , в результате чего лампа сразу запирается, так как резко увеличивается отрицательное смеще-

ние на ее сетке; как только действие помехи прекратится, конденсатор C_4 также очень быстро разрядится через резистор R_4 и лампа откроется.

Применение дополнительной помехозащитной ячейки с очень малой постоянной времени позволяет уменьшить влияние импульсных помех, которые могут прийти вместе с телевизионным сигналом в промежутке между управляющими импульсами, и делает синхронизацию приемника более устойчивой.

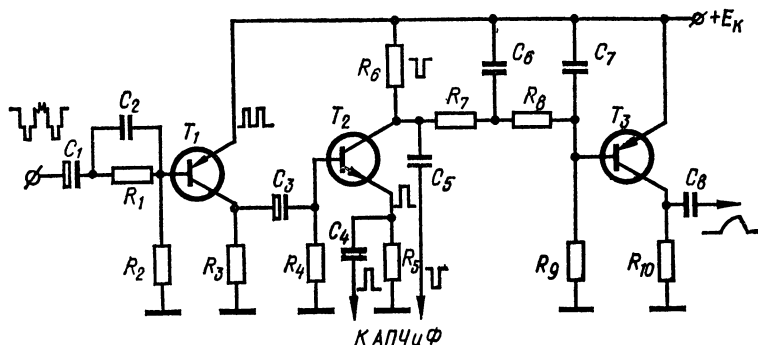


Рис. 77. Трехкаскадная транзисторная схема селектора

Импульсы строчной синхронизации в этой схеме выделяются при помощи дифференцирующей цепи C_5R_5 , а импульсы кадровой синхронизации — при помощи двухзвенной интегрирующей цепи R_1C_1 и R_2C_2 .

В транзисторных телевизорах для обеспечения высокого качества селекции синхроимпульсов и улучшения помехоустойчивости синхронизации применяются двух- или трехкаскадные схемы селектора. В состав такого селектора (рис. 77) входят: амплитудный селектор на транзисторе T_1 , парафазный усилитель для схемы АПЧ и Ф строчной развертки (транзистор T_2) и каскад усиления кадровых синхроимпульсов на транзисторе T_3 .

§ 54. СХЕМА ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ

Работой генераторов разверток управляют синхронизирующие импульсы. Значит, если какая-либо внешняя помеха оказывает влияние на работу каскада синхронизации, то она воздействует и на генераторы разверток, в результате чего появляется неустойчивость изображения.

Действие кратковременных внешних помех в большой мере сказывается на строчной развертке, так как интегрирующая цепь не про-

пускает кратковременных импульсов в блок кадровой развертки.

Для защиты блока строчной развертки от воздействия случайных кратковременных импульсных помех в современных телевизорах применяют помехоустойчивую инерционную схему синхронизации с автоматической подстройкой частоты и фазы задающего генератора. Генератор должен работать с частотой и фазой, точно равными частоте и фазе синхроимпульсов.

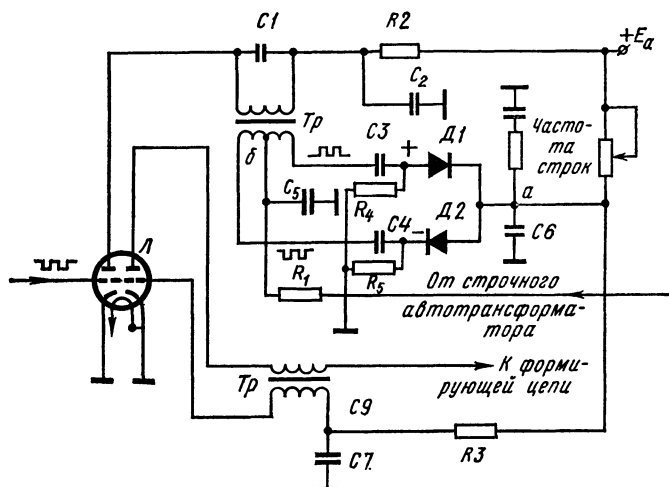


Рис. 78. Схема инерционной синхронизации

Схема инерционной синхронизации служит для сравнения частоты и фазы колебаний строчной развертки с частотой и фазой строчных синхроимпульсов. В случае расхождения этих частот или фаз соответствующая схема автоподстройки, воздействуя на задающий генератор строчной развертки, изменяет его частоту до нужного совпадения. Другая особенность такой схемы синхронизации заключается в ее инерционности. Сравнения в схеме автоподстройки происходят за относительно большой промежуток времени, который определяется постоянной времени системы. Поэтому искажение или пропадание отдельных синхроимпульсов, обусловленное воздействием помех, не играет большой роли.

Рассмотрим работу такой схемы (рис. 78).

На управляющую сетку триода от селектора поступают строчные синхронизирующие импульсы. Эта часть лампы усиливает поданный сигнал и ограничивает его амплитуду, а затем через первичную обмотку трансформатора T_p подает сигнал в схему фазового детектора.

С вторичной обмотки трансформатора T_p к диодам D_1 и D_2 прикладываются синхронизирующие импульсы противоположной

полярности: к D_1 — положительные, к D_2 — отрицательные (рис. 79).

На среднюю точку вторичной обмотки T_p подаются пилообразные импульсы, прошедшие интегрирующую цепь R_1C_5 с обмотки строчного трансформатора. Как видно на рис. 79, а, в момент прихода синхрои́мпульсов на диодах имеется напряжение, определяемое серединой обратного хода пилы. Следовательно, при равенстве частот синхрои́мпульсов и строчной к диодам D_1 и D_2 приложены только напряжения синхрои́мпульсов, одинаковые по величине и противоположные по знаку. Оба диода открываются, и токи заряда, протекающие в противоположном направлении через конденсатор C_6 , компенсируют друг друга, и напряжение на конденсаторе C_6 равно нулю.

В этом случае управляющее напряжение не вырабатывается. При таком соотношении, когда частота строчной развертки выше частоты синхрои́мпульсов, на обоих концах вторичной обмотки трансформатора T_p имеется пилообразное напряжение отрицательной полярности (рис. 79, б). В результате суммирования напряжений (на верхнем конце вторичной обмотки синхрои́мпульсы положительной полярности, на нижнем — отрицательные) к диоду D_1 прикладывается меньшее напряжение, чем к диоду D_2 , и на конденсаторе C_6 появится управляющее напряжение отрицательной полярности. Отрицательное напряжение, поступая на сетку лампы блокинг-генератора, уменьшает его частоту.

Рассмотрим случай, когда частота строчной развертки ниже частоты синхрои́мпульсов. В момент прихода синхрои́мпульсов на обоих концах вторичной обмотки имеется пилообразное напряжение положительной полярности, которое складывается с положительным синхрои́мпульсом в верхней части и вычитается из отрицательного синхрои́мпульса в нижней. Теперь к диоду D_1 прикладывается большее напряжение, чем к диоду D_2 . Результирующее напряжение на конденсаторе C_6 будет иметь положительную полярность, и частота блокинг-генератора возрастет.

Рассмотренная схема инерционной синхронизации не является единственной.

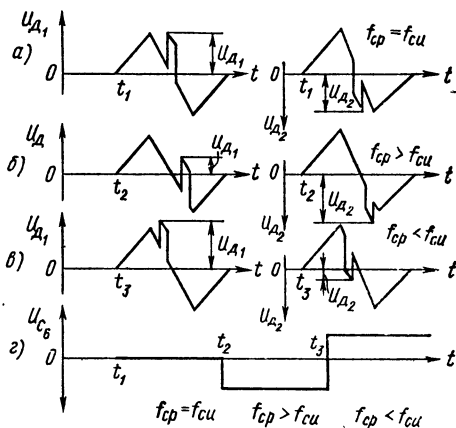


Рис. 79. Графики, поясняющие работу схемы инерционной синхронизации:

а — напряжение на диодах D_1 и D_2 при равенстве частоты строчной развертки частоте синхрои́мпульсов, б — напряжение на диодах D_1 и D_2 , когда частота строчной развертки выше частоты синхрои́мпульсов, в — напряжение на диодах D_1 и D_2 , когда частота строчной развертки ниже частоты синхрои́мпульсов, г — напряжение на конденсаторе C_6 при различных соотношениях частот

§ 55. СХЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ТИПОВОГО ТЕЛЕВИЗОРА

В типовых телевизорах применена инерционная схема синхронизации с автоматической подстройкой частоты и фазы задающего генератора строчной развертки (рис. 80).

Видеосигнал положительной полярности поступает с видеоусилителя на пентодный амплитудный селектор (левая половина лампы L_1). Выделенные кадровые и строчные синхронизирующие импульсы затем усиливаются триодным фазоинвертором (правая половина L_1 — 6Ф1П) и поступают на вход интегрирующей цепи блока кадровой развертки. Вместе с тем, с нагрузочных резисторов в катode R_k и аноде R_a

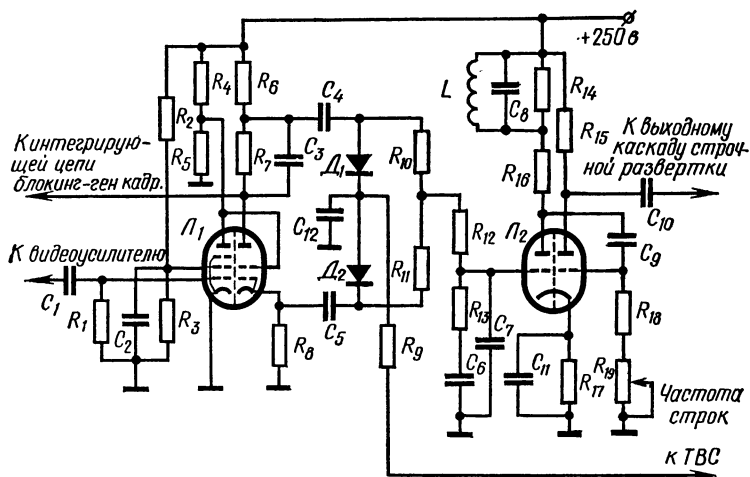


Рис. 80. Типовая схема синхронизации

снимаются на схему фазового дискриминатора синхриимпульсы соответственно отрицательной и положительной полярности.

Фазовый дискриминатор образован элементами R_{10} , R_{11} , C_4 , C_5 , D_1 , D_2 . В точку соединения диодов через интегрирующую цепь R_9 , C_{12} поступают положительные импульсы обратного хода строчной развертки пилообразной формы.

При совпадении частоты и фазы строчных синхроимпульсов и импульсов обратного хода строчной развертки конденсаторы C_4 и C_5 заряжаются одинаково до величины размаха синхроимпульсов.

Конденсаторы C_4 , C_5 заряжаются по цепи: + источника E_a , R_6 , D_1 , D_2 , R_8 . Напряжение на аноде D_1 отрицательное относительно шасси, а на катоде D_2 — положительное. Во время прямого хода развратки конденсатор C_4 разряжается через резистор R_5 , анодный источник питания, R_8 , R_{10} , R_{11} , C_5 .

Конденсатор C_5 разряжается по той же цепи обратным током. Одинаковые по величине, но противоположно направленные токи

разряда конденсаторов образуют нулевой потенциал в точке соединения резисторов R_{10} , R_{11} .

При возрастании или уменьшении частоты задающего генератора суммарные напряжения между анодом и катодом диодов D_1 , D_2 становятся различными. В результате конденсаторы C_4 и C_5 зарядятся до разной величины, что вызовет различный ток их разряда. Таким образом, при уменьшении частоты задающего генератора напряжение на выходе фазового детектора будет отрицательным, а при увеличении — положительным.

Управляющее напряжение с выхода фазового детектора подается на интегрирующую цепь, которая сглаживает возможные пульсации, а затем на управляющую сетку задающего генератора на лампе L_2 (6Н1П).

Задающий генератор на лампе L_2 является мультивибратором с катодной связью и стабилизирующим контуром в левом плече. Управляющее напряжение, изменяя потенциал сетки мультивибратора, регулирует его частоту.

Частотно-задающей цепью мультивибратора служат конденсатор C_9 , резисторы R_{18} , R_{19} . Переменным резистором R_{19} (частота строк) можно в некоторых пределах изменять собственную частоту мультивибратора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните работу амплитудного селектора.
2. Каково назначение уравнивающих импульсов при чересстрочной развертке?
3. Как воздействуют кратковременные импульсные помехи на работу генератора строчной развертки? Почему их действие меньше сказывается на работе генератора кадровой развертки?
4. Какая особенность инерционной схемы синхронизации?
5. Поясните работу схемы АПЧ и Φ строчной развертки.

Глава XI

ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

§ 56. ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ АНТЕНН И ИХ ОСОБЕННОСТИ

В зависимости от расстояния между телевизионным приемником и передающей антенной телецентра применяют различные типы приемных антенн.

Параметрами телевизионных антенн являются входное сопротивление, действующая высота, коэффициент полезного действия, коэффициент направленного действия и коэффициент усиления.

Входным сопротивлением антенны называется ее сопротивление переменному току между точками присоединения.

Входное сопротивление может иметь активную и реактивную составляющие. Реактивная составляющая в зависимости от соотношения между длиной антенны и длиной волны принимаемых колебаний может быть индуктивной или емкостной. Если антенна настроена в резонанс с частотой принимаемого сигнала, реактивная составляющая ее входного сопротивления равна нулю. Настроенный линейный полуволновый вибратор имеет чисто активное входное сопротивление, равное 73,1 ом. При расчетах для упрощения это сопротивление принимают равным 75 ом.

Действующей высотой антенны h_d называется отношение наибольшей наведенной в антенне э. д. с. $E_{A \text{ макс}}$ к напряженности электрического поля E , создаваемой передатчиком в месте приема:

$$h_d = \frac{E_{A \text{ макс}}}{E} \frac{v}{v/m}; \quad |h_d| = m; \quad E_{A \text{ макс}} = h_d E.$$

Чем больше действующая высота антенны, тем большая э. д. с. может быть наведена в ней одним и тем же электромагнитным полем.

Действующая высота антенны зависит от ее конструкции и геометрических размеров и всегда меньше ее действительной высоты.

Коэффициент полезного действия антенны η есть отношение мощности, отдаваемой антенной в нагрузку, к мощности наведенных в антенне колебаний.

Коэффициентом направленного действия антенны называется отношение мощности на входе приемника при приеме на данную направленную антенну к мощности, которую можно получить при приеме на ненаправленную антенну.

Фактический выигрыш в мощности, получаемый при использовании антенны направленного действия, зависит не только от коэффициен-

та направленного действия, но и от того, какая часть всей подводимой к антенне мощности поступает на вход приемника, т. е. от коэффициента полезного действия антенны. Произведение коэффициента направленного действия на коэффициент полезного действия антенны называется коэффициентом усиления антенны по мощности.

Электромагнитная энергия передается из антенны на вход приемника при помощи фидерной линии — снижения.

Основными характеристиками фидера являются волновое сопротивление ρ и затухание β .

Волновым сопротивлением фидера ρ называется отношение напряжения к току в бегущей электромагнитной волне, которая распространяется вдоль фидера. Величина ρ может быть определена по формуле

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

где L и C — соответственно индуктивность и емкость всего фидера или единицы его длины.

Затухание линии β характеризует уменьшение амплитуды распространяющейся в фидере волны вследствие потерь энергии в нем. Затухание тем больше, чем больше активное сопротивление фидера и чем меньше сопротивление утечки изоляции фидера. Величина его зависит также от диэлектрических потерь в изоляции и потерь на излучение электромагнитной энергии. Чем лучше диэлектрик и чем меньше электромагнитной энергии излучает фидер, тем меньше затухание.

Если большая часть энергии теряется на активное сопротивление фидера, а остальные потери энергии малы по сравнению с потерями на активном сопротивлении, то затухание

$$\beta = \frac{R}{2l},$$

где R — активное сопротивление на единицу длины фидера,
 l — длина фидера.

Чем больше затухание β , тем меньшая часть мощности, подведенной к началу фидера, будет передана в нагрузочное сопротивление на его конце.

Для антенных снижений используют коаксиальные кабели. Коаксиальные кабели обладают рядом преимуществ перед другими видами фидеров. Внешняя оплетка, экранирующая внутренний провод, повышает помехоустойчивость, исключает излучение самого снижения и уменьшает потери мощности при передаче ее от антенны к приемнику.

Лучшими снижениями являются фидеры из коаксиальных кабелей РК-75. Их волновое сопротивление составляет 75 ом. Эти кабели используют для снижений к телевизионным приемникам с входным сопротивлением 75 ом.

Чтобы электромагнитная энергия из фидера полностью поступала на вход приемника, входное сопротивление приемника должно быть равно волновому сопротивлению фидера. В противном случае часть

энергии отразится от входа приемника к антенне, затем от антенны снова к входу приемника, и вследствие запаздывания отраженных электромагнитных волн изображение на экране получится многоконтурным.

§ 57. ПРОСТЫЕ АНТЕННЫ С МАЛОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ, АНТЕННА ТИПА «ВОЛНОВОЙ КАНАЛ»

Наиболее распространенными наружными однопрограммными антеннами с малой направленностью являются полуволновый линейный и полуволновый петлевой вибраторы. Такие антенны могут обеспечить надежный прием телевизионных передач на расстоянии 20—30 км от телецентра.

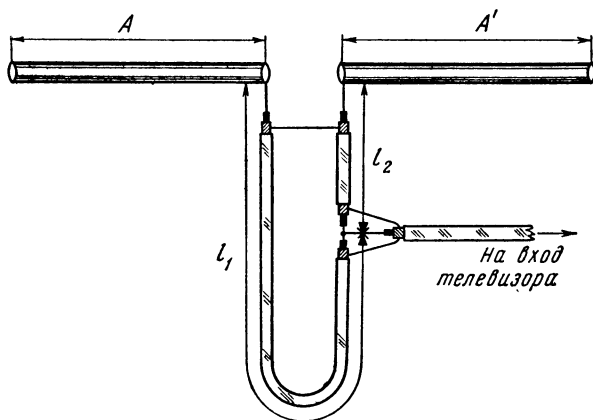


Рис. 81. Линейный вибратор с согласующим устройством

Полуволновый линейный вибратор может быть изготовлен как из латунных, дюралюминиевых, стальных трубок, так и из металлических полосок и уголков. В процессе изготовления антенн учитывают и диаметр трубки, поскольку при высоких частотах на сопротивлении материала антенны сказывается поверхностный эффект. Поверхностный эффект заключается в вытеснении наведенного электрического тока антенны к наружной поверхности проводника. Поэтому с увеличением диаметра трубки вибратора антенны его сопротивление току высокой частоты уменьшается и, следовательно, увеличивается к. п. д. антенны.

Диаметр трубки антенны должен быть не менее 8 мм. Если вибратор выполняют из полосок, то их ширина должна быть не меньше 16 мм. Ширина полки уголка должна составлять не меньше 8 мм.

При изготовлении полуволнового линейного вибратора расстояние между торцами трубок выбирают в пределах 50—80 мм, а его соединение с фидером должно быть согласовано.

Хотя линейный симметричный вибратор имеет волновое сопротивление 75 ом, при подключении к нему коаксиального (несимметричного) кабеля необходимо применить симметрирующее устройство.

В качестве согласующего (симметрирующего) устройства используют U-образное колено, изготовляемое из того же кабеля, который применен для фидера.

Длина U-образного колена (рис. 81) выбирается равной средней длине волны канала, на которой рассчитана антенна. Практически это колено выполняют из двух отрезков. Отрезок $l_1 = \frac{3}{4} \lambda$, а отрезок $l_2 = \frac{1}{4} \lambda$. Чтобы не производить сложных расчетов при изготовлении линейных вибраторов, можно использовать табл. 5.

Таблица 5

Размеры элементов линейного вибратора

Обозначение элементов вибратора, мм (по рис. 81)	Размеры элементов, мм, в каналах											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	1380	1170	910	825	745	395	378	363	345	335	323	310
A'	1380	1170	910	825	745	395	378	363	345	335	323	310
l_1	2850	2400	1860	1680	1545	840	840	750	750	690	690	690
l_2	950	800	620	560	515	280	280	250	250	230	230	230

Последующим усовершенствованием симметричного полуволнового вибратора является полуволновый петлевой вибратор (рис. 82). Это устройство обладает более широкой полосой пропускания.

Петлевой вибратор изготовляют из трубок диаметром 8—20 мм. Его общая длина l_2 определяется расчетным путем, но менее точно,

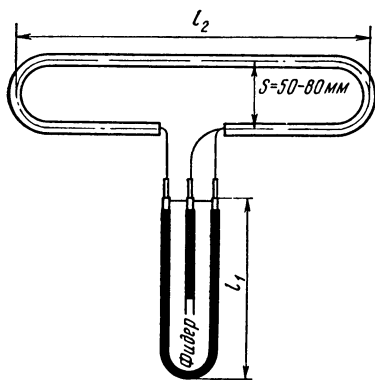


Рис. 82. Петлевой вибратор

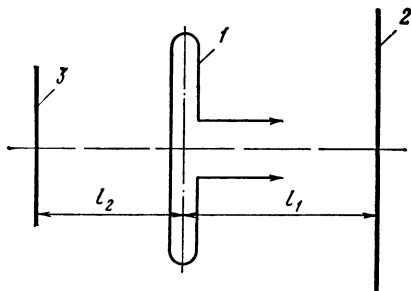


Рис. 83. Трехэлементная антенна:
1 — активный вибратор, 2 — рефлектор, 3 — директор

чем длина линейного вибратора. Расстояние S между осями трубок подбирают от 50 до 80 мм.

Для согласования самого вибратора, имеющего волновое сопротивление 300 ом, с фидером из 75-омного кабеля используют U-образное колено. Его рекомендуется делать из коаксиального кабеля РК-75, который обеспечивает наилучшее согласование вибратора с фидером. Величины l_1 и l_2 для всех 12 каналов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Размеры элементов петлевого вибратора

Обозначение элементов вибратора, мм (по рис. 82)	Размеры элементов, мм, в каналах											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
l_1	1900	1600	1240	1120	1030	650	650	500	500	460	460	460
l_2	2760	2340	1790	1620	1510	780	780	710	710	650	650	650

На расстоянии 40—50 км от телецентра или при меньших расстояниях, но при неудовлетворительных условиях приема телевизионных сигналов применяют более сложные антенны, имеющие лучшую направленность. Это повышает напряжение сигнала, подводимого с антенны к входу телевизора. Направленные антенны обладают односторонней характеристикой направленности. Односторонняя характеристика направленности позволяет устранить влияние помех или отраженного телевизионного сигнала.

Простейшей направленной антенной является обычный полуволновой вибратор, снабженный отражателем — рефлектором (рис. 83). Рефлектор находится позади активного вибратора на расстоянии l_1 , примерно равном 20% средней длины принимаемой волны. Он выполняется из того же материала, что и вибратор, но его длина приблизительно на 5% больше половины длины принимаемой волны. В антенне с рефлектором можно получить напряжение примерно в 1,7 раза больше, чем в обыкновенном полуволновом вибраторе.

Может оказаться, что чувствительность антенны с рефлектором на данном расстоянии от телецентра будет недостаточной. В этом случае к двухэлементной антенне добавляют еще один вибратор — директор. Директор представляет собой отрезок трубки или полоски длиной на 4—5% меньше половины длины принимаемой волны. Размещают этот вибратор перед основным, со стороны телецентра на расстоянии l_2 , примерно вдвое меньшем, чем расстояние l_1 . Директор и рефлектор не соединяются с активным вибратором, поэтому они получили название пассивных вибраторов.

Чувствительность антенны можно повысить еще больше, применив дополнительно один-два директора. Расстояния между ними на стреле должны быть равны l_2 . Однако с увеличением количества директоров резко сужается лепесток направленности и полоса пропускания. Чаще всего применяют антенны трех- и пятиэлементные.

При работе многоэлементной антенны сигналы передатчика наводят э. д. с. в активном вибраторе, директорах и рефлекторе. В директорах и рефлекторе возникают и образуются собственные электромагнитные поля, которые могут складываться или вычитаться. Расстояния между элементами антенны и длины элементов выбирают так, чтобы электромагнитные поля рефлектора и директоров в направлении на телецентр складывались, а в противоположном направлении вычитались. Усиление по направлению у многоэлементных антенн по сравнению с полуволновым вибратором примерно составит: 1,4 — для двухэлементной антенны; 1,8 — для трехэлементной; 2,7—2,8 — для пятиэлементной. Эти антенны получили название «волновой канал».

Для приема телевизионных передач может быть применен еще ряд типов антенн, но их рассмотрение выходит за рамки элементарного курса.

§ 58. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Большое количество телевизионных антенн портит внешний вид зданий, поэтому на больших домах устанавливают обычно антенны коллективного пользования (ТАКП), каждая из которых обслуживает 30—40 телевизоров, а в случае применения специального антенного усилителя число обслуживаемых телевизоров может быть увеличено до 100. Антенна коллективного пользования содержит собственно телевизионную приемную антенну 1 (обычно типа «волновой канал»), основной (магистральный) фидер 2, распределительные коробки 3 и абонентские отводы 4 (рис. 84).

Если телевизионное вещание в городе ведется по нескольким каналам, используют специальные многопрограммные антенны. Так, для приема передач Технического Телевизионного Центра применяют двухпрограммную антенну АНТ-2. Она содержит два петлевых вибратора, рефлектор и директор. Один из вибраторов настроен на первый, другой — на третий телевизионные каналы. Вибраторы соединяют с кабелем снижения через специальный разделительный фильтр, изготовленный из коаксиального кабеля. Внешний вид и схема антенны приведена на рис. 85. В точках 1 центральную жилу коаксиального кабеля припаивают к антенне. Телевизионный сигнал от антенны поступает к телевизорам через распределительные коробки. Для приема передач на восьмом и одиннадцатом телевизионных каналах используется отдельная антенна «волновой канал», согласованная с двухпрограммной антенной АНТ-2 четвертьволновыми отрезками коаксиального кабеля.

Антенное снижение и магистральный фидер выполняют кабелем РК-3, для абонентских отводов используют кабель РК-75.

При больших расстояниях от телецентра между антенной и распределительными коробками включают специальный широкополосный антенный усилитель. Промышленность выпускает сейчас усилители трех типов. Усилители УТА-1 и УТА-2 рассчитаны на работу в первых пяти телевизионных каналах. Усилитель УТА-3 может работать на всех двенадцати каналах.

В связи с бурным развитием телевизионного вещания в нашей стране 12-ти каналов в диапазоне 48—230 $Mгц$, отведенных для этой цели, оказалось недостаточно, и телецентры стали создавать сильные взаимные помехи. Поэтому для телевизионного вещания выделен новый диапазон 470—622 $Mгц$ (21—39 каналы), который успешно осваивается.

Прием передач на дециметровых волнах возможен с помощью вновь разработанных телевизионных антенн и дополнительных преобразователей частоты — конверторов.

Новые телевизионные антенны типа «волновой канал» с элементами из полосок металла разработаны для использования в качестве индивидуальных или коллективных антенн (рис. 86). Эти антенны

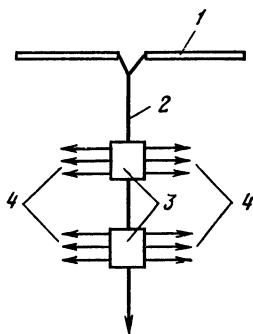


Рис. 84. Скелетная схема коллективной антенны

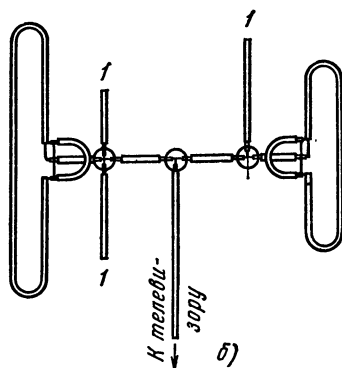
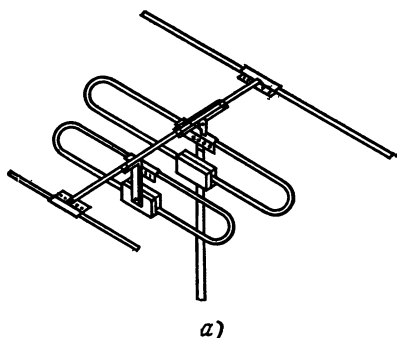


Рис. 85. Двухпрограммная антенна:
а — внешний вид, б — схема

в зависимости от назначения могут состоять из одного или нескольких секций (полотен). Они обозначаются: антенна с одной секцией — АТКВД-15/21-39 (антенна телевизионная «волновой канал», дециметрового диапазона, 15-элементная на каналы 21—39), с двумя секциями — 2АТКВД-15/21-39, с четырьмя — 4АТКВД.

Антенны АТКВД применяют при нормальных условиях приема, а 2АТКВД и 4АТКВД — в сложных условиях приема.

В состав антенны помимо активного петлевого вибратора входят три рефлектора (длина каждого из них 320 мм) и одиннадцать директоров. Все элементы антенны изготовлены из листового дюралюминия и отличаются простотой изготовления.

Коаксиальный кабель снижения антенны с волновым сопротивлением 75 ом подключают к петлевому вибратору через согласующее

и симметрирующее устройство на ферритовых сердечниках или на отрезках спиральной линии — эквивалента кабельной петли.

Согласование между секциями для формирования необходимой ширины диаграммы направленности многосекционной антенны производится блоком ответвителей, выполненным в виде отрезков связанных полосковых линий.

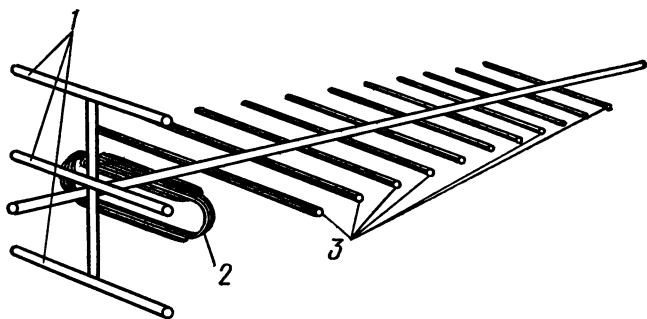


Рис. 86. Общий вид телевизионной антенны дециметровых волн:

1 — рефлекторы, 2 — вибратор, 3 — директоры

Геометрическая длина полосок в линиях составляет около 80 мм. Антенна дециметровых волн обычно размещается на одной опоре с антенной метровых волн на расстоянии от последней не менее 1 м для исключения взаимного влияния на диаграммы направленности. Длина элементов антенны приведена ниже.

Номер директора	Длина директора (считая от вибрато- ра), мм	Номер директора	Длина директора (считая от вибрато- ра), мм
1	221	7	200
2	218	8	196
3	214	9	192
4	211	10	188
5	207	11	185
6	203		

§ 59. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

В настоящее время телевизионные центры СССР ведут свои передачи на 31 канале (с учетом диапазона ДЦВ). Передающая антенна телецентра создает в точке приема электромагнитное поле, напряженность которого обратно пропорциональна расстоянию между приемником и передатчиком. Чем меньше это расстояние, тем большей силы сигнал поступит на вход приемника, тем лучше и устойчивее будет работать приемник. Однако нужно иметь в виду, что на одном и том же расстоянии от телецентра напряженность поля может быть различной. Это объясняется влиянием рельефа местности.

В городах, например, высокие здания поглощают и отражают электромагнитную энергию. Вследствие отражения радиоволн на приемную антенну могут действовать два сигнала: прямой сигнал телецентра, наиболее сильный, и второй, отраженный от какого-либо строения. Отраженный сигнал обычно проходит расстояние, значительно большее, чем прямой, позже воздействует на антенну, которая, в свою очередь, позднее передает этот сигнал приемному устройству. На экране телевизора возникает повторное изображение справа от основного. Этот дефект может быть устранен правильной установкой антенны.

В близлежащих от телецентра пунктах владельцы телевизоров часто используют комнатные антенны. В помещениях отражение и поглощение ультракоротких волн выражены значительно ярче. В разных точках одной и той же комнаты напряженность электромагнитного поля может быть различной. Вот почему при установке антенны в комнате место для нее и ее ориентировку нужно подбирать опытным путем, добиваясь четкого звучания и нормальной контрастности.

В настоящее время в населенных пунктах, расположенных в ближней зоне приема телевизионных сигналов, находят все большее применение кабельные абонентские системы, позволяющие непосредственно подавать на телевизионные приемники сигналы по кабелю. Кабельная абонентская система, устанавливаемая сейчас в Москве, позволит обеспечить высококачественный прием телевизионных программ.

Уверенный прием телевизионных передач дальней зоны можно осуществлять при помощи комнатной антенны на расстоянии до 30 км от телецентра приемниками, имеющими чувствительность не ниже 50 мкв.

На больших расстояниях и при неблагоприятных условиях приема следует применять наружные антенны, и чем больше расстояние, тем сложнее должна быть антенна.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните причины получения многоконтурного изображения на экране телевизора.

2. На экране кинескопа наблюдаются два изображения передаваемой сцены, сдвинутые относительно друг друга на $1/20$ длины строки. Рассчитайте, на какое время запаздывает сигнал, создающий второе изображение. Какое дополнительное расстояние он проходит по сравнению с основным сигналом?

Глава XII

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

§ 60. ВХОДНЫЕ ЦЕПИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Высокочастотный блок супергетеродинного телевизионного приемника состоит из входной цепи, усилителя высокой частоты (УВЧ), гетеродина и смесителя. Конструктивно в приемнике они объединяются в переключатель телевизионных каналов (ПТК).

Чтобы передать в приемник наведенную в антенне э. д. с., необходимо иметь не только фидер, но и специальное устройство в самом приемном аппарате — входную цепь. Входная цепь служит для связи управляющей сетки первой усилительной лампы высокой частоты с антенной. Эта цепь конструктивно находится на входе приемника между зажимами «Фидер — управляющая сетка первой лампы». Назначение входной цепи — полностью передать в приемное устройство полезный сигнал и ослабить действие помех, возникающих в приемной антенне.

Схемы входных цепей в различных телевизорах различны. В более современных конструкциях входная цепь представляет собой контур, состоящий из катушек, ее межвитковой емкости и емкости монтажа. Специальные конденсаторы, если и применяются, берутся минимальной емкости.

Простейшим входным устройством является одиночный колебательный контур, настроенный на несущую частоту передатчика телецентра. Благодаря резонансным свойствам этого колебательного контура напряжение полезного сигнала на его выходе может в 3—6 раз превышать э. д. с. сигнала в антенне. Число, показывающее, чему равно это превышение, называется коэффициентом передачи напряжения входного устройства:

$$K_n = \frac{U_{вх}}{E_a},$$

где K_n — коэффициент передачи,

$U_{вх}$ — напряжение на входе приемника,

E_a — э. д. с. в антенне.

Присоединять фидер антенны непосредственно к контуру не рекомендуется, так как связь в этом случае получается очень сильной, что отрицательно сказывается на работе приемника. Поэтому антенну связывают с контуром или индуктивно, или способом автотрансформаторной связи (рис. 87), добиваясь согласования волнового сопротивления фидера с входным сопротивлением приемника.

Для расширения полосы пропускания входного контура его шунтируют резистором R .

Антенну можно соединять с входом приемника при помощи несимметричного фидера (коаксиальной линии) или симметричной двухпроводной линии. Когда применен симметричный фидер, вход приемника также должен быть симметричным. При невыполнении этого условия на вход приемника попадут сигналы, наведенные в антенне, и сигналы, наведенные в фидере. Сигналы, наведенные в фидере, проходят более короткий путь и поступают несколько раньше сигналов, наведенных в антенне. В результате вертикальные линии изображения получаются нечеткими, т. е. появляется многоконтурность.

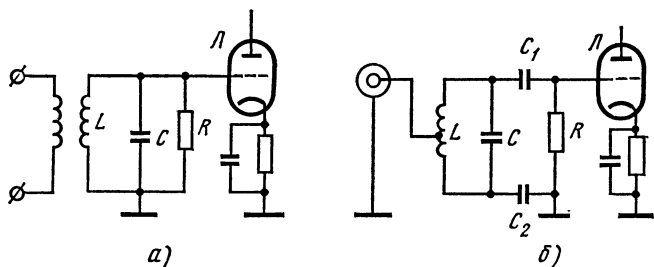


Рис. 87. Схемы входных цепей телевизионных приемников:
а — с индуктивной связью, б — с автотрансформаторной связью

При симметричном входе применяют только индуктивную связь антенны с входным контуром. Для точного симметрирования среднюю точку антенной катушки связи заземляют. Тогда сигналы, наведенные в каждом проводе фидера, будут равными по величине и противоположными по фазе и будут взаимно компенсироваться. На вход приемника поступят только сигналы, наведенные в антенне.

Входное сопротивление приемника при любой схеме входной цепи должно быть равно волновому сопротивлению фидера. Иначе часть энергии высокочастотных колебаний будет отражаться от входа приемника к антенне, а от антенны — снова к входу приемника, что может привести к нечеткости вертикальных линий и многоконтурности изображения.

§ 61. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Все электронные лампы имеют так называемые внутренние или собственные шумы, возникающие из-за дробового эффекта, т. е. неравномерности во времени излучения электронов катодом при его нагревании. Собственные шумы ограничивают возможность приема слабых сигналов: сигнал «тонет» в шуме. Поэтому в усилителях высокой частоты современных супергетеродинных телевизионных приемников используют малошумящие лампы — специально разработанные двойные триоды 6НЗП, 6Н14П и 6Н23П.

Пентоды обеспечивают больший коэффициент усиления, но имеют и большие собственные шумы, потому в первых каскадах усиления применяются редко.

Усиление высокой частоты при помощи триодного усилителя по обычной схеме с заземленным катодом на сверхвысоких частотах становится невозможным из-за сильной связи между цепями сетки и анода лампы через паразитную емкость C_{ag} . Эта связь приводит к самовозбуждению усилительного каскада.

Достаточное усиление при малом уровне шумов позволяет получить так называемую каскодную схему усилителя (рис. 88, а).

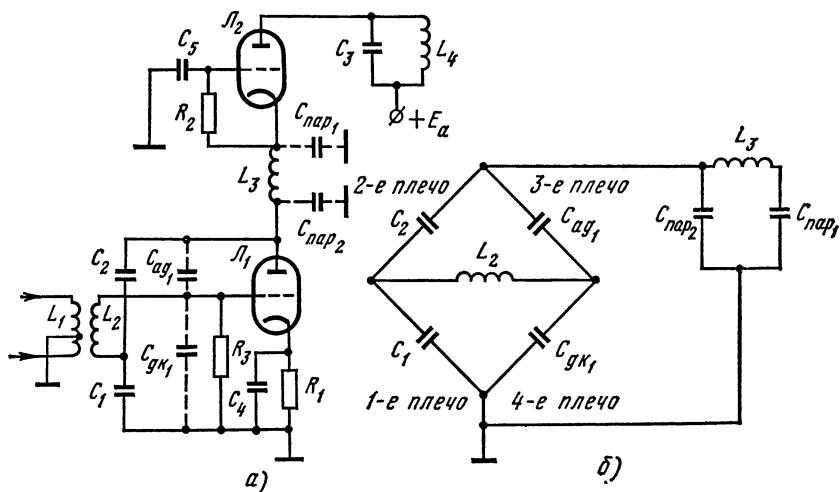


Рис. 88. Каскодный усилитель:

а — принципиальная схема, б — эквивалентная схема нейтрализации влияния емкости между управляющей сеткой и анодом

Каскодная схема представляет собой двухкаскадный усилитель на триодах, первый каскад которого собран по схеме с заземленным катодом, второй — по схеме с заземленной сеткой. Схема питания триодов последовательная, что позволяет уменьшить количество деталей и потребляемый ток. Общее усиление каскодного усилителя несколько меньше, чем усилителя на высокочастотном пентоде, но собственные шумы меньше примерно в 3—5 раз. Лампы L_1 и L_2 однотипны (обычно это две половинки двойного триода). Поэтому напряжение анодного источника распределяется между ними поровну. Нагрузкой первого каскада является дроссель L_3 , который вместе с паразитными емкостями анода лампы L_1 и катода лампы L_2 образует колебательный контур. Нагрузкой второго каскада является контур $L_4 C_3$.

Ячейка $R_1 C_4$ служит для подачи автоматического смещения на сетку лампы L_1 . Конденсатор C_5 заземляет сетку лампы L_2 по высокой частоте; R_2 и R_3 — резисторы утечки

Конденсаторы C_1 и C_2 вместе с паразитными емкостями сетка-анод и сетка-катод лампы L_1 образуют электрический мост, нейтрализующий влияние емкости C_{ag} , и предотвращающий самовозбуждение первого каскада (рис. 88, б).

В одну диагональ моста включена катушка L_2 , в другую — анодный контур лампы L_1 . Нейтрализация состоит в том, чтобы исключить влияние выхода на вход, т. е. чтобы изменения напряжения на L_2 не вызывали изменений напряжений на L_2 . Подбором емкостей C_1 и C_2 можно уравновесить мост. Тогда никакие изменения напряжения на L_2 не смогут вызвать изменения напряжения на L_2 .

Условием равновесия моста является равенство произведений сопротивлений противоположных плеч

$$X_1 X_3 = X_2 X_4; \quad \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{\omega C_{ag1}} = \frac{1}{\omega C_2} \cdot \frac{1}{\omega C_{gk1}}.$$

Отсюда получаем необходимое соотношение емкостей

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_{gk1}}{C_{ag1}}$$

В усилителях высокой частоты можно применять как одиночные контуры, так и более сложные полосовые фильтры.

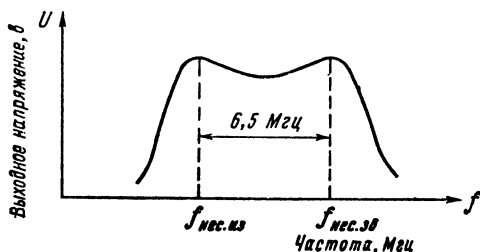


Рис. 89. Частотная характеристика усилителя высокой частоты

Колебательные системы усилителей высокой частоты телевизионных приемников настраивают так, чтобы несущие частоты звука и изображения находились на краях частотной характеристики усилителя (рис. 89). Это необходимо для того, чтобы пропускались несущие частоты звука и изображения вместе с верхней боковой полосой частот. Нижняя полоса частот изображения, как уже указывалось, в передатчике частично подавляется.

§ 62. ГЕТЕРОДИН И СМЕСИТЕЛЬ

Гетеродин и смеситель в телевизионных приемниках собирают обычно на двойном триоде или используют комбинированные лампы, например триод-пентод 6Ф1П. Многосеточные частотно-преобразовательные лампы не применяют из-за высокого уровня собственных шумов.

Гетеродин собирают обычно на триоде по схеме с емкостной обратной связью (рис. 90, а). Роль емкостного делителя напряжения играет емкость между анодом и катодом $C_{ак}$, в которую входит емкость конденсатора настройки и емкость между управляющей сеткой и катодом лампы $C_{гк}$.

Как известно из курса радиотехники, для самовозбуждения гетеродина необходимы противофазность напряжений на сетке и аноде лампы (баланс фаз) и достаточно сильная обратная связь между цепями сетки и анода (баланс амплитуд). Первое условие соблюдается

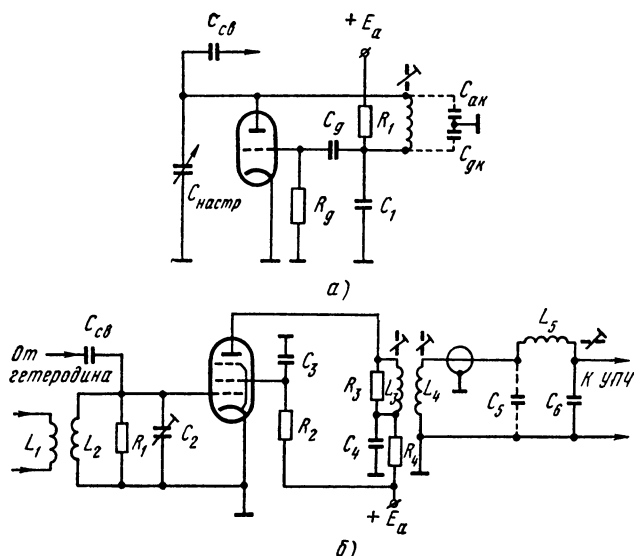


Рис. 90. Гетеродин и смеситель телевизионного приемника:
а — схема гетеродина, б — схема смесителя

подключением катода к контуру между точками подключения выводов управляющей сетки и анода. Для осуществления второго условия необходимо, чтобы переменное напряжение на сетке лампы составляло $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ переменного напряжения на аноде, поэтому емкость $C_{гк}$ должна быть в 3—4 раза больше емкости $C_{ак}$. С изменением емкости конденсатора настройки напряжение обратной связи будет изменяться, так как изменится общая емкость. Для стабилизации напряжения обратной связи в схему включают конденсатор C_1 . От этого общая емкость между сеткой и катодом увеличивается, и изменение емкости конденсатора настройки меньше сказывается на величине напряжения обратной связи. Резистор R_1 , через который подается анодное напряжение, шунтирует часть контура через внутреннее сопротивление анодного источника.

Если бы R_1 был подключен непосредственно к аноду, он зашунтировал бы весь контур, отчего снизилась бы добротность контура и стабильность частоты гетеродина.

Гетеродин телевизионного приемника должен обладать высокой стабильностью частоты. Допустим, что несущая частота телевизионного канала равна 50 Мгц , а изменение частоты гетеродина составляет $0,05\%$. Тогда абсолютное изменение частоты гетеродина и, следовательно, промежуточной частоты, составит $0,0005 \cdot 50 \cdot 10^6 = 25 \times 10^3 \text{ гц} = 25 \text{ кгц}$. Такой уход частоты не скажется на приеме сигнала изображения, полоса частот которого составляет $6,5 \text{ Мгц}$, но очень сильно отразится на сигнале звукового сопровождения, полоса частот которого значительно уже.

Большой уход частоты гетеродина, что часто имеет место, приводит к существенным искажениям принимаемого изображения.

Для повышения стабильности частоты гетеродина применяют слабую связь гетеродина с контуром и в контуре используют термокомпенсирующие конденсаторы. Слабая связь лампы с контуром обеспечивает малое влияние междуэлектродных емкостей на общую емкость контура, а термокомпенсирующие детали уменьшают зависимость частоты от температуры.

Смеситель телевизионного приемника собирают на триоде или на высокочастотном пентоде (рис. 90, б). Обычно применяют схемы с односеточным преобразователем частоты. Принцип работы смесителя такой же, как и смесителя обычного радиоприемника. Вследствие биений между частотами сигнала $f_{\text{нес.из}}$ и гетеродина $f_{\text{гет}}$ возникают колебания с промежуточными частотами изображения

$$f_{\text{пр. из}} = f_{\text{гет}} - f_{\text{нес. из}}$$

и звука

$$f_{\text{пр. зв}} = f_{\text{гет}} - f_{\text{нес. зв}}$$

Эти частоты различаются сравнительно небольшой величиной ($6,5 \text{ Мгц}$) и выделяются контуром или полосовым фильтром, которым нагружен смеситель. Колебательная система смесителя настраивается на промежуточную частоту изображения $f_{\text{гет}} - f_{\text{нес.из}}$.

Частота гетеродина берётся выше несущей частоты звука, так что промежуточная частота изображения получается выше промежуточной частоты звука. Например, при несущей изображения $51,75 \text{ Мгц}$, несущей звука $58,25 \text{ Мгц}$ и частоте гетеродина $89,75 \text{ Мгц}$

$$f_{\text{пр. из}} = f_{\text{гет}} - f_{\text{нес. из}} = 89,75 - 51,75 = 38 \text{ Мгц};$$

$$f_{\text{пр. зв}} = f_{\text{гет}} - f_{\text{нес. зв}} = 89,75 - 58,25 = 31,5 \text{ Мгц}.$$

В приведенной схеме смесителя анодный контур образуется катушкой L_3 , ее межвитковой емкостью, выходной емкостью лампы и емкостью монтажа. Настройка контура осуществляется с помощью магнитного сердечника. Резистор R_3 расширяет полосу пропускания контура, C_3 и R_2 образуют развязывающий фильтр в цепи экранирующей сетки лампы, R_4 и C_4 представляют собой анодный развязывающий

фильтр, а $C_{св}$ — конденсатор связи с гетеродином. С усилителем высокой частоты осуществляется индуктивная связь. Контур L_2C_2 настраивается на несущую частоту изображения. Резистор R_1 расширяет полосу пропускания контура.

Отличительной особенностью смесителей современных телевизионных приемников является применение полосовых фильтров со шлейфовой связью. Шлейф представляет собой отрезок коаксиального кабеля длиной до 350 мм. Он соединяет анодный контур смесителя, находящийся в ПТК, с входным контуром усилителя промежуточной частоты изображения, смонтированным на шасси приемника.

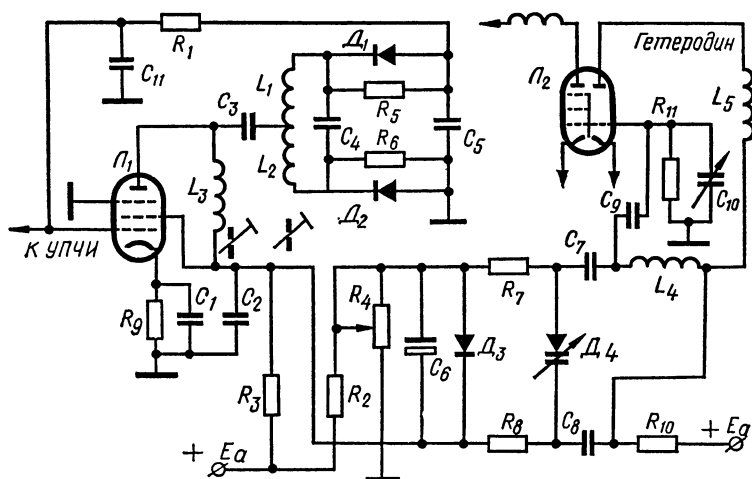


Рис. 91. Упрощенная схема АПЧГ

При длине 350 мм отрезок кабеля обладает емкостью 25—30 пф. Эта емкость показана на схеме как конденсатор C_5 . Емкость C_6 образуется входной емкостью лампы УПЧ и емкостью монтажа. Таким образом, нагрузкой на конец шлейфа является П-образный фильтр $C_5L_5C_6$, настраиваемый при помощи магнитного сердечника. Для расширения полосы пропускания частот анодный контур смесителя и П-образный фильтр настраивают на разные частоты. Частотная характеристика смесителя имеет двугорбую форму.

В новых промышленных телевизорах первого и второго класса, кроме ручной подстройки частоты гетеродина, применена система автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ). Система АПЧГ (рис. 91) автоматически поддерживает частоту гетеродина номинальной или близкой к номинальной.

Для осуществления автоматической подстройки частоты гетеродина в его контур вводится управляющий элемент (варикап), емкость которого, а следовательно, и резонансная частота контура изменяются в зависимости от приложенного напряжения.

Напряжение промежуточной частоты сигнала изображения (38 МГц) снимается с одного из каскадов УПЧИ на различитель — фазовый дискриминатор: различитель преобразовывает отклонение промежуточной частоты изображения от номинальной в изменение напряжения. Когда частота гетеродина и соответственно промежуточная частота сигнала изображения равна своему номинальному значению, напряжение на выходе различителя отсутствует. При изменении промежуточной частоты ($f_0 \pm \Delta f$) появляется управляющее напряжение, знак и величина которого определяется расстройкой ($\pm \Delta U$). Это напряжение воздействует на управляющий элемент контура гетеродина и вызывает изменение частоты гетеродина в сторону, обратную первоначальной расстройке ($f_{\text{гет}} \pm \Delta f$).

Таким образом, АПЧГ представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования, в которой частота гетеродина зависит от величины управляющего напряжения, а управляющее напряжение определяется отклонением частоты гетеродина от номинального значения.

Лампа L_1 (6Ж5П), в анод которой включен контур дискриминатора ($L_1 L_2 L_3 C_3 C_4 C_5 D_1 D_2 R_5 R_6$), выполняет дополнительную роль усилителя управляющего напряжения (ΔU).

Управляющее напряжение с выхода дискриминатора через интегрирующую цепь $R_1 C_{11}$ подается на управляющую сетку лампы L_1 . Интегрирующая цепь замедляет реакцию АПЧГ на быстрые изменения промежуточной частоты, промодулированной сигналом изображения. Усиленное лампой L_1 управляющее напряжение с резистора анодной нагрузки R_3 подается на варикап D_4 в блоке ПТК.

Варикапом называется плоскостной полупроводниковый диод с управляемой емкостью электронно-дырочного ($p-n$) перехода. Емкость такого диода зависит от величины приложенного управляющего напряжения.

Стабилитрон D_3 обеспечивает защиту варикапа от пробоя при превышении управляющим напряжением предельного значения. Для установления начального значения управляющего напряжения на варикапе служит переменный резистор R_4 и резистор R_2 ; элементы $D_4 C_7 C_8 C_9 L_4 L_5$ являются контуром гетеродина на лампе L_2 (6Ф1П).

Система АПЧГ может поддерживать частоту гетеродина с остаточной расстройкой, не превышающей 0,1 МГц при изменениях частоты гетеродина в пределах $\pm 1,5$ МГц.

§ 63. БЛОК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

Переключение телевизора с одного канала на другой осуществляется специальными устройствами-переключателями телевизионных каналов (ПТК).

Для перехода с одного канала на другой необходимо переключить катушки входной цепи, усилителя высокой частоты и гетеродина. Это осуществляется в ПТК при помощи переключателя барабанного типа, в котором катушки монтируются на вращающемся барабане. При повороте барабана к общей схеме подключаются новые катушки.

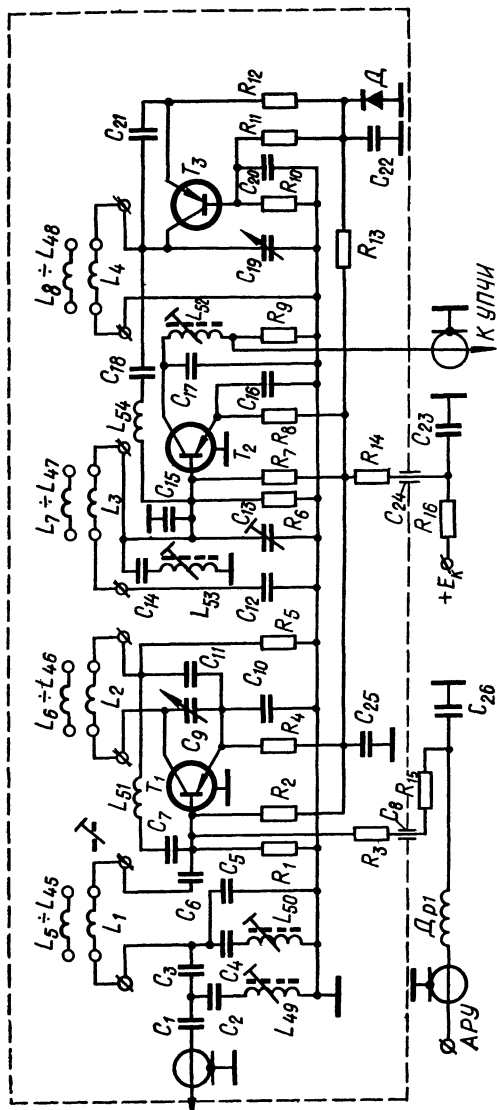


Рис. 92. Схема переключателя телевизионных каналов ПТК-П

Достоинством переключателя барабанного типа является то, что он имеет хорошую механическую связь коммутируемых катушек с контактными пружинами и может выдерживать большое число переключений. Кроме того, усилитель высокой частоты, гетеродин и смеситель такого переключателя смонтированы в автономном блоке с надежным экраном.

Переключатели ПТК содержат двенадцать комплектов катушек для приема по двенадцати телевизионным каналам. Переключатели ПТК изготавливаются в нескольких модификациях. Так, блок ПТК-5 применяется в телевизорах, имеющих промежуточные частоты изображения и звука 38 и 31,5 МГц, за исключением унифицированных телевизоров УНТ-47/59.

Блоки ПТК-7, ПТК-5/7 и ПТК-3 имеют электронную подстройку частоты гетеродина и используются для телевизоров УНТ-47/59.

Блок ПТК-П (рис. 92) выполнен на транзисторах с применением печатного монтажа и монтируется в телевизорах на полупроводниковых приборах. В схеме блока ПТК-П установлены новые высокочастотные транзисторы ГТ313А и ГТ313Б. Для упрощения изготовления и настройки ПТК создана галетная конструкция барабана с параллельным включением катушек в контурные системы. Барабан ПТК-П состоит из двенадцати галет для каждого канала. На каждой галете смонтировано по четыре катушки. Например, на галете первого канала установлены: катушка L_1 входного контура, катушки L_2 и L_3 полосового фильтра и катушка L_4 гетеродина.

Для улучшения избирательности по промежуточной частоте на входе ПТК включена многозвенная цепь ($C_1C_2C_3C_4L_{49}L_{50}$). Она предусматривает подключение антенны через кабель с волновым сопротивлением 75 ом.

На транзисторе T_1 собрана схема усилителя высокой частоты УВЧ, на транзисторе T_2 — смеситель, на транзисторе T_3 — гетеродин.

Режим работы УВЧ по постоянному току задается резисторами $R_1R_2R_4$. Заземление эмиттера по высокой частоте обеспечивается конденсатором C_{10} . Диапазон усиливаемых частот устанавливается включением в базовую цепь T_1 контура, состоящего из конденсаторов C_5, C_6 и индуктивностей L_1, L_5, L_9 и т. д. до L_{45} . В коллекторную цепь включен полосовой фильтр — два связанных контура с разнесенной настройкой. Использование в качестве нагрузки УВЧ полосового фильтра повышает избирательность приемного тракта и коэффициент усиления, делая его более равномерным во всем диапазоне принимаемых частот. В базовую цепь T_1 вводится напряжение АРУ через фильтр R_3C_8 .

Смеситель ПТК-П выполнен по схеме с общим эмиттером. Напряжение гетеродина поступает на базу смесителя через конденсатор C_{18} и индуктивность L_{54} . Катушка L_{54} обеспечивает равномерность связи во всем диапазоне рабочих частот. Режим смесителя по постоянному току задается резисторами R_6, R_7, R_8 . По высокой частоте эмиттер заземлен конденсатором C_{16} . Нагрузкой смесителя является контур $L_{52}C_{17}$, настроенный на промежуточную частоту. Его полоса пропускания регулируется резисторами R_9 . С этого резистора преобразованное напряжение преобразованного сигнала подается на вход УПЧИ.

Гетеродин выполнен по схеме с общей базой и представляет собой емкостной трехточечный автогенератор. Режим по постоянному току обеспечивается резисторами R_{10} , R_{11} , R_{12} . Напряжение питания стабилизировано стабилитроном D . Необходимый диапазон частот устанавливается путем коммутации индуктивностей L_4 , L_8 , L_{12} и т. д. до L_{48} , а плавная настройка частоты гетеродина на выбранном канале обеспечивается переменным конденсатором C_{19} .

§ 64. БЛОК ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНВЕРТОРА

Как указывалось выше, для приема телевизионных передач в дециметровом диапазоне промышленными телевизионными приемниками, работающими на каналах 1—12, необходимо дополнительное преобразование несущих частот сигналов изображения и звукового сопровождения. Это преобразование необходимо для того, чтобы понизить несущие частоты дециметрового диапазона до частот обычного метрового диапазона, на которых работают блоки ПТК телевизионных приемников.

Таким образом, после первого преобразования эти частоты становятся своего рода промежуточными. Дальнейшее преобразование телевизионного сигнала изображения и звукового сопровождения производится, как обычно, блоками телевизионного приемника (ПТК, УПЧИ и т. д.).

Для преобразования несущих частот изображения и звукового сопровождения дециметрового диапазона в частоты метрового диапазона применяются специальные дополнительные блоки к телевизионным приемникам, называемые конверторами.

Принцип работы конвертора не отличается от работы блоков ПТК, но имеются некоторые особенности. Поскольку несущие частоты телевизионных сигналов резко увеличены (470—622 МГц), в конверторе учитываются как элементы с сосредоточенными, так и распределенными параметрами. Это относится к индуктивностям контуров полосового фильтра, а также к межэлектродным и монтажным емкостям схемы.

Для правильного расположения несущих частот изображения и звукового сопровождения в тракте промежуточной частоты телевизора при двойном преобразовании частота гетеродина конвертора выбрана ниже частоты принимаемого сигнала. Практическая схема конвертора показана на рис. 93.

Антенна подключается на вход конвертора коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 ом. К выходу конвертора подключается антенный вход ПТК телевизора. Конвертор преобразовывает частоты ДЦВ диапазона в частоты первого или второго телевизионного канала (по выбору).

Высокочастотный блок конвертора состоит из входных цепей, преобразователя на транзисторе T_1 и выходных цепей.

На входе конвертора стоит перестраиваемый полосовой фильтр $L_2C_1C_4$ и $L_3C_2C_5$. Фильтр связан с антенной при помощи петли связи L_1 . В качестве индуктивностей полосового фильтра L_2L_3 применены четвертьволновые отрезки коаксиальных линий. Передача электро-

магнитной энергии от одного отрезка L_2 к другому L_3 происходит через щель, имеющуюся в экранной перегородке, разделяющей контуры.

Преобразовательный каскад (смеситель и гетеродин) собран на транзисторе T_1 (по схеме с общей базой) и связан с входными цепями при помощи петли связи L_4 . Конденсаторы C_6, C_7, C_{13} являются развязывающими элементами цепей питания по высокой частоте. Контур гетеродина образован элементами $L_5, C_8, C_{10}, C_{11}, C_{12}$, где в качестве индуктивности применена полуволновая коаксиальная линия. Гетеродин собран по трехточечной схеме автогенератора с емкостной связью.

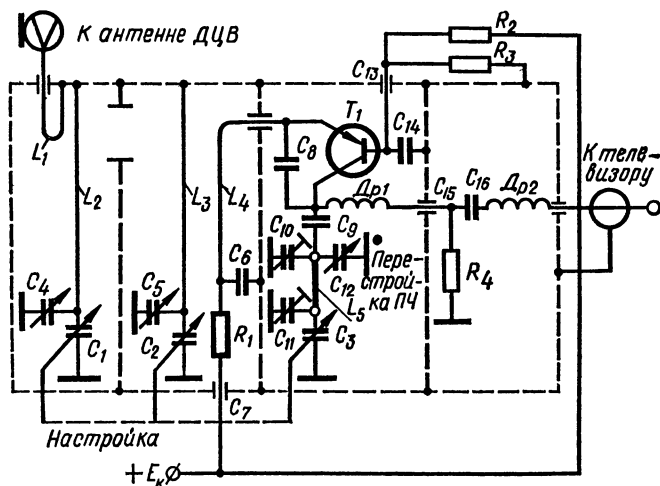


Рис. 93. Принципиальная схема конвертора ДЦВ

Контур гетеродина подключается к коллектору транзистора через конденсатор C_9 . Для устойчивой работы гетеродина во всем рабочем диапазоне параллельно межэлектродной емкости $C_{э-к}$ транзистора включен конденсатор C_8 . Режим работы транзистора обеспечивается резисторами R_1, R_2, R_3 .

Резистор R_4 , равный 75 ом, является нагрузкой преобразовательного каскада.

Дроссель Dp_1 совместно с результирующей емкостью коллекторной цепи транзистора и конденсатором C_{15} образуют П-контур, резонансная частота которого порядка 100 МГц. Этот контур способствует увеличению коэффициента усиления конвертора при его работе по выходу на второй телевизионный канал.

Дроссель Dp_2 является элементом заградительного фильтра, уменьшающего прохождение частоты гетеродина в выходную цепь конвертора. Конденсатор C_{16} служит развязкой выходной цепи по постоянному току.

Подстроечный конденсатор C_{12} позволяет перестраивать блок для работы на первый или второй телевизионные каналы.

Конвертор в ДЦВ диапазоне перестраивается с одного канала на другой плавно с помощью блока переменных конденсаторов $C_1C_2C_3$. Конденсаторы C_4 , C_5 , C_{11} выравнивают начальные значения их емкостей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему в усилителях высокой частоты телевизионных приемников применяют триоды?
2. Как осуществляется нейтрализация в каскодном усилителе?
3. Какие каскады телевизионного приемника входят в состав ПТК?
4. Какие особенности в работе и устройстве телевизионного конвертора дециметрового диапазона?

Глава XIII

УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

§ 65. РАЗДЕЛЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЧАСТОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЗВУКА

Основное усиление принимаемых сигналов в супергетеродине осуществляется в каскадах промежуточной частоты. В одноканальных супергетеродинных приемниках напряжения с промежуточными частотами изображения и звука усиливаются в общем канале промежуточной частоты. В двухканальных приемниках она усиливается в отдельных каналах, поэтому сигналы с промежуточными частотами изображения и звука надо разделить и направить каждый в свой канал.

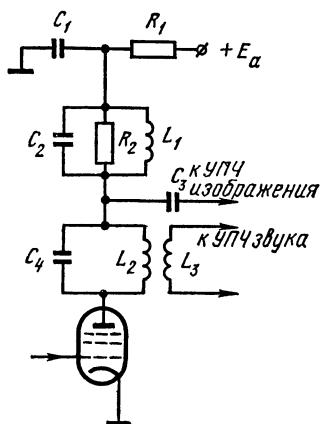


Рис. 94. Схема разделения промежуточных частот изображения и звука

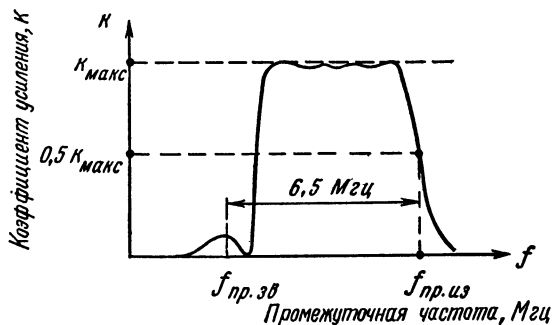


Рис. 95. Частотная характеристика усилителя промежуточной частоты изображения

Разделение частот осуществляется при помощи колебательных контуров, настроенных на соответствующую частоту. Эти контуры можно включать, например, в анодную цепь лампы смесителя (рис. 94). Напряжения с промежуточными частотами изображения и звука снимаются с этих контуров на выходы соответствующих усилителей.

В приведенной схеме конденсатор C_2 с катушкой L_1 образуют контур, настроенный на промежуточную частоту изображения. Резистор

R_2 служит для расширения полосы пропускания. Конденсатор C_4 и катушка L_2 образуют контур, настроенный на промежуточную частоту звука. Полоса частот, занимаемая звуковым сопровождением, уже полосы частот сигнала изображения, поэтому контур C_4L_2 резистором не шунтируется. Резистор R_1 и конденсатор C_1 составляют анодный развязывающий фильтр, конденсатор C_3 осуществляет связь с усилителем промежуточной частоты изображения (УПЧИ).

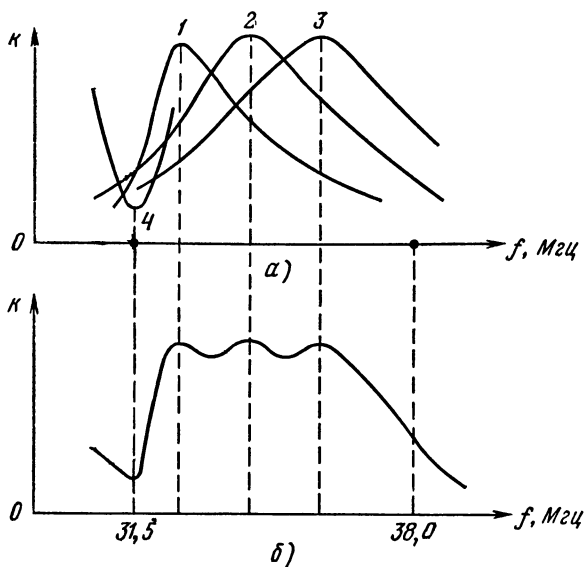


Рис. 96. Формирование частотной характеристики УПЧИ тремя расстроенными контурами:

a — частотные характеристики отдельных каскадов, b — результирующая частотная характеристика

Как известно из курса радиоприемных устройств, для лучшего ослабления помех зеркальных каналов и пропускания широкой полосы частот желательно иметь высокую промежуточную частоту. Но чем выше промежуточная частота, тем меньше коэффициент усиления каскада K и выше требования к деталям усилителя. Поэтому для отечественных телевизионных приемников установлена промежуточная частота изображения 38 МГц*. Для обеспечения достаточно высокой чувствительности по каналу изображения применяют обычно три-четыре каскада УПЧ.

Помимо большого усиления усилитель промежуточной частоты должен обладать широкой полосой пропускания. Применение многокаскадных усилителей облегчает получение необходимой формы частотной характеристики (рис. 95).

* В телевизорах старых марок 34,25 МГц.

Чтобы сигналы звукового сопровождения не проникали в канал изображения, усиление на промежуточной частоте звука в двухканальных приемниках должно быть равно нулю. Это не относится к одноканальным приемникам, где звуковое сопровождение принимается путем выделения биений между двумя несущими. У них усиление на промежуточной частоте звука должно составлять примерно 0,1 максимального усиления.

Формирование необходимой полосы пропускания можно осуществить путем применения в каскадах УПЧ одиночных колебательных контуров, расстроенных относительно друг друга. Частотные характеристики отдельных каскадов — кривые 1, 2, 3, 4 (рис. 96, а), перемножаясь, дадут результирующую характеристику (рис. 96, б), близкую к желаемой (см. рис. 95).

Чтобы сигналы звукового сопровождения не проникали на выход канала изображения, применяют режекторные контуры. Наиболее просто осуществляется режекция при помощи отсасывающего контура, настроенного на промежуточную частоту звука, действие которого показано на рис. 96, а (кривая 4). Этот контур индуктивно связан с одним из контуров усилителя промежуточной частоты изображения. На промежуточной частоте звука в режекторном контуре возникает резонанс. Сопротивление отсасывающего контура при этом наименьшее и чисто активное, следовательно, ток в нем наибольший и он потребляет от основного контура наибольшую мощность. В основном же контуре расходуется при этом малая мощность, ток в нем значительно меньше и усиление на частоте режекции минимальное.

Режекторный контур последовательной схемы может быть включен параллельно выходу усилителя. На промежуточной частоте звука в таком режекторном контуре возникает резонанс напряжения; его сопротивление становится малым и сильно шунтирует выходные цепи каскада. Усиление на частоте режекции также будет минимальным.

§ 66. ВАРИАНТЫ СХЕМ УСИЛИТЕЛЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Необходимую форму частотной характеристики усилителей промежуточной частоты в современных телевизорах получают при помощи полосовых фильтров.

Одной из распространенных схем усилителя промежуточной частоты является схема с Т-образным фильтром (рис. 97, а).

Этот фильтр можно разложить на два — фильтр низших частот $C_4C_5L_2$ и фильтр высших частот $L_1C_2C_3C_{\text{пар}1}C_{\text{пар}2}$ (рис. 97, б, в). Здесь $C_{\text{пар}1}$ и $C_{\text{пар}2}$ — паразитные емкости, складывающиеся из емкостей монтажа и междуэлектродных емкостей ламп.

Емкости C_2 , C_3 , $C_{\text{пар}1}$ и $C_{\text{пар}2}$ образуют электрический мост, в одну диагональ которого включен фильтр низших частот, а в другую — катушка L_1 фильтра высших частот (рис. 97, г). Параметры схемы подбирают таким образом, чтобы мост был уравновешен. Тогда фильтры не влияют друг на друга, и можно рассматривать работу каждого фильтра в отдельности.

Фильтр $C_4C_5L_2$ обладает двумя резонансами: резонансом напряжений в сложном контуре $C_4C_5L_2$ на частоте f_1 и резонансом токов в контуре C_5L_2 на частоте f_2 ; f_2 больше f_1 , так как общая емкость сложного контура меньше емкости конденсатора C_5 . Величины C_4 , C_5 и L_2

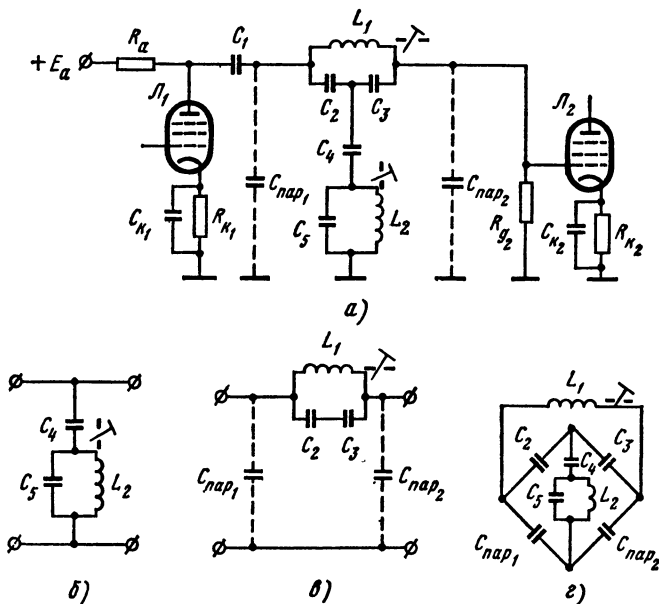


Рис. 97. Усилитель промежуточной частоты:

а — полная схема усилителя с Т-образным фильтром, *б* — фильтр низших частот, *в* — фильтр высших частот, *г* — включение фильтров низших и высших частот в диагонали электрического моста

выбирают так, чтобы резонанс напряжений наступал на промежуточной частоте звука. При этом нагрузкой каскада будет малое резонансное сопротивление системы $C_4C_5L_2$ и усиление станет минимальным. На второй резонансной частоте f_2 , когда наступает резонанс токов в контуре C_5L_2 , сопротивление этого контура велико, и каскад, нагруженный большим резонансным сопротивлением контура, дает большое усиление. При дальнейшем увеличении частоты сопротивление контура уменьшается и усиление падает (рис. 98, кривая 1).

Фильтр высших частот также обладает двумя резонансами: резонансом токов

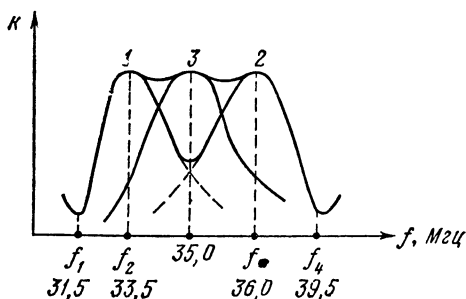


Рис. 98. Результирующая частотная характеристика каскада с Т-образным фильтром

в сложном контуре $L_1 C_2 C_3 C_{\text{пар}1} C_{\text{пар}2}$ (см. рис. 97) на частоте f_3 (см. рис. 98) и резонансом токов в контуре $L_1 C_2 C_3$ на частоте f_4 . В первом случае нагрузкой каскада является большое резонансное сопротивление сложного параллельного контура $L_1 C_2 C_3 C_{\text{пар}1} C_{\text{пар}2}$ (см. рис. 97) и каскад дает наибольшее усиление. Во втором случае резонансное сопротивление параллельного контура $L_1 C_2 C_3$ велико, значительная часть напряжения сигнала падает на контуре, выходное напряжение каскада мало, а потому и усиление небольшое.

Докажем, что f_4 больше f_3 . В контуре $L_1 C_2 C_3$ конденсаторы C_2 и C_3 соединены последовательно, и общая емкость контура будет

$$C_0 = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3}.$$

Резонансная частота

$$f_4 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_0}}.$$

В сложном контуре $L_1 C_2 C_3 C_{\text{пар}1} C_{\text{пар}2}$ параллельно конденсаторам C_2 и C_3 включены последовательно соединенные паразитные емкости $C_{\text{пар}1}$ и $C_{\text{пар}2}$. Их общая емкость

$$C_{\text{пар}} = \frac{C_{\text{пар}1} \cdot C_{\text{пар}2}}{C_{\text{пар}1} + C_{\text{пар}2}},$$

а общая емкость всего сложного контура

$$C'_0 = C_0 = C_{\text{пар}}.$$

Резонансная частота

$$f_3 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C'_0}}.$$

Так как C'_0 больше C_0 , то f_4 больше f_3 . Частотная характеристика фильтра высших частот показана на рис. 98, кривая 2.

Результатирующая частотная характеристика с Т-образным фильтром получается двугорбой с провалом посередине и с крутыми скатами. Для устранения провала в характеристике берут еще один каскад с одиночным контуром, настроенным на среднюю частоту (рис. 98, кривая 3).

Необходимая форма частотной характеристики может быть сформирована также при помощи М-образного фильтра (рис. 99, а). Фильтр включается в анодную цепь лампы L_1 через разделительный конденсатор C_p . Катушки L_1 и L_2 вместе с емкостями монтажа C_1 и C_2 образуют колебательные контуры, настроенные на среднюю частоту необходимой полосы пропускания. Контуры экранированы друг от друга и соединены между собой внешней связью через активный резистор R и внутренней связью через два последовательных режекторных контура.

Для объяснения работы каскада рассмотрим упрощенную схему М-образного фильтра (рис. 99, б). Здесь $Z_{\text{св}}$ — общее сопротивление режекторных контуров $L_3 C_3$ и $L_4 C_4$.

В схеме с М-образным фильтром резистор R должен быть довольно большим, чтобы связь через него была слабой и не имела решающего значения для формирования частотной характеристики каскада.

Внутренняя связь между контурами осуществляется общим для них сопротивлением связи $Z_{св}$. Напряжение, выделенное на емкости C_1 , распределяется между катушкой L_1 и сопротивлением связи $Z_{св}$. Чем больше сопротивление связи, тем большее напряжение передается во второй контур, тем больше напряжение на выходе фильтра и, следовательно, больше усиление каскада.

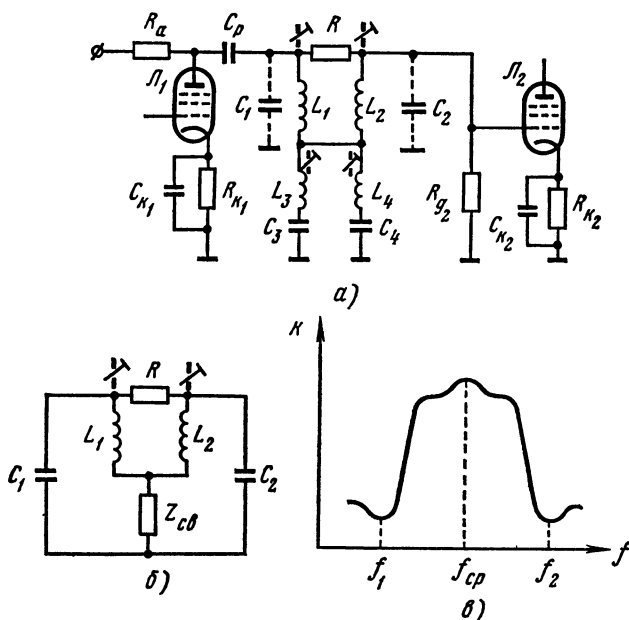


Рис. 99. Каскад с М-образным фильтром:
а — принципиальная схема, б — упрощенная схема М-образного
фильтра, в — частотная характеристика каскада

Контур L_3C_3 настраивают на промежуточную частоту звука. На этой частоте его сопротивление очень мало, а поэтому и коэффициент усиления каскада невелик. При увеличении частоты сопротивление связи увеличивается и коэффициент усиления каскада возрастает. На средней частоте полосы пропускания усиление наибольшее вследствие резонанса токов в контурах L_1C_1 и L_2C_2 .

Режекторный контур L_4C_4 настраивается на частоту помехи, создаваемой соседним телевизионным каналом. Так подавляются помехи с обеих сторон частотной характеристики усилителя промежуточной частоты (рис. 99, в).

Резистор R шунтирует оба контура и снижает их добротность, отчего уменьшается усиление на средней частоте и частотная характеристика в полосе пропускания получается более равномерной.

По сравнению с Т-образным каскадом М-образный каскад более сложен, но позволяет получить относительно большее усиление.

В некоторых типах телевизоров применяют П-образный фильтр (рис. 100), который является разновидностью схемы с тремя расстроенными контурами. Здесь параллельные контуры L_1C_1 и L_2C_2 соединены между собой внешней связью через последовательный контур L_3C_3 .

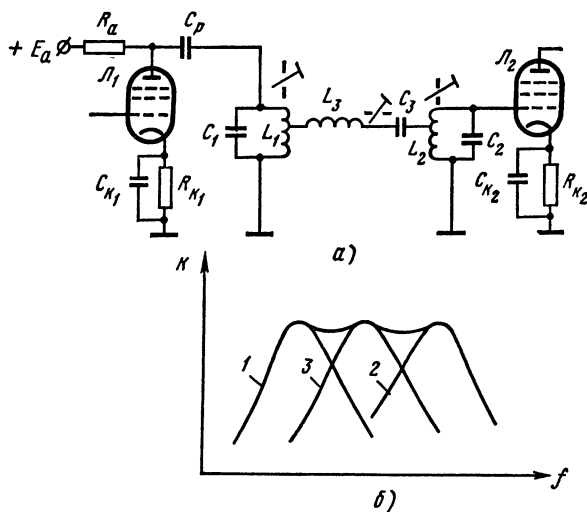


Рис. 100. Каскад с П-образным фильтром:

а — принципиальная схема, б — частотная характеристика каскада; 1, 2 и 3 — частотные характеристики контуров фильтра

Контуров взаимно расстроены. Контур L_1C_1 настроен на нижнюю частоту полосы пропускания и формирует левый склон частотной характеристики каскада. Контур L_2C_2 настроен на верхнюю частоту полосы пропускания и формирует правый склон частотной характеристики. Третий контур L_3C_3 настраивается на среднюю частоту полосы пропускания и компенсирует завал частотной характеристики, обусловленный частотными характеристиками первого и второго контуров. Контур L_3C_3 шунтируется активными сопротивлениями контуров L_1C_1 и L_2C_2 . Это снижает его добротность и расширяет полосу пропускания, что обеспечивает более равномерное усиление в средней части частотной характеристики каскада.

Для формирования частотной характеристики усилителя промежуточной частоты во многих телевизорах применяют фильтры с сильной индуктивной связью, в которых одна катушка наматывается между витками другой. В таких фильтрах на одну из частот полосы пропускания усилителя настраивается один контур, а собственная частота дру-

ного контура лежит за пределами полосы пропускания усилителя. Поэтому резонансная кривая фильтра получается не двугорбой, а несимметричной — одnogорбой.

Применив несколько таких фильтров, настроенных на различные частоты полосы пропускания, можно сформировать частотную характеристику необходимой формы.

Для подавления помех на промежуточной частоте звука в этом случае служат режекторные контуры.

§ 67. РЕГУЛИРОВКА ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Форму частотной характеристики регулируют в зависимости от условий приема по усложненной схеме Т-образного каскада (рис. 101). Параллельно индуктивности L_1 подключают последовательно соединенные конденсатор C_1 и полупроводниковый диод D . Анодный ток лампы Π_1 создает на резисторе R_2 падение напряжения порядка 30 в. При крайнем левом положении движка R_1 потенциал катода диода выше потенциала анода на 30 в и диод закрыт.

Параллельно контуру $L_1 C_3 C_4$ оказывается подключенными последовательно соединенные емкость p — n -перехода диода и емкость C_1 . Когда диод закрыт большим отрицательным напряжением, толщина запирающего слоя диода сравнительно велика, расстояние между p - и n -областями достаточно велико и емкость p — n -перехода мала. Общая емкость, подключенная параллельно контуру

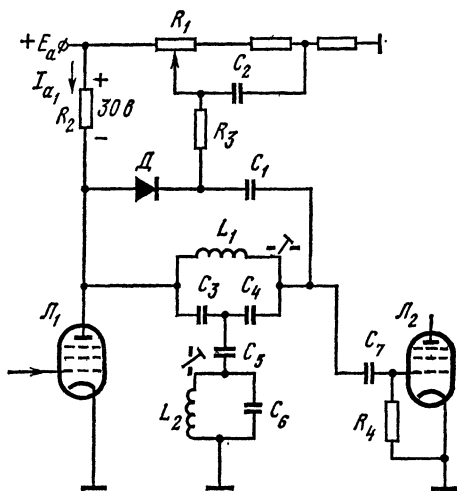


Рис. 101. Схема регулировки частотной характеристики усилителя промежуточной частоты изображения

$$C_0 = \frac{C_1 C_D}{C_1 + C_D},$$

где C_D — емкость p — n -перехода.

При перемещении движка потенциометра R_1 вправо отрицательное напряжение, запирающее диод, уменьшается, толщина запирающего слоя также уменьшается, емкость p — n -перехода диода увеличивается и общая емкость, включенная параллельно контуру $L_1 C_3 C_4$, возрастает, в соответствии с чем изменяется и частотная характеристика каскада.

Таким образом добиваются плавной регулировки формы частотной характеристики усилителя промежуточной частоты сигнала изображения.

Вместе с конденсатором C_2 резистор R_3 образует фильтр, препятствующий протеканию тока высокой частоты через потенциометр R_1 .

Изменение формы частотной характеристики позволяет регулировать четкость изображения, поэтому рассмотренное устройство называется регулятором (корректором) четкости.

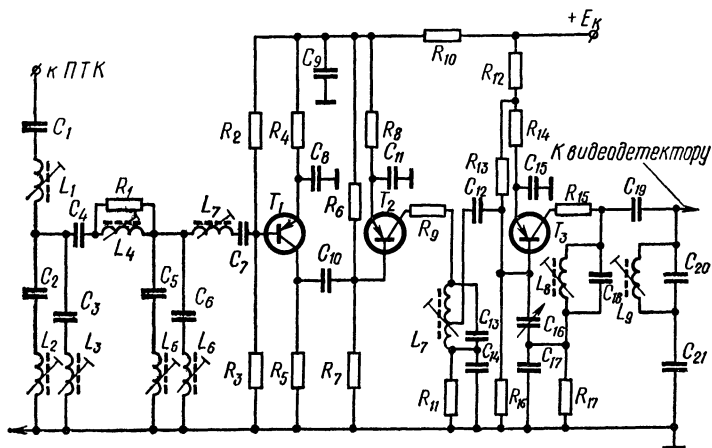


Рис. 102. Вариант схемы транзисторного усилителя промежуточной частоты изображения

В современных телевизионных приемниках все большее применение находят транзисторные схемы. Сказанное относится в том числе и к схемам усилителей промежуточной частоты изображения. Один из вариантов схем УПЧИ, применяемых в лампово-полупроводниковых и полупроводниковых телевизорах, приведен на рис. 102.

Трехкаскадный усилитель промежуточной частоты выполнен на маломощных высокочастотных транзисторах типа ГТ313А по схеме с общим эмиттером. Во входную цепь УПЧИ включен фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), формирующий частотную характеристику усилителя и представляющий собой комплекс одиночных расстроенных относительно друг друга контуров. Последовательные контуры фильтра L_1C_1 , L_4C_4 , L_7C_7 совместно с входной емкостью транзистора T_1 формируют среднюю часть частотной характеристики УПЧИ, а контуры L_2C_2 , L_5C_5 , L_6C_6 обеспечивают требуемую форму частотной характеристики на ее краях.

Резисторы R_2R_3 образуют делитель напряжения, необходимый для обеспечения режима транзистора T_1 , температурной стабилизации его коллекторного тока. Напряжение автоматического смещения в цепи эмиттера транзистора создается на резисторе R_4 и конденсаторе C_8 .

Первый каскад УПЧИ используется для согласования входного фильтра с базовой цепью транзистора T_2 второго каскада усилителя и имеет коэффициент усиления, близкий к единице.

Основное усиление промежуточной частоты осуществляется вторым и третьим каскадами УПЧИ.

Напряжение промежуточной частоты подается на вход второго каскада через разделительный конденсатор C_{10} . Стабилизация положения рабочей точки на характеристике транзистора осуществляется путем включения в цепь его базы делителя напряжения, образованного резисторами $R_6 R_7$.

Нагрузкой второго каскада УПЧИ служит колебательный контур, образованный элементами $L_7 C_{13}$, входной емкостью третьего каскада и емкостью монтажа. Этот контур настроен на среднюю частоту полосы пропускания УПЧИ (35 МГц). Для уменьшения влияния входного сопротивления третьего каскада на ширину полосы пропускания и на коэффициент усиления второго каскада УПЧИ напряжение промежуточной частоты снимается с части витков индуктивности L_7 .

Нагрузкой третьего каскада УПЧИ является двухконтурный фильтр с емкостной связью. Фильтр образован элементами $L_8 C_{18}$, $L_9 C_{20}$ и конденсатором связи C_{19} . В третьем каскаде происходит нейтрализация проходной емкости коллектор-база транзистора. Величина напряжения нейтрализации регулируется конденсатором C_{16} .

Для стабилизации положения рабочей точки транзистора при изменении температуры окружающей среды в цепь его базы включен делитель, состоящий из резисторов R_{13} , R_{16} .

Напряжение промежуточной частоты подается в цепь базы транзистора через разделительный конденсатор C_{12} . Во втором и третьем каскадах УПЧИ в коллекторные цепи транзисторов включены резисторы R_9 , R_{15} для предотвращения самовозбуждения этих каскадов.

§ 68. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Назначение видеодетектора — преобразовать модулированное по амплитуде напряжение промежуточной частоты изображения в напряжение видеочастоты, повторяющее форму полного телевизионного сигнала. Кроме того, на нагрузке детектора вследствие биений между промежуточными частотами звука и изображения выделяется напряжение разностной частоты 6,5 МГц, которое в одноканальных приемниках используется для воспроизведения звукового сопровождения.

В телевизионных приемниках обычно применяют диодные детекторы.

В принципе схема и работа видеодетектора (рис. 103, а) не отличаются от схемы и работы диодного детектора в обычном радиоприемнике.

На вход детектора подается модулированное по амплитуде напряжение с промежуточной частотой изображения (рис. 103, б). Вследствие односторонней проводимости диода через него протекает импульсный ток. Амплитуда импульсов изменяется по тому же закону, по которому изменяется амплитуда колебаний промежуточной частоты. Такой ток

содержит постоянную составляющую, переменные составляющие с частотами гармоник промежуточной частоты и переменную составляющую видеочастоты, которая повторяет форму полного телевизионного сигнала.

Нагрузкой видеодетектора является резистор R , зашунтированный конденсатором C . Величины этих деталей выбирают таким образом, чтобы для токов с частотами гармоник промежуточной частоты емкостное сопротивление конденсатора C было во много раз меньше резистора R . Тогда гармоника тока промежуточной частоты замкнется через конденсатор C , практически не выделяя на нем напряжения, а постоянная составляющая и составляющая видеочастоты создадут на резисторе R пульсирующее напряжение, повторяющее форму полного телевизионного сигнала.

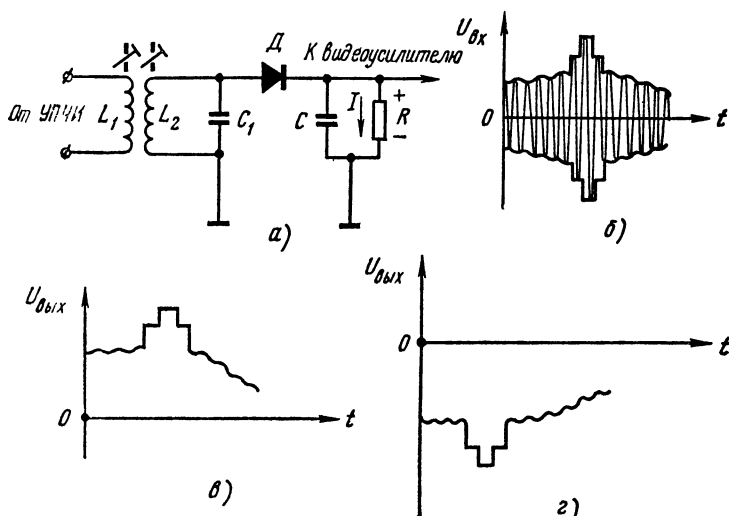


Рис. 103. Видеодетектор:

a — схема видеодетектора, $б$, $в$ и $г$ — графики входного ($б$) и выходного напряжения при негативном ($в$) и позитивном ($г$) видеосигналах

Когда детектирование осуществляется по приведенной схеме, на нагрузке детектора выделяется сигнал негативной полярности, т. е. такой, при котором наибольшему напряжению соответствует наименьшая яркость передаваемого элемента изображения (рис. 103, $в$). В случае обратного включения диода на нагрузке детектора выделится сигнал позитивной полярности, при которой самому яркому элементу передаваемого изображения соответствует самое большое напряжение (рис. 103, $г$).

Выбор полярности сигнала на нагрузке детектора зависит от числа последующих ступеней видеоусилителя и от способа подачи сигнала изображения на кинескоп. Все отечественные телецентры работают с негативным сигналом изображения. Наибольшая яркость получает-

ся при наименьшем отрицательном напряжении на управляющем электроде. Каждый каскад, у которого нагрузка включена в анодную цепь, меняет полярность сигнала на обратную. Поэтому при подаче видеосигнала на управляющий электрод кинескопа в телевизоре с четным числом ступеней видеоусилителя требуется детектор с позитивным видеосигналом, а с нечетным числом — детектор с негативным видеосигналом.

Часто видеосигналы подают не на управляющий электрод, а на катод кинескопа. В этом случае для получения наибольшей яркости потенциал катода должен обладать наибольшим отрицательным потенциалом относительно управляющего электрода. Если число ступеней видеоусилителя четное, то при подаче видеосигнала на катод кинескопа требуется детектор с негативным видеосигналом, если нечетное — с позитивным.

В радиоприемниках нагрузочный резистор диодного детектора берут обычно равным $0,5 \text{ Мом}$ и параллельно ему включают конденсатор емкостью около 100 пф . Такие величины элементов обеспечивают хорошее отделение гармоник промежуточной частоты изображения от промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения.

В видеодетекторе детали с такими величинами неприменимы. Высшая частота сигнала изображения, как известно, составляет $6,5 \text{ Мгц}$. Для тока такой частоты сопротивление конденсатора емкостью 100 пф

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,5 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} \cong \frac{10^4}{40} = 250 \text{ ом}.$$

Емкостное сопротивление конденсатора на высшей частоте сигнала изображения ничтожно мало по сравнению с сопротивлением $0,5 \text{ Мом}$, и высшие частоты не выделяют напряжения на нагрузке, в результате чего не будут воспроизводиться мелкие детали изображения. Чтобы этого не было, надо уменьшить емкость конденсатора. Тогда увеличится его емкостное сопротивление и возрастет напряжение, которое выделяют токи высших частот на нагрузке. Можно полностью отказаться от конденсатора и ограничиться паразитной емкостью монтажа, которая достигает 5 пф . Емкостное сопротивление конденсатора C для частоты $6,5 \text{ Мгц}$:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 6,5 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-12}} = \frac{10^6}{3,14 \cdot 6,5} \cong 5000 \text{ ом}.$$

Для эффективного детектирования необходимо, чтобы для токов высших видеочастот емкостное сопротивление конденсатора было по крайней мере в два раза больше сопротивления нагрузки детектора R . Поэтому сопротивление нагрузки видеодетектора берут порядка $1—3 \text{ ком}$.

Кроме видеосигнала, через нагрузку детектора протекают также токи гармоник промежуточной частоты. Напряжение, которое эти гармоники выделяют на нагрузке, через паразитные обратные связи может попасть на вход первого каскада усилителя промежуточной частоты, и возникает опасность самовозбуждения усилителя.

Чтобы уменьшить напряжение промежуточной частоты и ее гармоник на нагрузке детектора, следовало бы увеличить емкость конденсатора C , но это приведет к «завалу» высших видеочастот и ухудшит четкость изображения.

Для токов высших видеочастот емкостное сопротивление конденсатора C_1 , шунтирующего резистор нагрузки R , гораздо меньше, чем для токов низших видеочастот, и высшие видеочастоты могут «заваливаться».

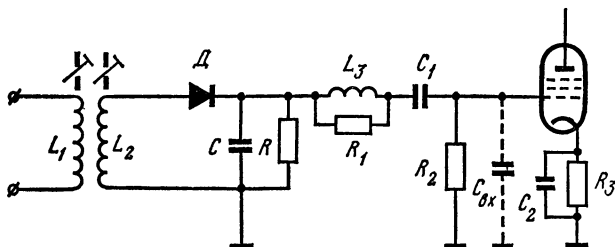


Рис. 104. Видеодетектор с корректирующим дросселем

Для устранения «завала» высших видеочастот последовательно с нагрузкой детектора включают корректирующий дроссель L_3 (рис. 104). Напряжение видеочастоты с нагрузки детектора подается на сетку лампы первого каскада видеоусилителя через корректирующий дроссель L_3 и разделительный конденсатор C_1 . Последовательно с L_3 и C_1 включена входная емкость $C_{вх}$ лампы видеоусилителя; L_3 , C_1 и $C_{вх}$ образуют последовательный контур. Емкость конденсатора C_1 во много раз больше входной емкости $C_{вх}$ лампы, поэтому влиянием емкости C_1 можно пренебречь. Величину индуктивности корректирующего дросселя L_3 подбирают такой, чтобы контур $L_3 C_{вх}$ был настроен примерно на частоту 5 МГц. На этой частоте в контуре возникает резонанс напряжения, а при резонансе напряжений на конденсаторе и катушке контура выделяются напряжения в Q раз большие, чем напряжение на входе (Q — добротность контура). Для контура $L_3 C_{вх}$ входным напряжением является напряжение на нагрузке детектора. Поэтому напряжение частоты 5 МГц на входе видеоусилителя будет в Q раз больше напряжения этой частоты на нагрузке детектора.

Чтобы расширить полосу пропускания контура, дроссель L_3 шунтируют резистором R_1 . При этом снижается величина Q , но резонансная кривая контура расширяется и поднимается напряжение не только на частоте 5 МГц, но и на соседних частотах.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как разделяются промежуточные частоты сигналов звука и изображения в одноканальных телевизионных приемниках?
2. Какие последствия может вызвать проникновение сигналов звукового сопровождения в канал изображения?

3. Почему емкость полупроводникового диода зависит от величины приложенного к нему напряжения?

4. Почему видеодетектор нельзя нагрузить большим резистором?

5. Поясните работу видеодетектора с корректирующим дросселем.

6. Видеосигнал подается на катод кинескопа. Между видеодетектором и кинескопом включены два каскада видеоусилителя. Какой полярности должен быть сигнал на нагрузке детектора?

Глава XIV ВИДЕОУСИЛИТЕЛИ

§ 69. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Видеоусилителем называется устройство, предназначенное для усиления сигналов с широким спектром частот и воспроизводящее форму этих сигналов с заданной степенью точности. Одним из типичных примеров подобных сигналов является телевизионный сигнал, спектр которого простирается от нулевых частот до частот порядка $6,5 \text{ Мгц}$.

На нагрузке видеодетектора выделяется напряжение сигнала изображения с максимальным размахом порядка 2 в . Такое напряжение недостаточно для управления яркостью экрана кинескопа. Поэтому напряжение с нагрузки детектора сначала усиливается видеоусилителем, а затем подается на управляющий электрод или катод кинескопа.

§ 70. ИСКАЖЕНИЕ СИГНАЛОВ В УСИЛИТЕЛЯХ

Любой усилитель так или иначе искажает усиливаемые сигналы. Создаваемые видеоусилителем искажения можно разделить на частотные, фазовые и нелинейные.

Частотные искажения заключаются в том, что усилитель по-разному усиливает сигналы различных частот. Это объясняется наличием в схеме усилителя паразитных емкостей и индуктивностей, которые представляют для токов разных частот разные по величине реактивные сопротивления. Показателем частотных искажений является частотная характеристика усилителя, которая выражает зависимость коэффициента усиления от частоты усиливаемых сигналов. Идеальной является характеристика в виде прямой, параллельной оси частот. Усилитель с такой характеристикой одинаково усиливал бы напряжения всех частот и не создавал частотных искажений. Однако реальные усилители обычно плохо усиливают самые низкие и самые высокие частоты — создают «завалы» усиления на высших и низших частотах. «Завал» усиления на высших частотах ведет к ухудшению воспроизведения мелких деталей изображения. «Завал» усиления на низших частотах дает неправильное распределение яркости на крупных деталях изображения.

Фазовые искажения заключаются в том, что из-за наличия в усилителе паразитных емкостей и индуктивностей фазовые сдвиги между различными гармониками сигнала на выходе усилителя не такие, как на его входе. Это приводит к изменению формы сигнала и появлению искажений изображения, окантовок, повторов и т. д.

Как частотные, так и фазовые искажения вызываются наличием реактивных (главным образом емкостных) сопротивлений в цепях уси-

лителя. Чем сильнее влияние этих реактивных сопротивлений, тем больше частотные и фазовые искажения, которые взаимно связаны. Поэтому при увеличении частотных искажений неизбежно увеличиваются и фазовые.

Нелинейные искажения заключаются в искажениях формы сигнала из-за работы на нелинейных участках характеристики усилительной лампы (рис. 105) или транзистора.

Если смещение выбрано так, что начальная рабочая точка находится на середине прямолинейного участка характеристики лампы и сигнал не выходит за пределы этого участка, нелинейные искажения получаются минимальными.

Нелинейные искажения несколько изменяют распределение яркости по изображению и сравнительно слабо влияют на видимое качество изображения. Поэтому в телевизионных приемниках не принимают никаких специальных мер для коррекции нелинейных искажений.

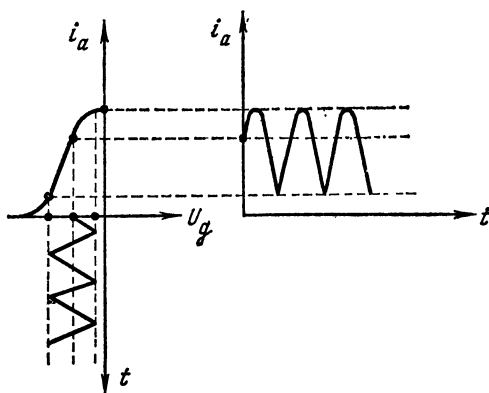


Рис. 105. Нелинейные искажения, вызванные работой лампы на криволинейных участках характеристики

§ 71. ПОНЯТИЕ О ПЕРЕХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ И ВИДЫ ЕЕ КОРРЕКЦИИ

Переходная характеристика усилителя

Телевизионный сигнал представляет собой смесь импульсов различной длительности и амплитуды, и от того, как воспроизводятся в усилителе эти импульсы, зависит качество изображения. Наиболее полное представление о качестве усиления импульсов дает переходная характеристика усилителя, учитывающая как частотные, так и фазовые искажения одновременно. Она показывает, как изменяется напряжение на выходе усилителя, когда на его вход подан мгновенный скачок (перепад) напряжения (рис. 106, а).

По переходной характеристике (рис. 106, б) можно определить время нарастания импульса, время спада, выброс выходного напряжения и спад вершины импульса (рис. 106).

Временем нарастания импульса называется промежуток времени, в течение которого напряжение на выходе усилителя нарастает от 0,1 до 0,9 установившегося значения $U_{уст}$. Чем меньше время нарастания, тем круче передний фронт импульса на выходе усилителя. *Время спада* обычно равно времени нарастания. Чем меньше время спада, тем круче

задний фронт импульса. *Выбросом* называется разность между наибольшим и установившимся значениями импульса на выходе усилителя. Эти три параметра дают полное представление о воспроизведении импульсов, и потому работа видеоусилителя нагляднее всего характеризуется переходной характеристикой.

Спад вершины характеризуется отношением разности мгновенных значений амплитуды импульса в его начале и конце к начальному значению амплитуды. Длительность импульса отсчитывается на уровне 0,5 установившегося значения мгновенной амплитуды.

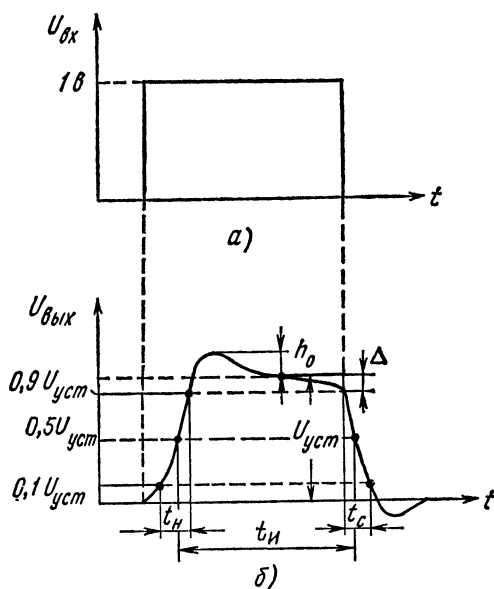


Рис. 106. Усиление прямоугольных импульсов:

а — перепад напряжения на входе усилителя, б — переходная характеристика усилительного каскада

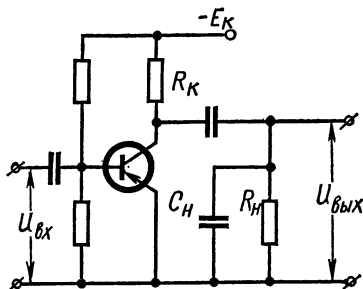


Рис. 107. Простая схема транзисторного видеоусилителя

Некорректированный видеоусилитель с комплексной нагрузкой

В случае, когда заданное значение длительности фронта выходного сигнала достаточно велико, часто используют простейшую схему видеоусилителя без корректирующих цепей (рис. 107).

Расчет каскада такого усилителя сводится к выбору величины резистора R_k в цепи коллектора. Шунтирование выхода транзистора резистором R_k позволяет уменьшить длительность фронтов выходного сигнала, возникающих за счет наличия емкостей коллектора C_k и нагрузки C_n . Увеличение же длительности фронтов, обусловленное процессами в базе транзистора, при этом остается практически неизменным.

Коррекция введением обратной связи

Одним из наиболее эффективных методов коррекции фронтов выходного сигнала является охват видеоусилителя отрицательной обратной связью. Помимо сокращения длительности фронтов, введение отрица-

тельной обратной связи позволяет уменьшить нелинейные искажения, снизить уровень собственных шумов, повысить стабильность усилителя из-за уменьшения зависимости его работы от температурных изменений параметров или замены транзисторов.

На рис. 108, а приведена схема двухкаскадного усилителя, каскады которого охвачены последовательной отрицательной обратной связью через комплексные сопротивления Z_3 в цепях эмиттеров. Эквивалентная схема одного каскада с коррекцией последовательной обратной связью приведена на рис. 108, б.

Если сопротивление Z_3 чисто активное ($Z_3 = R_3$), то наличие обратной связи приводит к повышению входного сопротивления каскада и уменьшению искажений выходного сигнала усилителя, в том числе к сокращению времени установления фронтов напряжения на выходе усилителя. Коррекция искажений фронта, возникающих за счет действия реактивностей транзистора и нагрузки, производится шунтированием резистора R_3 емкостью C_3 (рис. 108, а). Действие цепочки R_3C_3 заключается в следующем.

При увеличении скорости изменения входного сигнала глубина отрицательной обратной связи уменьшается вследствие шунтирующего действия емкости C_3 , что приводит к уменьшению входного сопротивления каскада. Если внутреннее сопротивление источника входного сигнала не очень велико, указанное уменьшение входного сопротивления будет сопровождаться ростом входного тока, т. е. увеличением притока носителей в области базы. Таким образом, при быстрых изменениях амплитуды входного сигнала увеличивается приток носителей в область базы, а следовательно, и к коллектору. В результате уменьшается время установления выходного сигнала.

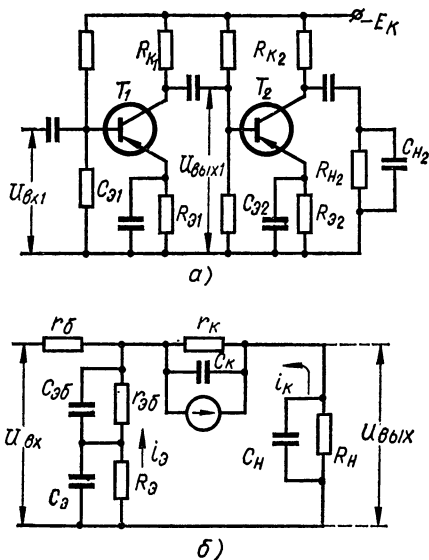


Рис. 108. Двухкаскадный усилитель с комплексной отрицательной обратной связью:

а — принципиальная схема, б — эквивалентная схема одного каскада

Коррекция индуктивностью

Схема видеоусилителя с корректирующей индуктивностью (рис. 109) дает возможность получить большую эффективность коррекции по сравнению со схемами, охваченными отрицательной обратной связью.

Корректирующее действие индуктивности заключается в увеличении коэффициента усиления каскада с возрастанием частоты входного сигнала. Как видно из рис. 109, коллекторной нагрузкой первого каскада является комплексное сопротивление Z_k , состоящее из двух последовательно соединенных элементов — резистора R_k и индуктивности L .

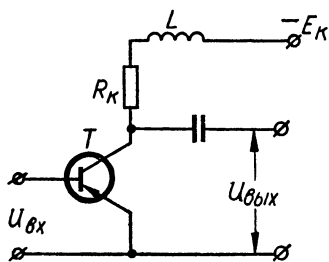


Рис. 109. Схема видеоусилителя с корректирующей индуктивностью

С возрастанием частоты усиляемого сигнала возрастает реактивное сопротивление индуктивности X_L и соответственно сопротивление Z . Возрастание же комплексного сопротивления Z вызывает увеличение размаха высокочастотных составляющих видеосигнала и, как следствие, возрастание коэффициента усиления каскада.

Основным недостатком схемы с корректирующей индуктивностью является большая зависимость формы выходного сигнала от параметров транзистора, окружающей среды и режима. Она требует

подбора отдельных ее элементов при наладке и смене транзисторов и нуждается в тщательной стабилизации режима.

Нагрузкой каскада с корректирующей индуктивностью обычно служит высокоомный резистор.

§ 72. ТРАНЗИСТОРНЫЙ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ

Появившиеся за последние годы транзисторные видеоусилители, как и все транзисторные устройства, отличаются от ламповых аналоговых устройств небольшими габаритами и весом, малым потреблением электрической энергии, большим сроком службы. Это позволяет широко их использовать в стационарной и переносной аппаратуре.

Как известно, недостатками транзисторов является разброс параметров между экземплярами, зависимость параметров от температуры и сравнительно большой уровень собственных шумов. Для уменьшения разброса параметров и зависимости их от температуры в транзисторный усилительный каскад вводится отрицательная обратная связь, которая также повышает входное сопротивление транзистора. С целью уменьшения шумов в первые каскады транзисторных усилителей, усиливающих слабые сигналы, ставят специальные транзисторы с малым уровнем собственных шумов и выбирают их режим работы таким, чтобы отношение сигнал-шум было максимальным.

Для получения большого отношения сигнал-шум следует обязательно согласовывать входное сопротивление каскада с внутренним сопротивлением источника сигнала. Практическая схема усилителя видеосигналов представлена на рис. 110.

Резисторы делителей R_1 , R_2 и R_6 , R_7 совместно с эмиттерными резисторами R_4 , R_8 позволяют стабилизировать режим усилительных каскадов при изменении окружающей температуры.

Обычно сопротивление делителя выбирают таким, чтобы ток делителя значительно превышал нулевой ток коллектора. Резисторы в цепи эмиттеров обеспечивают отрицательную обратную связь в каскадах, поэтому лучшая стабилизация режима каскадов достигается при их сравнительно большем значении. Цепь R_5C_4 является фильтром низкой частоты, обеспечивающим коррекцию усиления первого каскада на низких частотах.

Действительно, на низких частотах емкостное сопротивление конденсатора C_4 возрастает, сопротивление в цепи коллектора T_1 увеличивается за счет наличия резистора R_5 , а с увеличением коллекторного сопротивления возрастает усиление каскада. Цепь R_5C_4 одновременно служит развязывающим фильтром. Она ослабляет паразитную обратную

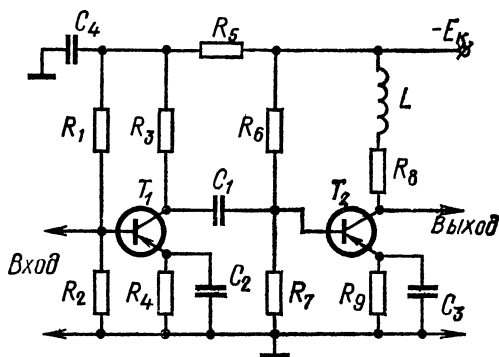


Рис. 110. Двухкаскадный транзисторный видеоусилитель

связь между каскадами усилителя, которая может возникнуть через общую цепь коллекторного питания. Конденсаторы C_2 , C_3 в эмиттерных цепях являются элементами частотнозависимой отрицательной обратной связи в каскадах. Так, с увеличением частоты усиливаемого сигнала общее сопротивление цепей R_4C_2 и R_9C_3 понижается, соответственно уменьшается величина отрицательной обратной связи в каскадах и увеличивается их усиление на высоких частотах.

Конденсатор C_1 — переходной, разделяющий каскады по постоянному току. Индуктивность L в коллекторной цепи второго каскада является корректирующей и влияет на усиление второго каскада в области высоких частот.

§ 73. ПЕРЕДАЧА ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Как указывалось в главе VI, сигнал изображения, снимаемый с нагрузки передающей трубки, содержит постоянную составляющую, которая отражает изменение средней яркости передаваемого изображения. Пока сигнал изображения не продетектирован, все его составляющие свободно проходят через каскады усиления высокой и промежуточной частот. После детектирования постоянная составляющая, которая изменяется с частотой 2—3 гц, не может пройти через переходные емкости каскадов видеоусилителя и теряется.

Чтобы пропустить постоянную составляющую сигнала изображения на управляющий электрод кинескопа, надо либо ограничиться одним каскадом видеоусилителя и подавать сигнал на управляющий электрод

кинескопа без переходных емкостей (рис. 111), либо при нескольких каскадах в видеоусилителе восстановить постоянную составляющую. Восстановление постоянной составляющей осуществляют при помощи диода, который включают между управляющим электродом трубки и корпусом (рис. 112).

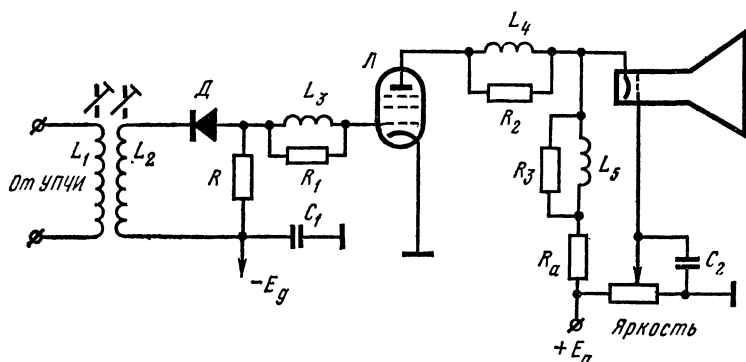


Рис. 111. Схема передачи постоянной составляющей на управляющий электрод кинескопа

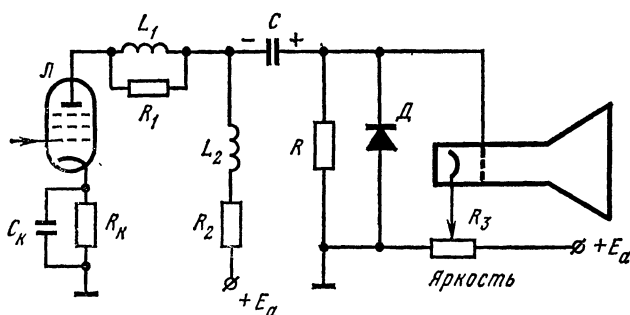


Рис. 112. Схема восстановления постоянной составляющей сигнала изображения

Синхронизирующий импульс и часть гасящего импульса, которые имеют в анодной цепи выходной лампы видеоусилителя отрицательную полярность отпирают диод. Конденсатор C заряжается до пикового значения синхронизирующих импульсов. Обкладка конденсатора C , присоединенная к управляющему электроду кинескопа, получает положительный заряд. Когда синхронизирующий импульс заканчивается, полярность сигнала меняется и диод запирается. Конденсатор C может разряжаться через резистор R . Однако постоянные времени цепи RC выбирают такой, чтобы до прихода следующего синхронизирующего импульса конденсатор C не успел существенно разрядиться. Следующий синхроимпульс снова подзарядит конденсатор C . Постоянное положительное напряжение, которое получается на конденсаторе C

вместе с сигналом изображения поступает на управляющий электрод кинескопа. В результате работы этой схемы уровень напряжения, соответствующий вершинам синхронизирующих импульсов, будет автоматически поддерживаться на конденсаторе C постоянным и равным нулю. Остальные составляющие видеосигнала будут отсчитываться от этого постоянного уровня. Поэтому видеосигналу от светлой сцены объекта будет соответствовать большее среднее положительное значение потенциала управляющего электрода, большая средняя яркость изображения объекта и наоборот.

§ 74. АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ

Уровень сигналов, приходящих на вход телевизионного приемника, может изменяться в зависимости от условий распространения радиоволн. Чтобы при изменениях приходящего сигнала величина видеосигнала, подаваемого на кинескоп, поддерживалась в некоторых пределах постоянной, применяется автоматическая регулировка усиления (АРУ).

В радиоприемниках для осуществления автоматической регулировки усиления используют постоянную составляющую напряжения, выделенного на нагрузке детектора.

Для автоматической регулировки усиления служат лампы с переменной крутизной характеристики. Чем сильнее приходящий сигнал, тем больше напряжение на нагрузке детектора и отрицательное смещение на управляющей сетке усилительной лампы. Поэтому малые сигналы усиливаются на крутом участке характеристики, а большие сигналы — на пологом. Коэффициент усиления каскада K равен произведению крутизны характеристики лампы S на резонансное сопротивление контура Z_p :

$$K = SZ_p.$$

Малые сигналы усиливаются больше, чем большие, в результате этого громкость при приеме малых и больших сигналов получается примерно одинаковой.

В телевизионных приемниках постоянная составляющая напряжения, выделенного на нагрузке видеодетектора, не может быть использована для автоматической регулировки усиления. Она изменяется не только при колебании уровня приходящего сигнала, но и при изменении средней яркости передаваемого изображения. Это вынуждает строить схемы АРУ в телевизорах несколько иначе, чем в радиоприемниках.

§ 75. СХЕМЫ АРУ

Схема АРУ с пиковым детектором

С изменением характера передаваемого изображения постоянным остается только размах гасящих и синхронизирующих импульсов. Эти импульсы используются для получения напряжения автоматической регулировки усиления.

Чтобы получить напряжение АРУ, используют дополнительный пиковый детектор, который включают параллельно основному видео-детектору (рис. 113).

Емкость конденсатора C_3 выбирают такой, чтобы за время между двумя синхронизирующими импульсами конденсатор C_3 не успел сколько-нибудь существенно разрядиться через цепи АРУ регулируемых ламп. Когда видеосигнал отпирает диод D_2 , конденсатор C_3 через малое сопротивление открытого диода быстро заряжается до пикового значения синхронизирующего импульса. Если диод D_2 заперт, конденсатор C_3 медленно разряжается через цепи АРУ регулируемых ламп,

и напряжение на конденсаторе до прихода следующего синхронизирующего импульса остается практически неизменным.

Напряжение АРУ через фильтр $R_\Phi C_\Phi$ поступает на управляющие сетки ламп усилителя высокой частоты и усилителя промежуточной частоты, смещая влево рабочую точку на анодно-сеточной характеристике лампы.

Поскольку снижение усиления при приеме слабых сигналов нежелательно, то в схему АРУ вводят источник напряжения «задержки» $U_{з.д.}$.

Резисторы R_2 и R_3 образуют делитель напряжения. С резистора R_2 на катод диода D_2 подается положительное напряжение задержки порядка нескольких вольт. При приеме слабых сигналов, когда напряжение промежуточной частоты меньше напряжения задержки, диод пикового детектора D_2 заперт, напряжение АРУ с пикового детектора не снимается. Во время приема больших сигналов, когда напряжение промежуточной частоты выше напряжения задержки, диод D_2 отпирается и конденсатор C_3 заряжается до пикового значения приложенного напряжения. Это напряжение через фильтр $R_\Phi C_\Phi$ подается на управляющие сетки регулируемых ламп.

Для получения напряжения АРУ в некоторых телевизорах используют амплитудный селектор, сеточная цепь которого работает в режиме пикового детектора.

Как указывалось в гл. X, при работе амплитудного селектора на резисторе утечки за счет сеточного тока селекторной лампы выделяется отрицательное напряжение, величина которого прямо пропорциональна уровню сигнала изображения. Часть этого отрицательного напряжения через низкочастотный фильтр поступает на управляющие сетки регулируемых ламп как напряжение АРУ.

Схемы АРУ с пиковым детектором недостаточно эффективны. При малой постоянной времени нагрузки пикового детектора ухудшается

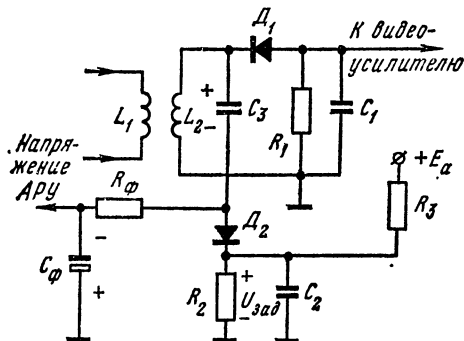


Рис. 113. Схема задержанной АРУ с пиковым детектором

помехоустойчивость приемника, так как на нагрузке детектора выделяется напряжение импульсной помехи, что и приведет к ненужному уменьшению усиления телевизора. Если постоянная времени большая, напряжение АРУ не успевает изменяться вслед за быстрыми изменениями уровня приходящего сигнала, возникающими, например, при полете самолета вблизи пункта приема.

Ключевая схема АРУ

Из всех схем АРУ, применяемых в телевизионных приемниках, ключевая является наиболее совершенной.

Рассмотрим типичный вариант ключевой схемы АРУ (рис. 114).

На анод ключевой лампы L_2 подается напряжение с обмотки L_1 выходного трансформатора строчной развертки. Управляющая сетка ключевой лампы заземлена, а

катод соединен с катодом лампы видеоусилителя L_1 . При отсутствии сигнала анодный ток лампы L_1 создает на катодном резисторе R_2 падение напряжения, которое подается на участок «управляющая сетка-катод ключевой лампы» и запирает лампу. На управляющую сетку лампы видеоусилителя поступает позитивный сигнал, при котором наиболее черному участку изображения соответствует наименьшее

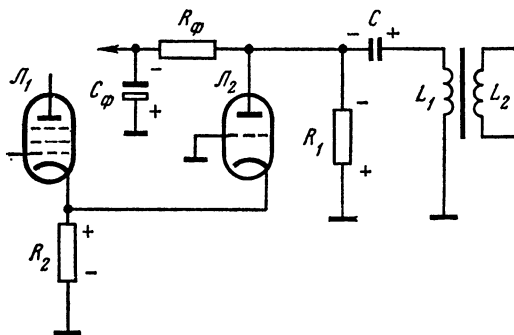


Рис. 114. Упрощенная схема ключевой АРУ

напряжение на управляющей сетке и, следовательно, наименьший анодный ток. Поэтому при прохождении строчных гасящих и синхронизирующих импульсов разность потенциалов между управляющей сеткой и катодом ключевой лампы будет наименьшей и лампа L_2 в момент прохождения строчного гасящего и синхронизирующего импульсов отпирается. Во время действия гасящего импульса происходит обратный ход строчной развертки. На обмотке трансформатора возникает импульс напряжения, который выпрямляется ключевой лампой. Постоянная составляющая выпрямленного лампой L_2 тока замыкается по цепи: анод L_2 — катод R_2 — земля — R_1 — анод L_2 . На R_1 выделяется напряжение, до которого заряжается конденсатор C . Через фильтр $R_\phi C_\phi$ это напряжение отрицательной полярности подается на управляющие сетки регулируемых ламп как напряжение АРУ.

Внутреннее сопротивление лампы постоянному току зависит от напряжения на ее катоде. Чем выше потенциал катода, тем больше внутреннее сопротивление лампы, меньше выпрямленный ток и напряжение на R_1 и C .

Ключевая лампа отпирается только во время прохождения гасящих импульсов, которые совпадают по времени с импульсами напряжения обратного хода на обмотке выходного трансформатора строчной развертки. Поэтому ток, выпрямленный лампой L_2 , прямо пропорционален амплитуде гасящих импульсов и не зависит от значения сигнала в промежутках между импульсами.

Когда приходит большой сигнал, амплитуда гасящих импульсов велика, анодный ток лампы L_1 в момент прохождения импульсов мал, падение напряжения на R_2 и, следовательно, внутреннее сопротивление ключевой лампы тоже малы, выпрямленный ток и напряжение АРУ больше. При слабых сигналах амплитуда гасящих импульсов уменьшается, анодный ток лампы L_1 во время прохождения импульсов увеличивается, падение напряжения на R_2 возрастает. Внутреннее сопротивление ключевой лампы увеличивается, выпрямленный ток и напряжение АРУ уменьшается.

Постоянные времени цепей R_1C и $R_\Phi C_\Phi$ в этой схеме могут быть малыми, что обеспечивает быстрое срабатывание системы АРУ.

Существуют и другие ключевые схемы АРУ, в которых напряжение сигнала подается на ключевую лампу с нагрузки видеодетектора или с анодной нагрузки видеоусилителя.

Помимо автоматической регулировки усиления в каждом телевизоре имеется ручная регулировка контрастности. Контрастность изображения можно регулировать изменением отрицательного смещения на управляющих сетках ламп УВЧ или УПЧ, изменением напряжения на входе видеоусилителя и некоторыми другими способами.

Практическая схема АРУ

В унифицированных телевизорах второго класса применяется задержанная автоматическая регулировка усиления, собранная по схеме частично запертого усилителя (рис. 115).

С дополнительной обмотки выходного строчного трансформатора подаются импульсы обратного хода строчной развертки на анод лампы ключевой АРУ L_{16} , на катод — постоянное напряжение, на управляющую сетку — регулируемое напряжение видеосигнала. Отрицательное напряжение с конденсатора C_1 на лампы УВЧ блока ПТК поступает с верхней шины АРУ, к которой присоединен диод задержки D_1 . При уровне входного сигнала, меньшем 700 мкВ, диод открыт, так как положительное напряжение на его аноде, поступающее через потенциометр R_{11} , больше отрицательного напряжения, вырабатываемого лампой АРУ. В этом случае на шине АРУ, соединенной с блоком ПТК, имеется положительное напряжение 0,3—0,4 В, создаваемое током, протекающим через диод D_1 . С увеличением входного сигнала отрицательное напряжение, вырабатываемое схемой АРУ, возрастает, диод запирается, и на сетки ламп УВЧ начинает поступать отрицательное напряжение.

Поскольку анод лампы L_{16} соединен с диодом D_1 через резистор R_4 большой величины, отпирание диода никак не сказывается на величине управляющего напряжения, вырабатываемого лампой ключевой

3. В чем заключается вредное влияние выходной емкости усилительного каскада на форму его частотной характеристики?
4. Для чего необходима высокочастотная и низкочастотная коррекция?
5. Поясните особенности транзисторного видеоусилителя.
6. Для чего необходима АРУ в телевизионных приемниках?
7. Поясните на примере АРУ типового телевизора работу АРУ и схемы задержки включения звукового сопровождения.
8. Дайте сравнительную оценку работы рассмотренных схем АРУ.

Глава XV

КАНАЛ ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

§ 76. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Принципы получения промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения были рассмотрены в главе VII, а способы разделения сигналов звука и изображения — в главе XIII.

В двухканальных телевизионных приемниках сигнал с промежуточной частотой звука усиливается несколькими каскадами УПЧ. Эти каскады по схеме почти не отличаются от каскадов усиления промежуточной частоты обычного супергетеродинного радиоприемника. Нагрузкой каскада может быть одиночный контур или полосовой фильтр, настроенный на промежуточную частоту звука, с шириной полосы пропускания около 300 кГц.

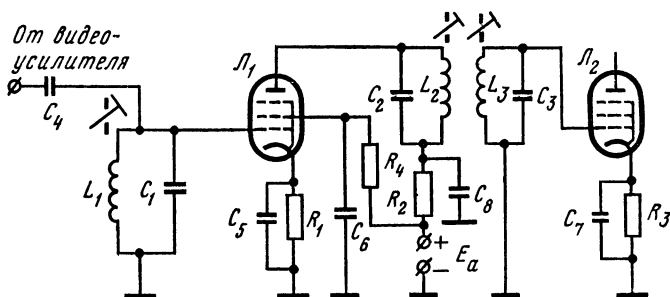


Рис. 116. Типовая схема усилителя промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения

В одноканальных приемниках промежуточная частота сигналов звукового сопровождения для любого типа телевизора равна 6,5 МГц.

Рассмотрим типовую схему усилителя промежуточной частоты одноканального телевизора (рис. 116).

Входной контур усилителя L_1C_1 настроен на промежуточную частоту сигналов звукового сопровождения 6,5 МГц. Он выделяет напряжение этой частоты из общего сигнала, полученного на нагрузке видеоусилителя. Нагрузкой в анодной цепи лампы L_1 является полосовой фильтр, настроенный на частоту 6,5 МГц. Между контурами L_2C_2 и L_3C_3 устанавливается сильная связь, так что частотная характеристика фильтра получается двугорбой с крутыми скатами и с «провалом»

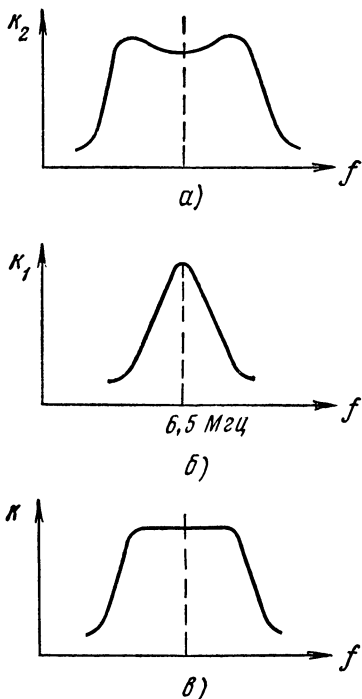


Рис. 117. Образование частотной характеристики каскада УПЧ звука:

a — частотная характеристика фильтра L_2C_2, L_3C_3 , *б* — частотная характеристика контура L_1C_1 , *в* — сквозная частотная характеристика каскада

на частоте 6,5 МГц (рис. 117, *a*). Но контур L_1C_1 (см. рис. 116) имеет резонанс на этой частоте (рис. 117, *б*) и поэтому общая частотная характеристика каскада получается с крутыми скатами и широкой, почти плоской вершиной (рис. 117, *в*). Крутые скаты частотной характеристики позволяют хорошо отфильтровывать близкие частоты сигнала изображения, проникновение которых в канал звукового сопровождения ведет к сильным искажениям звука.

Напряжение промежуточной частоты звука промодулировано по частоте звуком, а по амплитуде — видеосигналом. Низшие видеочастоты могут создавать помехи в канале звукового сопровождения. Для устранения влияния амплитудной модуляции используется специальный ограничитель амплитуды. С выхода амплитудного ограничителя напряжение промежуточной частоты звука, освобожденное от паразитной амплитудной модуляции, подается на частотный детектор. Частотный детектор преобразует модулированное по частоте напряжение промежуточной частоты в напряжение звуковой модулирующей частоты.

§ 77. ПРАКТИЧЕСКАЯ СХЕМА ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ЗВУКА (УПЧЗ)

Несмотря на сравнительно низкие частоты усиливаемых сигналов добиться устойчивости усиления УПЧЗ не менее сложно, чем в УПЧИ. В этом немаловажную роль играют различные схемы нейтрализации ослабления паразитных связей, каскады апериодического усиления. Наилучшие результаты по обеспечению максимального устойчивого усиления дают так называемые каскодные схемы УПЧЗ (рис. 118).

УПЧЗ содержит всего один каскад на двух транзисторах типа КТ-315 (T_1 и T_2), образующих каскодную схему. Транзистор T_2 включен по схеме с общим эмиттером; в его коллекторную цепь включен тран-

зистор T_1 по схеме с общей базой. База транзистора T_1 по высокой частоте заземлена конденсатором C_1 .

Необходимое усиление одним каскодным каскадом УПЧЗ обеспечивается в том случае, если усиливаемый им сигнал предварительно был

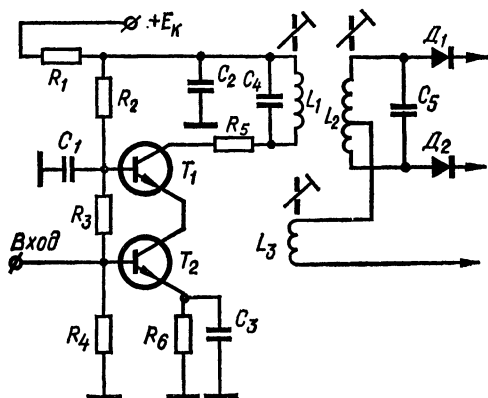


Рис. 118. Схема усилителя промежуточной частоты сигнала звукового сопровождения

усилен еще одним каскадом усилителя. В этом случае каскад видеосилителя создает дополнительное усиление сигналов разностной частоты. Режим каскада УЧПЗ по постоянному току определяется резисторами $R_1—R_6$. Нагрузкой каскада является контур L_1C_4 , входящий в состав фазовращающего трансформатора частотного детектора (дробного детектора).

§ 78. АМПЛИТУДНЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ

Ограничителем называется устройство, в котором, начиная с некоторого значения входного напряжения, выходное напряжение остается неизменным. То значение входного напряжения, начиная с которого выходное напряжение не изменяется, называется *порогом ограничения*.

В качестве ограничителей можно использовать полупроводниковые приборы и вакуумные лампы.

В телевизорах ограничение амплитуды осуществляют, как правило, при помощи пентодных ограничителей. Роль ограничителя обычно выполняет последний каскад усилителя напряжения промежуточной частоты звука. Схема такого ограничителя приведена на рис. 119, а.

Чтобы осуществить ограничение, на анод и экранирующую сетку лампы подают заниженные напряжения порядка 20—40 в, причем напряжение на аноде ниже, чем на экранирующей сетке. При таких питающих напряжениях лампа запирается малым отрицательным напряжением на управляющей сетке, и ток насыщения получается при малом отрицательном сеточном напряжении. В цепь управляющей сетки включают переходную цепь C_g, R_{g1} .

При подаче напряжения сигнала в положительные полупериоды возникает сеточный ток, который заряжает конденсатор C_{g1} . В отрицательные полупериоды напряжений сигнала конденсатор C_{g1} разряжается через резистор R_{g1} , создавая на нем отрицательное напря-

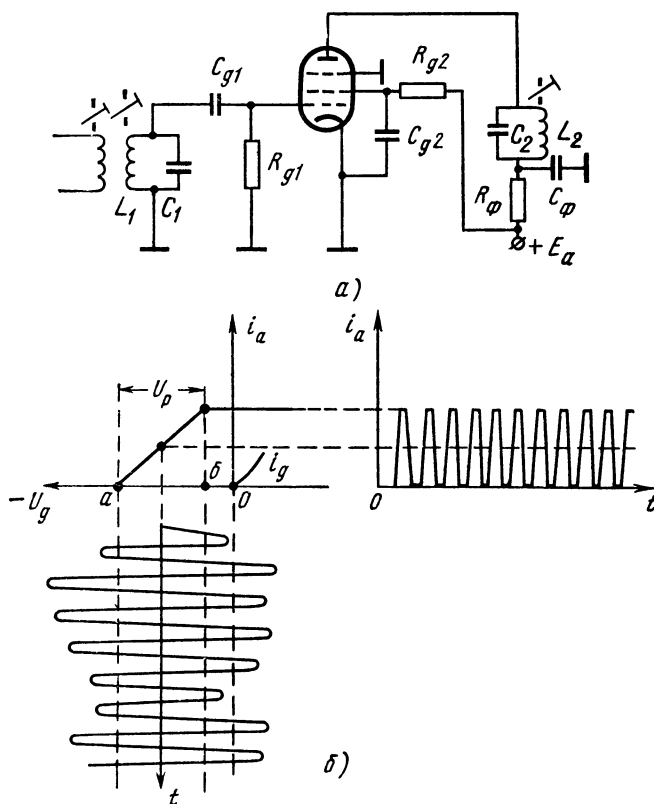


Рис. 119. Схема (а) и график работы (б) пентодного ограничителя

жение смещения для лампы. Чем больше амплитуда приходящих сигналов, тем больше сеточный ток и соответственно отрицательное напряжение смещения на управляющей сетке. При некотором значении амплитуды возникает отсечка анодного тока, что соответствует ограничению видеосигнала снизу (рис. 119, б). Ограничение видеосигнала сверху происходит вследствие работы лампы на верхнем изгибе анодно-сеточной характеристики. Перепад напряжения U_p между двумя перегибами динамической характеристики (точки а и б) называется *раствором характеристики ограничения*. Раствор характеристики ограничения для пентодных ограничителей равен 1—3 в. Для эффективного ограничения амплитуда входного напряжения должна быть заведомо в несколько раз больше раствора характеристики

§ 79. ЧАСТОТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Частотный детектор

Наибольшее применение в телевизионных приемниках имеют две схемы детектирования — частотный дискриминатор и дробный детектор, или детектор отношений.

Контур L_2C_2 дискриминатора (рис. 120) связан индуктивно-емкостной связью с контуром L_1C_1 , который является нагрузкой амплитудного ограничителя. Оба контура настроены на среднее значение промежуточной частоты звукового сопровождения.

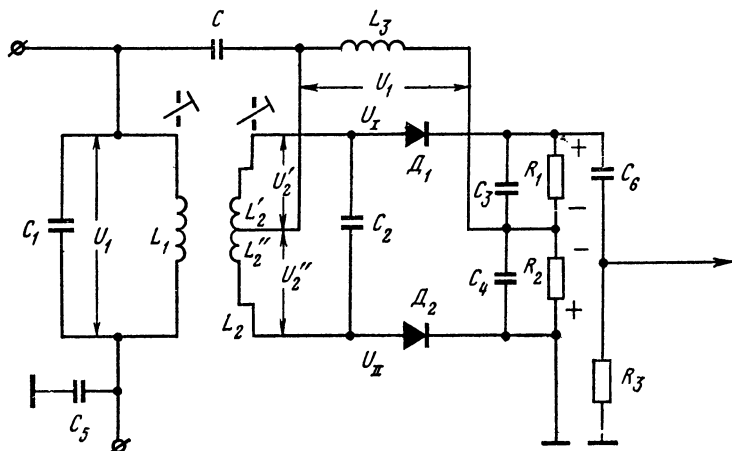


Рис. 120. Схема частотного дискриминатора

Верхняя точка первого контура L_1C_1 через конденсатор C соединена со средней точкой катушки L_2 второго контура L_2C_2 . Через конденсаторы C , C_3 и C_4 параллельно контуру L_1C_1 подключается дроссель высокой частоты L_3 . Для токов высокой частоты емкостные сопротивления конденсаторов C , C_3 , C_4 малы и поэтому напряжение на дросселе равно напряжению U_1 на контуре L_1C_1 .

Напряжение U_1 на катушке L_1 опережает по фазе ток в этой катушке I_1 на угол 90° (рис. 121, а). Магнитное поле, созданное током I_1 , наводит в катушке второго контура L_2 э. д. с. взаимной индукции E_2 , которая отстает по фазе от тока I_1 на угол 90° . Под действием этой э. д. с. во втором контуре течет ток I_2 . Если поступает сигнал с промежуточной частотой звука $f_{\text{пр.зв}}$, то в контуре L_2C_2 возникает резонанс токов и ток I_2 совпадает по фазе с э. д. с. E_2 .

На плечах катушки второго контура L_2 и L_2' ток I_2 выделяет напряжения U_2' и U_2'' , равные по величине и сдвинутые по фазе относительно тока I_2 на угол 90° . Относительно средней точки катушки L_2 эти напряжения имеют противоположные фазы.

К диоду D_1 прикладывается напряжение U_1 с дросселя L_3 и напряжение U'_2 с верхнего плеча катушки второго контура L'_2 . Результирующее напряжение на аноде диода D_1 равно векторной сумме этих напряжений:

$$\bar{U}_I = \bar{U}_1 + \bar{U}'_2.$$

К диоду D_2 приложено напряжение U_1 с дросселя L_3 и напряжение U''_2 с нижнего плеча катушки второго контура L'_2 . Результирующее напряжение на аноде второго диода

$$\bar{U}_{II} = \bar{U}_1 + \bar{U}''_2.$$

Как показывает векторная диаграмма на рис. 121, *а*, к обоим диодам прикладываются одинаковые по величине напряжения U_1 и U_{II} . Выпрямленные диодами токи равны и выделяют на равных нагрузочных резисторах R_1 и R_2 (см. рис. 120) равные по величине и противоположные по знаку напряжения. Результирующее напряжение, снимаемое с R_1 и R_2 на вход усилителя низкой частоты, равно нулю.

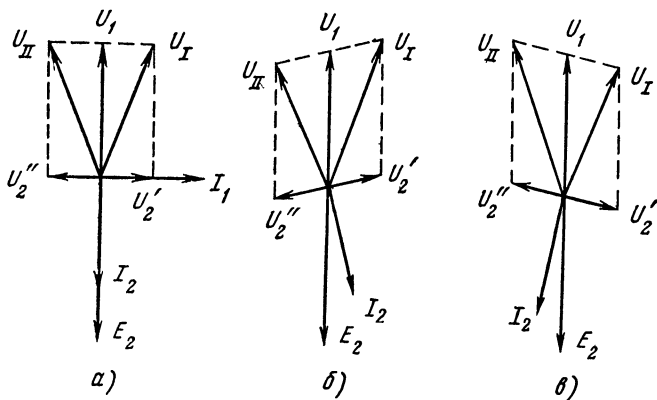


Рис. 121. Векторные диаграммы частотного дискриминатора:

$$a - f = f_{\text{пр.зв}}, \quad б - f = f_{\text{пр.зв}} - \Delta f, \quad в - f = f_{\text{пр.зв}} + \Delta f$$

Когда частота приходящего сигнала уменьшается ($f = f_{\text{пр.зв}} - \Delta f$), резонанса в контуре $L_2 C_2$ нет и сопротивление контура имеет емкостный характер. Тогда ток I_2 опережает по фазе E_2 (рис. 121, *б*): векторы напряжений U'_2 и U''_2 уже не перпендикулярны вектору U_1 и равенство напряжений, приложенных к диодам, нарушается. Напряжение U_I , приложенное к первому диоду D_1 (см. рис. 120), увеличится, а напряжение U_{II} , приложенное ко второму диоду D_2 , уменьшится. Ток, выпрямленный первым диодом, больше тока, выпрямленного вторым диодом. Поэтому напряжение на R_1 больше напряжения на R_2 и на нагрузке выделится разностное положительное по отношению к земле напряжение.

Когда частота сигнала увеличивается ($f = f_{\text{пр.зв}} + \Delta f$), сопротивление контура L_2C_2 имеет индуктивный характер и ток I_2 отстает по фазе от э. д. с. E_2 (рис. 121, в). Теперь напряжение U_{11} на диоде D_2 больше напряжения U_1 на диоде D_1 . Ток, выпрямленный вторым диодом, больше тока, выпрямленного первым диодом, и на нагрузке выделится разностное отрицательное по отношению к земле напряжение.

Поскольку частота приходящего сигнала изменяется со звуковой частотой, то и разностное напряжение, которое выделяется на R_1 и R_2 (см. рис. 120), также изменяется со звуковой частотой.

Нагрузочные резисторы дискриминатора R_1 и R_2 берут порядка нескольких сот килоом, шунтирующие конденсаторы C_3 и C_4 — от нескольких десятков до нескольких сотен пикофард.

Зависимость напряжения на выходе дискриминатора от частоты называется его частотной характеристикой (рис. 122, а).

Частотная характеристика остается линейной в пределах полосы пропускания контуров L_1C_1 и L_2C_2 (см. рис. 120), где при расстройке напряжения на контурах изменяются не очень сильно (рис. 122, б).

Недостатком дискриминаторов является их чувствительность к паразитной амплитудной модуляции сигнала. При наличии паразитной амплитудной модуляции изменяется напряжение U_1 на первом контуре. Тогда изменяется и приложенные к диодам напряжения, и на нагрузке дискриминатора наряду с напряжением звукового сопровождения выделится напряжение шумов, модулирующих сигнал по амплитуде. Поэтому при использовании дискриминатора в приемнике обязательно должен быть амплитудный ограничитель.

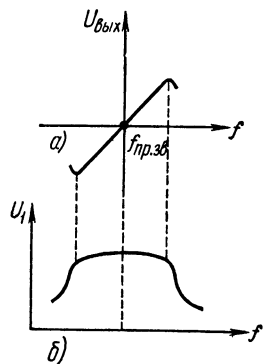


Рис. 122. К объяснению работы дискриминатора: а — частотная характеристика дискриминатора, б — резонансная кривая контура L_1C_1

Дробный детектор

Дробный детектор (рис. 123) отличается от дискриминатора способом включения диодов, наличием конденсатора большой емкости C_5 и выравнивающих резисторов R_1 и R_2 .

Как и в дискриминаторе, при сигнале с промежуточной частотой звука к обоим диодам прикладываются одинаковые по величине напряжения, выпрямленные ими токи равны и на резисторах R_3 и R_4 выделяются одинаковые напряжения. Конденсатор C_5 заряжается до суммы этих напряжений.

При изменении частоты токи, выпрямленные диодами, изменяются со звуковой частотой и на R_3 и R_4 выделяются напряжения звуковой частоты, до которых заряжаются конденсаторы C_3 и C_4 .

Паразитная амплитудная модуляция вызывает быстрые изменения амплитуды сигнала. Если бы в схеме не было конденсатора C_5 , то быст-

рое изменение амплитуды сигнала вызвало бы изменение напряжения на резисторах R_3 и R_4 . При наличии C_5 это произойти не может: конденсатор большой емкости C_5 заряжается и разряжается медленно, а потому при быстрых изменениях амплитуды сигнала напряжение на нем измениться не успевает.

Напряжение, до которого заряжен конденсатор C_5 , делится между ячейками R_3C_3 и R_4C_4 . Если при быстрых изменениях сигнала не изме-

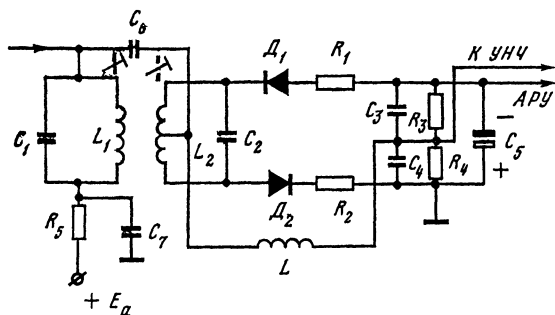


Рис. 123. Схема дробного детектора

няется напряжение на конденсаторе C_5 , то остается постоянной и та его часть, которая выделяется на цепочке R_4C_4 и подается на вход усилителя низкой частоты (УНЧ). Следовательно, дробный детектор малочувствителен к паразитной амплитудной модуляции и при его использовании к ограничителю амплитуд предъявляются менее жесткие требования.

При медленном возрастании амплитуды сигнала напряжение на конденсаторе C_5 будет медленно увеличиваться, а потому возрастут напряжение звуковой частоты, снимаемое с R_4 , и громкость.

Выравнивающие резисторы R_1 и R_2 служат для симметрирования схемы и задерживают заряд и разряд конденсатора C_4 , уменьшая тем самым чувствительность детектора к паразитной амплитудной модуляции.

По сравнению с дискриминатором напряжение на выходе дробного детектора при прочих равных условиях в 3—4 раза меньше. Но этот недостаток компенсируется малой чувствительностью детектора к паразитной амплитудной модуляции и возможностью построить приемник без ограничения амплитуды.

Усилитель низкой частоты канала звукового сопровождения телевизора содержит обычно один-два каскада усиления напряжения звуковой частоты и трансформаторный (иногда бестрансформаторный) выходной каскад. В связи с отсутствием специфических особенностей УНЧ, применяемого в телевизоре, рассмотрение принципиальной схемы его не проводится.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните работу пентодного ограничителя.
2. Как действует транзисторный УПЧ звука и частотный детектор?

Глава XVI ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

§ 80. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цветное телевидение, получившее широкое распространение в нашей стране и за рубежом, является одним из замечательных достижений современной радиоэлектроники.

Цвет — один из существенных компонентов любого изображения дает телезрителю большое эстетическое удовольствие, а также повышает содержание информации в изображении.

Благодаря цветному телевидению значительно расширился круг тематики передач, стало ярким и доступным их содержание, что благотворно сказалось на увеличении телевизионной аудитории. Цветное телевидение открыло широкие возможности для эффективного его применения в медицине, промышленности и т. д.

Система цветного телевидения как и система черно-белого телевидения определяет совокупность технических средств, позволяющих передать на расстояние подвижное цветное изображение предмета. В этом комплексе имеются отчетливо выраженные три звена: передающее, приемное и канал передачи. Передающее звено представлено комплексом телевизионного оборудования, включая телевизионный передатчик.

Приемным звеном по-прежнему является телевизионный приемник, несколько отличающийся по устройству от приемника черно-белого телевидения.

Под каналом передачи понимается совокупность методов и способов формирования и передачи сигналов цветного телевидения.

Системы цветного телевидения разрабатывались несколько десятков лет. Проект одной из первых систем был предложен в 1925 г. советским инженером И. А. Адамянном. Однако на практике передача цветного изображения стала возможной сравнительно недавно, после того как был накоплен большой опыт в конструировании аппаратуры черно-белого телевидения. Это объясняется тем, что передать цветное изображение гораздо сложнее, чем черно-белое. Для передачи черно-белого изображения достаточно посылать сигналы, несущие информацию о яркости элементов данного изображения. В цветных телевизионных передачах необходимо передавать также и специальные сигналы цветности, несущие информацию о цветовом тоне и насыщенности цвета участков изображения.

Во многих советских и зарубежных научно-исследовательских институтах проводились работы по созданию простой и дешевой системы цветного телевидения.

К настоящему времени разработано несколько систем цветного телевидения, отличающихся между собой только методами формирования и передачи сигналов, несущих информацию о цвете изображения. Таким образом, различие систем цветного телевидения заключается только в особенностях канала передачи, что составляет небольшую часть (порядка 10%) от общего объема оборудования, применяемого в каждой системе.

Необходимо было выбрать наиболее выгодную систему в техническом и экономическом отношении и применить ее в усовершенствованном варианте в телевизионном вещании. Выбранная система должна обеспечивать не только высокое качество изображения, но и обладать большой надежностью в эксплуатации. Такие показатели системы как помехозащищенность при передаче видеосигнала на большие расстояния, правильность самой цветопередачи наряду с необходимостью невысокой стоимости телевизионного приемника были решающими при выборе системы цветного телевидения.

В настоящее время многие страны уже определились с выбором системы. Конкурентоспособными и наиболее подходящими к промышленному использованию оказались только две системы цветного телевидения: американская система НТСИ (Национальный комитет телевизионных систем), ее разновидность — система ПАЛ (строка с переменной фазой), предложенная в ФРГ, и советско-французская система СЕКАМ (последовательная с запоминанием), являющаяся результатом плодотворного сотрудничества французских и советских ученых и инженеров.

§ 81. СОВМЕСТИМОСТЬ ЦВЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ

Основная трудность при разработке системы цветного телевидения заключается в необходимости выполнения так называемого условия двойной совместимости. Смысл двойной совместимости заключается в том, чтобы, с одной стороны, сигналы цветного телевидения принимались на телевизионные приемники черно-белого телевидения без какой-либо их доработки, т. е. должна быть обеспечена возможность приема сигналов цветного телевидения в черно-белом варианте. Такой сигнал цветного телевидения называют совместимым с сигналом черно-белого телевидения, т. е. выполняется условие «прямой совместимости». С другой стороны, должна быть обеспечена возможность высококачественного приема сигналов черно-белого телевидения на цветной телевизионный приемник, при этом имеется в виду прием телевизионной программы в черно-белом варианте. В этом заключается условие «обратной совместимости». Необходимость выполнения этих условий диктуется следующими обстоятельствами.

На этапе введения в эксплуатацию цветного телевидения нельзя не считаться с владельцами многомиллионного парка приемников черно-белого телевидения и ограничивать их права в просмотре цветных телевизионных передач, так же как нельзя лишать возможности просмотра телезрителями передач в черно-белом варианте на цветных телевизионных приемниках. Существующая «теснота» в эфире не дает возможности использовать отдельные каналы, предназначенные только для

цветного телевизионного вещания и предусматривающие отдельные передатчики телевизионного сигнала. Последнее обстоятельство связано с повышением стоимости и без того дорогой аппаратуры цветного телевидения.

Таким образом, точная и конкретная формулировка совместимости сводится к следующему:

1. Сигнал цветного телевидения должен содержать все элементы сигнала черно-белого телевидения, а также информацию о распределении яркости в передаваемом изображении.

2. Все другие элементы, содержащиеся в сигнале цветного телевидения, необходимые для передачи информации о цвете передаваемых сцен, не должны вызывать видимого ухудшения качества изображения на экране черно-белого телевизионного приемника.

3. Частотные расстановки в сигнале цветного телевидения на выходе передатчика должны быть такими же, как и в спектре сигнала черно-белого телевидения. Имеется в виду ширина спектра частот, разнесение несущих частот сигналов изображения и звукового сопровождения, ширина частично подавленной нижней боковой полосы частот радиосигнала и т. д.

Выполнение условий совместимости во всех вещательных системах цветного телевидения обеспечивается при помощи так называемого кодирования сигналов изображения на телевизионном центре и последующего их декодирования в цветном телевизионном приемнике. Такие устройства называются соответственно кодирующими и декодирующими.

§ 82. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Системы цветного телевидения различают и классифицируют по способу разложения передаваемого изображения на основные цвета, а также по способу передачи электрических сигналов, соответствующих основным цветам.

По способу разложения передаваемого изображения различают системы с одновременным и последовательным разложением. В системах, принятых для телевизионного вещания, используют, как правило, одновременное разложение, преимущество которого будет показано ниже. В промышленном цветном телевидении иногда применяют последовательное разложение изображения по полям с применением вращающихся цветных фильтров.

Системы НТСИ, ПАЛ, СЕКАМ являются представителями систем одновременного разложения изображения на основные составляющие цвета.

По способу передачи электрических сигналов о цвете и яркости в передаваемом изображении системы цветного телевидения разделяются на одновременную (одновременно передается информация о яркости и три вида информации о цвете), систему с последовательной передачей строк (во время разложения одной строки передается информация об одном цвете, полная информация о цвете изображения содержится в трех соседних строках разложения) и систему с последовательной пере-

дачей кадров (полная информация о цвете передается во время трех кадров).

В системе СЕКАМ используют промежуточный из указанных способов: одна информация о яркости изображения передается непрерывно, а две другие информации о цвете изображения — последовательно через строку разложения. Поэтому система СЕКАМ представляет собой последовательно-одновременную систему.

Одновременной является система НТСИ; в ее сигнале постоянно содержится три вида информации о яркости и о цвете изображения.

Система ПАЛ, как вариант системы НТСИ, тоже является одновременной, несмотря на то, что в ней с целью компенсации возникающих искажений используется периодическое (каждую вторую строку разложения) переключение фазы одного из двух сигналов цветности.

Известно, что при одновременной передаче сигналов по одному каналу возникают перекрестные искажения различного рода и тем большей интенсивности, чем больше передаваемых сигналов. В этом смысле система СЕКАМ выгодно отличается от системы НТСИ и ПАЛ, поскольку она предусматривает одновременную передачу только двух сигналов, а не трех.

§ 83. ОДНОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В рассматриваемой системе цветного телевидения одновременно передаются сигналы всех трех цветов. Передаваемое изображение проецируется в трех основных цветах на фотокатоды трех передающих трубок. Общий световой поток от передаваемого изображения разделяется на три потока основных цветов чаще всего при помощи цветоделительных зеркал, которые отражают одну составляющую светового потока и пропускают другие.

Зеркало 2 (рис. 124) отражает синие лучи и пропускает зеленые и красные. Зеркало 3 отражает красные лучи и пропускает синие и зеленые. В результате этого на фотокатоды передающих трубок 4, 14 и 15 действуют красная, синяя и зеленая составляющие светового потока от передаваемого изображения. Развертка во всех трех трубках происходит синхронно и синфазно, и на нагрузках трубок образуются три сигнала изображения. Сигнал от каждой трубки передается к приемному устройству по отдельному каналу связи 5. В приемном устройстве сигналы преобразуются в три изображения в основных цветах, а затем эти изображения оптически складываются в одно цветное изображение.

Один из способов оптического сложения одноцветных изображений показан на рис. 124 справа. В приемном устройстве применены обычные одноцветные приемные трубки (кинескопы) 6, 10 и 13, перед экраном которых находятся красный 7, зеленый 12 и синий 9 светофильтры. Перед трубкой 13 установлен зеленый светофильтр, поэтому изображение, рассматриваемое через него, будет зеленым.

Цветоделительное зеркало 11 пропускает зеленые лучи и отражает красные, поступающие через красный светофильтр от приемной трубки 6. Цветоделительное зеркало 8 отражает синие лучи от трубки 10 и пропускает красные и зеленые. На глаз наблюдателя воздействуют

все три составляющие светового потока от передаваемого изображения, и получается впечатление одного цветного изображения.

В приемном устройстве могут быть применены также кинескопы с красным, синим и зеленым свечением экрана.

В рассмотренной системе каждый одноцветный сигнал — красный R , синий B и зеленый G — передается по отдельному каналу связи. Каждый из этих каналов занимает такую же полосу частот как сигнал

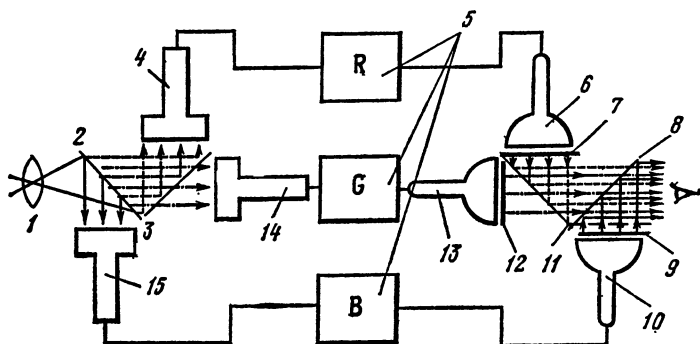


Рис. 124. Упрощенная схема одновременной системы цветного телевидения (сплошными линиями со стрелками показаны синие лучи, штрих-пунктирными — зеленые и штриховыми — красные):

1 — объектив, 2, 3, 8 и 11 — цветоделительные зеркала, 4, 14 и 15 — передающие трубки, 5 — три канала связи, 6, 10 и 13 — приемные трубки, 7 — красный светофильтр, 9 — синий светофильтр, 12 — зеленый светофильтр

черно-белого телевидения, так что и в этом случае требуется утроенная полоса частот. Достоинством системы является возможность применения того же стандарта развертки, каким пользуются в черно-белом телевидении.

Многочисленные практические измерения показали, что для правильного, привычного для человеческого глаза воспроизведения яркости в сумме трех одноцветных сигналов в основных цветах должно содержаться 59% зеленого сигнала, 30% красного и 11% синего. Если смешать в такой пропорции сигналы, поступающие по каждому из каналов, то получится яркостный сигнал, как в черно-белом телевидении

$$E_Y = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B.$$

Такой сигнал даст на экране обычного телевизора нормальное черно-белое изображение.

Известно, что при сложении красного, зеленого и синего цветов получается белый цвет (см. рис. 3 на цветной вкладке). Если уменьшить в одинаковое число раз мощности складываемых красного, зеленого и синего излучений, то уменьшится яркость результирующего белого свечения, т. е. белое станет серым. Если мощности складываемых излучений равны нулю, то и яркость результирующего свечения равна нулю

т. е. получится черное пятно. Следовательно, при сложении равных количеств красного, зеленого и синего цветов можно получить все градации яркости от белого до черного. Поэтому, если подать сигнал черно-белого телевидения одновременно на все три приемные трубки описываемой системы, то зритель увидит обычное одноцветное (черно-белое) изображение. Это говорит о том, что одновременная система цветного телевидения может быть совместимой. Вот почему в современном цветном телевизионном вещании применяют только одновременные системы.

Оптическое сложение изображений, полученных на экранах трех приемных трубок, технически очень сложно, а приемное устройство с тремя трубками получается громоздким и дорогим. Поэтому в современных вещательных приемниках цветного телевидения применяют специальные трехцветные приемные трубки, рассмотренные ранее.

§ 84. СИГНАЛ ЯРКОСТИ И ЦВЕТОРАЗНОСТНЫЕ СИГНАЛЫ

Чтобы одновременная система цветного телевидения была совместимой, необходимо разрешить две основные проблемы:

1) значительно сократить полосу частот, занимаемых тремя сигналами цвета, не выше $6,5 \text{ Мгц}$ (для советского стандарта);

2) ввести в состав сигнала цветного телевидения такой сигнал, который даст на экране обычного телевизора нормальное черно-белое изображение, т. е. одним из трех сигналов цветного телевидения должен быть яркостный (черно-белый) сигнал.

Для сужения полосы частот в современных системах цветного телевидения используют свойства зрения человека и особенности телевизионного сигнала. Поскольку при малых углах зрения мелкие окрашенные детали воспринимаются глазом как черно-белые, то нет необходимости передавать их в цвете. Их можно передать при помощи только одного сигнала, подобного сигналу черно-белого телевидения. В трех цветах нужно передавать лишь крупные детали, при рассматривании которых впечатление цветности сохраняется.

Известно, что мелким деталям изображения соответствуют высокие видеочастоты, крупным — сравнительно низкие. Опытным путем было установлено, что для передачи цветных деталей изображения достаточно на полоса частот всего около $1,5 \text{ Мгц}$. Более мелкие детали, для передачи которых необходимы большие частоты, можно передавать при помощи яркостного (черно-белого) сигнала.

Цветное изображение может быть передано тремя сигналами: яркостным и сигналами красного и синего цвета. Поскольку в яркостном сигнале содержится 59% зеленого, то специальный сигнал зеленого цвета не передается.

Полосы частот в каналах синего и красного сигналов в этом случае могут быть сокращены до $1,5 \text{ Мгц}$. Это значит, что цветное телевизионное изображение создается путем «подкрашивания» обычного черно-белого изображения специальными сигналами цвета. Однако сигналы красного и синего цветов, кроме информации о цветовом тоне и насыщенности, несут информацию о яркости данного участка изобраа-

жения, которая является совершенно излишней, поскольку уже имеется специальный яркостный сигнал E_Y . Поэтому вместо сигналов красного E_R и синего цвета E_B формируются и передаются так называемые цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} , не несущие информации о яркости. Эти сигналы называются иначе *сигналами цветности*.

Таким образом, в эфир необходимо передать три вида информации об изображении: сигнал яркости $E_Y = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B$; сигналы цветности $E_{R-Y} = 0,7E_R - 0,59E_G - 0,11E_B$ и $E_{B-Y} = -0,3E_R - 0,59E_G + 0,89E_B$. Характерной особенностью цветоразностных сигналов является их равенство нулю при передаче серых или черно-белых мест изображения. В самом деле, передающие цветные телевизионные каналы настраиваются так, чтобы при передаче неокрашенных мест изображения обеспечивалось постоянное равенство сигналов: $E_Y = E_R = E_G = E_B$, а отсюда следует и равенство нулю сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y} . Практика показывает, что в цветном телевидении большая часть участков и целых изображений оказываются черно-белыми. Поэтому применение цветоразностных сигналов позволяет упростить аппаратуру и уменьшить помехи от цветовой информации, которые наблюдаются при приеме сигнала цветного изображения на обычный приемник черно-белого телевидения. Цветной приемник принимает яркостный и два цветоразностных сигнала. При помощи специальных матричных схем из этих трех сигналов формируются сигналы красного, зеленого и синего цвета, которые модулируют электронные лучи цветной трехпрожекторной трубки, создавая на экране цветное изображение.

§ 85. СОКРАЩЕНИЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ СИГНАЛА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Сокращение полосы частот цветоразностных сигналов до $1,5 \text{ МГц}$ дает выигрыш по ширине полосы частот более, чем в 2 раза, однако результирующая полная полоса частот еще слишком велика:

$$F_{\text{полн}} = 6,5 \text{ МГц} + 1,5 \text{ МГц} + 1,5 \text{ МГц} = 9,5 \text{ МГц}.$$

Она не обеспечивает условий совместимости. Возможность дальнейшего сокращения этой полосы частот основывается на так называемой линейчатости спектра телевизионного сигнала. Установлено, что любой телевизионный сигнал (яркостный или цветоразностный) состоит из ряда гармоник, частоты которых кратны частоте строчной развертки; амплитуды гармоник убывают с увеличением частоты. Совместно с этими гармониками группируются другие гармоники, частоты которых кратны частоте кадровой развертки F_K , а амплитуды убывают по мере удаления от частоты, кратной частоте строчной развертки F_c (рис. 125).

Гармоники располагаются группами, интервал между соседними группами оказывается практически незаполненным. Линейчатость структур спектров яркостного сигнала и любого цветоразностного сигнала дает возможность расположить гармонические составляющие спектра цветоразностного сигнала в промежутке между гармонически-

ми составляющими спектра яркостного сигнала. Для этого нужно, чтобы их составляющие частоты были средним арифметическим

$$nF_{\text{к.цв}} = \frac{(2n + 1) F_{\text{к.я}}}{2},$$

где $(2n + 1)F_{\text{к.я}}$ — нечетная гармоника частоты кадров яркостного сигнала,

n — целое число, показывающее кратность гармоник,

$F_{\text{к.я}}$ — частота кадров яркостного сигнала,

$nF_{\text{к.цв}}$ — гармоника цветоразностного сигнала.

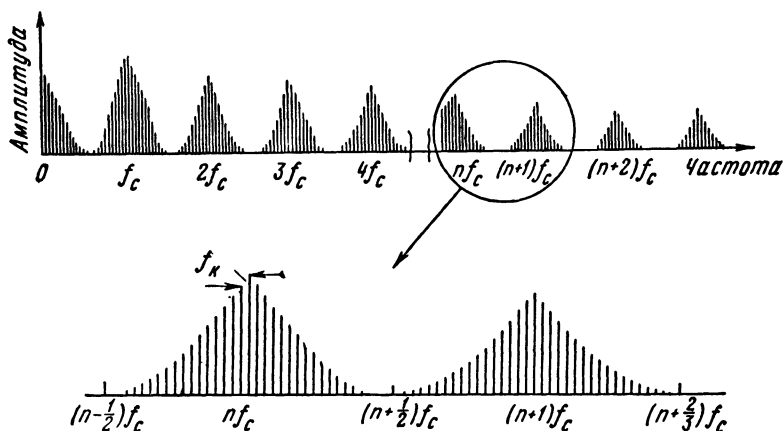


Рис. 125. Частотный спектр телевизионного сигнала

Таким образом, находящаяся в промежутке гармоника цветоразностного сигнала $nF_{\text{к.цв}}$ является нечетной $(2n + 1)$ полугармоникой $(F_{\text{к.я}}/2)$ кадровой частоты.

Исследования спектрального состава телевизионного сигнала показали, что максимум энергии телевизионного сигнала статистически (наиболее вероятно) группируется в диапазоне нижних частот полосы пропускания и амплитуды составляющих телевизионного сигнала в верхнем диапазоне частот очень малы (рис. 126, а). Именно в этом диапазоне частот яркостного сигнала можно разместить цветоразностный сигнал, передавая его при помощи модулируемого сигнала специально выбранной частоты. Сигнал этой добавочной частоты в отличие от несущей частоты радиосигнала изображения называют цветовой поднесущей. Частота цветовой поднесущей выбирается таким образом, чтобы обеспечивалось переплетение спектров яркостного и модулированного цветоразностного сигнала и чтобы спектр частот модулированного цветоразностного сигнала в основном находился в верхнем диапазоне частот яркостного сигнала (рис. 126, б).

С целью уменьшения вредных влияний высокочастотных составляющих яркостного сигнала на цветоразностные сигналы амплитуда

цветовой поднесущей должна быть больше амплитуд этих составляющих. Вместе с тем, амплитуда цветовой поднесущей должна быть меньше максимальной амплитуды яркостного сигнала, чтобы уменьшилась ее слишком большая мешающая модуляция яркости в кинескопе.

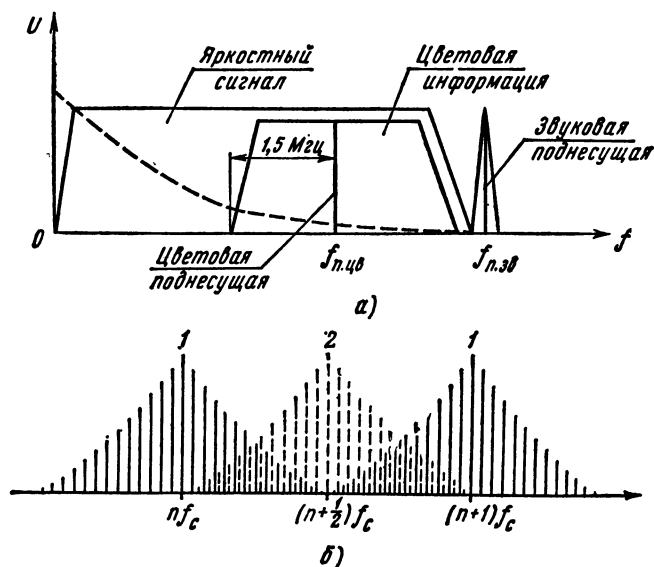


Рис. 126. Полный спектр сигнала цветного телевидения (а), переплетение спектров яркостного и цветного сигналов (б):
1 — яркостный сигнал, 2 — сигнал цветности

Для создания нормального цветного изображения необходимо передать два цветоразностных сигнала E_{R-Y} и E_{B-Y} . В каждой системе цветного телевидения эта проблема решается по-разному. В способах передачи двух цветоразностных сигналов в полосе частот яркостного сигнала и заключается особенность каждой системы цветного телевидения.

§ 86. СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ НТСИ И ПАЛ

В совместимой системе НТСИ для передачи двух цветоразностных сигналов используется только одна поднесущая с так называемой квадратурной модуляцией. Квадратурная модуляция поднесущей позволяет выделить в телевизионном приемнике одновременно два цветоразностных сигнала. Сущность такой модуляции заключается в следующем. Цветоразностные сигналы, поступая раздельно на вход «своего» модулятора, модулируют одну и ту же поднесущую, получаемую от задающего кварцевого генератора. Фазы этой поднесущей, подаваемой на модуляторы $R - Y$ и $B - Y$, сдвинуты на 90° .

Имеющиеся в модуляторах балансные схемы позволяют получить на выходе произведения входных напряжений с подавлением самой поднесущей. Подавление поднесущей уменьшает ее мешающее действие на изображение.

В блоке сложения, куда затем подаются оба цветоразностных сигнала, помещенные на поднесущую, происходит их сложение, и, таким образом, формируется полный сигнал цветности.

Полный сигнал цветности имеет амплитудную и фазовую модуляцию и несет в себе информацию о цветовом тоне элемента изображения и его насыщенности.

Полный сигнал цветности, складываясь с яркостным сигналом в этом же блоке сложения, образует полный сигнал цветного телевидения.

В телевизионном приемнике системы НТСИ имеется декодирующее устройство, позволяющее выделить полный сигнал цветности из сигнала цветного телевидения и затем разделить сигнал цветности на два цветоразностных сигнала с помощью так называемых синхронных детекторов, принцип действия которых аналогичен принципу действия балансных модуляторов. Система НТСИ наряду с эксплуатационными недостатками, связанными со сложностью оборудования передачи и приема, подвержена специфическим искажениям типа «дифференциальное усиление» и «дифференциальная фаза».

Искажения типа «дифференциальное усиление» возникают из-за нелинейности амплитудной характеристики телевизионного тракта.

Сигналы цветности, находясь на различных уровнях в яркостном сигнале, получают различное усиление. Размах сигнала цветности несет в себе информацию о насыщенности, поэтому непостоянство размаха сигнала цветности, вызванное искажениями типа «дифференциальное усиление», приводит к искажениям насыщенности передаваемых цветов.

Некоторые звенья телевизионного тракта (усилитель, модулятор, передатчик и т. д.) содержат нелинейные реактивные цепи RC , в которых активная составляющая R зависит и меняется от приложенного напряжения (например, входное сопротивление усилителя). При подаче на вход такой цепи полного сигнала цветного телевидения с квадратурной модуляцией цветоразностных сигналов цветовой тон различных участков изображения будет меняться в зависимости от мгновенного значения сигнала яркости. Сдвиг фаз в нелинейной цепи RC определяется выражением

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega C}{R},$$

где ω — угловая частота сигнала цветности.

Величина R , а следовательно, и угол φ зависят от размаха яркостного сигнала.

В системе НТСИ фазовые отношения в сигнале цветности несут информацию о цветовом тоне, поэтому изменение угла φ приводит к искажениям типа «дифференциальная фаза» и искажениям цветового тона.

Система ПАЛ в основном содержит все идеи, присущие системе НТСИ. Особенность ПАЛ заключается в способе устранения искажений типа «дифференциальная фаза».

В системе ПАЛ фаза поднесущей одного из цветоразностных сигналов от строки к строке изменяется на 180° , кроме того, в телевизионных приемниках для сигнала цветности имеется линия задержки сигнала на время, равное длительности одной строки ($T_{\text{стр}} = 64 \text{ мксек}$). Таким образом, в телевизионном приемнике будут иметься два сигнала цветности с задержкой на одну строку. Изменение фазы одного цветоразностного сигнала от строки к строке на 180° приводит к тому, что фазовые ошибки, одинаковые по величине, будут иметь разные знаки. При сложении двух напряжений: напряжения на входе линии задержки с таким же напряжением обратной полярности (180°) на ее выходе фазовая ошибка устраняется.

Система ПАЛ, компенсируя фазовые искажения, все же подвержена искажениям типа «дифференциальное усиление». Это является ее основным недостатком.

§ 87. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ И ЗАПОМИНАНИЕМ СТРОК

Как уже было сказано, системы цветного телевидения, использующие квадратурную модуляцию, имеют принципиальный недостаток — искажения цветового тона и насыщенности, вызываемые нелинейностью частотных, фазовых и амплитудных характеристик узлов телевизионного тракта. Исключить этот недостаток можно только в том случае, если отказаться от передачи цветоразностных сигналов при помощи амплитудно-фазовой модуляции поднесущей.

В системе СЕКАМ информация о цветовом тоне не определяется фазовыми соотношениями цветоразностных сигналов. В первоначальных вариантах системы информация о цветовом тоне передавалась амплитудной модуляцией поднесущей, в более усовершенствованной системе СЕКАМ цветная информация передается наиболее выгодной частотной модуляцией поднесущей.

Рассмотрим более подробно принципы построения системы СЕКАМ с последовательной передачей и запоминанием строк.

Возможность поочередной передачи цветоразностных сигналов основывается на следующем соображении. При известном сокращении полосы частот цветоразностных сигналов до $1,5 \text{ МГц}$ четкость изображения по цвету в горизонтальном направлении (вдоль строк) составит приблизительно 140—150 строк. Между тем, четкость изображения в вертикальном направлении остается стандартной, равной количеству строк разложения в кадре, т. е. 600. Такая вертикальная четкость по цвету оказывается совершенно излишней, а поэтому вертикальную четкость для элементов, отличающихся между собой цветовым оттенком и насыщенностью, без ущерба для качества цветного изображения можно уменьшить, по крайней мере, вдвое. Этого можно добиться, если передавать цветоразностные сигналы поочередно. Таким образом, в каждой стандартной строке разложения появляется возможность пе-

редачи только одного цветоразностного сигнала (например, E_{R-Y} — в четных строках, E_{B-Y} — в нечетных строках). Последовательная передача цветовой информации обеспечивает возможность использования частотной модуляции поднесущей при существенном уменьшении искажений, присущих системам с амплитудно-фазовой модуляцией.

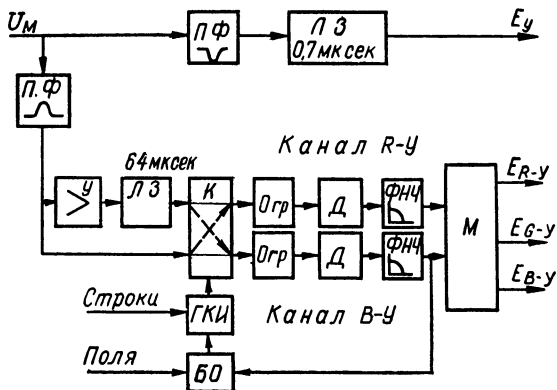


Рис. 127. Структурная схема декодирующего устройства:

ПФ — полосовой фильтр, ЛЗ — линия задержки, У — усилитель, К — электронный коммутатор, Огр — ограничитель, Д — детектор, ФНЧ — фильтр низких частот, М — матрица декодирующая, ГКИ — генератор коммутирующих импульсов, БО — блок опознавания

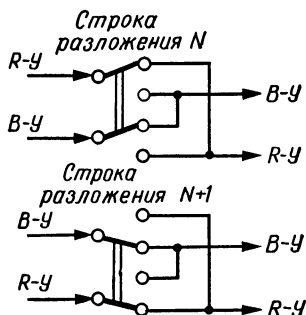


Рис. 128. Пояснение способа переключения задержанного и незадержанного цветоразностных сигналов

Переключение цветоразностных сигналов осуществляется в специальных кодирующих устройствах электронным коммутатором, который, в свою очередь, управляется импульсами частоты строк. Сигнал с кодирующего устройства передается на приемник таким же образом, как и стандартный сигнал черно-белого телевидения. Такой сигнал от действия сигнала яркости создает на экране приемника черно-белого телевидения одноцветное (черно-белое) изображение. В приемнике цветного телевидения этот сигнал подвергается преобразованиям, обратным кодированию (декодированию), чтобы восстановить сигналы, образованные красной, зеленой и синей составляющими. Декодирование осуществляется в декодирующем устройстве (рис. 127), где вначале из сигнала цветного телевидения выделяется напряжение частотно-модулированной поднесущей. Это напряжение после соответствующего усиления разделяется на два канала, в один из которых введен элемент памяти, хранящий вводимый сигнал в течение времени, равного длительности строки. Таким элементом памяти является ультразвуковая линия задержки, в которой время прохождения сигнала со входа до выхода составляет 64 мксек. На выходе каналов появляется два сигнала: один соответствует передаваемой строке разложения, другой — предварительно переданной строке и задержанный на время его передачи в элементе памяти. Такой способ позволяет получить одновременно на выходе двух каналов оба последовательно чередующихся цвето-

разностные сигналы, причем, если на одном выходе имеется сигнал E_{R-Y} , то на другом выходе в этот момент имеется сигнал E_{B-Y} и наоборот.

Перед подачей цветоразностных сигналов на частотные демодуляторы их «сортируют» по двум каналам с помощью электронного коммутатора, принцип работы которого пояснен на рис. 128. Переключение электронного коммутатора в приемнике производится синхронно и синфазно с переключением электронного коммутатора кодирующего устройства телецентра. Коммутация осуществляется с частотой строк во время действия строчного гасящего импульса.

Рассмотрение способа коммутации показывает, что правильная работа электронного коммутатора зависит от задания ему начальной фазы. В зависимости от исходного положения, с которого начинается переключение в первой активной строке кадра, соответствующие сигналы (например, E_{R-Y}) будут направляться в тот или другой канал. В дальнейшем, при условии нормальной работы электронного коммутатора, переключение сигнала в выбранный канал не изменится и в нем будут появляться те же сигналы (например, E_{R-Y}).

Задание определенной начальной фазы электронного коммутатора кодирующего устройства производится специальными импульсами, называемыми *импульсами цветовой синхронизации*.

Импульсы цветовой синхронизации вводятся в полный сигнал цветного телевидения в каждом полукадре во время передачи кадрового гасящего импульса. Таким образом, цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} подаются разделенными на соответствующие частотные демодуляторы, где происходит преобразование частотно-модулированных колебаний в низкочастотные демодулированные цветоразностные сигналы.

Дальнейшее преобразование сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y} происходит в матричной схеме, на выходе которой получается цветоразностный сигнал зеленого E_{G-Y} .

Операция матрицирования очень проста и осуществляется в матрице с резисторными делителями и фазоинверторами, изменяющими полярность сигналов E_{R-Y} и E_{B-Y} на обратную для получения сигнала E_{G-Y} :

$$E_{G-Y} = -\frac{1}{2}(E_{R-Y}) - \frac{1}{6}(E_{B-Y}).$$

§ 88. ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ СЕКАМ

Система СЕКАМ совместима с системой черно-белого телевидения. Поэтому ее основные параметры соответствуют параметрам системы монохромного телевидения: число строк разложения в кадре 625, номинальная частота строк разложения 15625 ± 3 гц при номинальной частоте кадров 25 гц, разнос несущих частот изображения звука составляет 6,5 Мгц.

Полный сигнал цветного телевидения состоит, как уже говорилось, из сигнала яркости и сигналов цветности. Спектр сигнала цветности размещается в пределах спектра сигнала яркости E_Y . Сигнал яркости уточненно соответствует выражению

$$E_Y = 0,299 E_R + 0,587 E_G + 0,114 E_B.$$

Предполагается, что сигналы E_Y , E_R , E_G и E_B прошли определенную обработку в γ -корректорах с учетом γ -характеристики телевизионного канала от передающей камеры до кинескопа.

Сигналы E_R , E_G , E_B соответствуют трем основным цветам — красному, зеленому и синему со строго определенными колориметрическими координатами, регламентирующими передачу и восприятие на экране кинескопа этих цветов.

Сигнал цветности представляет собой поднесущую, промодулированную по частоте двумя чередующимися от строки к строке цветоразностными сигналами.

Цветоразностный сигнал в одной строке может быть выражен: $-1,9(E_{R-Y})$, в следующей за ней строке — $1,5(E_{B-Y})$.

Цветоразностные сигналы до модуляции поднесущей частоты подвергаются предварительной коррекции путем пропускания через цепь. частотная характеристика которой имеет монотонный подъем до частот порядка $0,5$ — $1,0$ Мгц с резким спадом на частотах выше $1,5$ — $2,0$ Мгц. Такая коррекция позволяет повысить амплитуду верхних составляющих в спектре модулирующего сигнала без изменения выбранной для системы максимальной девиации частоты.

Для получения неискаженного сигнала после демодуляции в телевизионном приемнике цветоразностные сигналы пропускаются через цепь после коррекции с частотной характеристикой, обратной характеристике цепи предварительной коррекции. Последовательные действия цепей предкоррекции и послекоррекции на входной и выходной сигналы взаимно компенсируются, и сигналы сохраняют полную идентичность. Всевозможные помехи шумового характера, добавляющиеся к сигналу в канале частотной модуляции приемника, подвергаются только действию послекоррекции, в результате чего соотношение сигнал-помеха в сквозном телевизионном тракте повышается. С целью уменьшения взаимного влияния яркостного и цветоразностных сигналов последние подвергаются ограничению спектра с помощью фильтра верхних частот от $3,0$ Мгц и выше.

При передаче белого цвета, нормированного колориметрическими координатами, постоянно обеспечивается равенство сигналов $E_Y = E_R = E_G = E_B$, при этом цветоразностные сигналы равны нулю.

Цветоразностный сигнал E_{R-Y} , располагаясь в высокочастотной части спектра яркостного сигнала, модулирует поднесущую частоту, имеющую номинальное значение $f_{RO} = 284 F_{стр} \approx 4,406$ Мгц, а сигнал E_{B-Y} модулирует поднесущую частоту с номинальным значением $f_{BO} = 282 F_{стр} \approx 4,250$ Мгц.

Наличие в каждой строке разложения двух несколько различных по частоте поднесущих позволяет так их «замаскировать» в яркостном сигнале, что на экране монохромного телевизора они будут просматриваться в виде слегка заметной сетки, практически не мешающей восприятию телевизионного изображения. Кроме того, это способствует более эффективному подавлению шумов в сигнале цветности фильтром высокочастотной коррекции в телевизионном приемнике.

Сигналы немодулированных поднесущих f_{R0} и f_{B0} передаются также на задних площадках соответствующих строчных гасящих импульсов (рис. 129).

Переданные таким образом опорные частоты поднесущих обеспечивают правильную работу частотных дискриминаторов декодирующего устройства телевизионного приемника.

Величина девиации частоты поднесущей, получаемая, когда цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} в системе СЕКАМ достигают размаха сигнала яркости от уровня черного до уровня белого, составляет в строке с сигналом $E_{R-Y} — \pm 280$ кГц, в строке с сигналом $E_{R-Y} — \pm 230$ кГц. При передаче пиковых значений цветоразностных сигналов при условии предварительной коррекции величина девиации допускается большей и составляет от $+350$ до -500 кГц в строке с сигналом E_{R-Y} , от $+500$ до -350 кГц в строке с сигналом E_{B-Y} .

После частотной модуляции поднесущие сигналы цветности подвергаются дополнительной коррекции. Коррекция модулированного по частоте сигнала цветности заключается в том, что сигнал проходит через фильтр (иногда называемый «антикlesh»), подавляющий частоты, близкие к номинальной частоте поднесущей. Амплитуда поднесущей и рядом расположенные частоты, имеющие наибольший энергетический уровень в спектре этого сигнала, подавляются наиболее сильно. Таким образом, корректирующее действие фильтра заключается в уменьшении заметности поднесущей на совместимом черно-белом и цветном изображениях.

В системе СЕКАМ частотно-модулированные сигналы цветности образуют на экране приемника монохромного телевидения помеху в виде мелкоструктурной сетки. Эта помеха становится менее заметной, если изменить фазу поднесущей частоты f_{CR} и f_{CB} на 180° на период каждой третьей строки и каждого следующего поля. При таком изменении фазы поднесущей значения ее напряжений оказываются противоположными и частично взаимно компенсируются.

Для более полного уменьшения видимости помехи от сигналов цветности в системе СЕКАМ принято передавать вместо сигнала E_{R-Y} сигнал с обратной полярностью E_{Y-R} . Это делается из следующих соображений. Практическое изучение большинства передаваемых цветных сюжетов показало, что при их передаче преобладают положительные значения сигнала E_{R-Y} и отрицательные значения сигнала E_{B-Y} . Изменением полярности E_{R-Y} на E_{Y-R} достигается в среднем преобладание отрицательной девиации частоты в соседних строках разложения. Тем самым частотно-модулированный сигнал цветности мень-

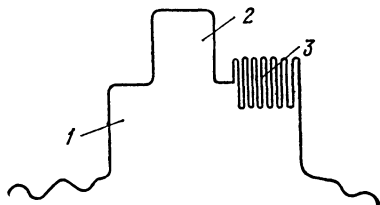


Рис. 129. Строчный импульс в системе цветного телевидения:

1 — гасящий импульс, 2 — синхронизирующий импульс, 3 — сигнал цветовой синхронизации

ше подвергается ограничению со стороны верхних частот, уменьшается средняя разность мгновенных значений частоты между соседними строками, улучшается совместимость.

Неискаженные сигналы цветности в цветном телевизионном приемнике воспроизводятся путем пропускания видеосигнала через фильтр (так называемый «клеш»-фильтр) с колоколообразной частотной характеристикой, обратной характеристике «антиклеш»-фильтра в кодирующем устройстве. Очевидно, корректирующее действие этого фильтра

заключается в восстановлении прежнего уровня поднесущей и ослаблении высокочастотных составляющих сигналов цветности.

В системе СЕКАМ применяются еще один вид предварительной коррекции — дополнительная амплитудная модуляция сигнала цветности. Это вызвано изменением уровня составляющих яркостного сигнала в полосе частот сигнала цветности.

В приемнике цветного телевидения яркостный видеосигнал является своего рода

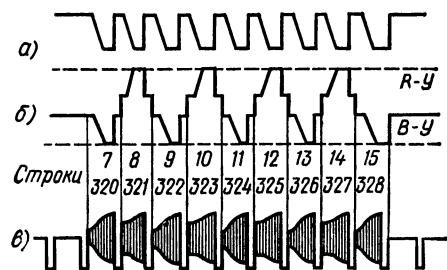


Рис. 130. Сигналы опознавания строк:
а — на выходе формирующего блока, б — на входе генератора частотной модуляции, в — в полном сигнале цветного телевидения

да помехой для сигнала цветности. Энергия составляющих яркостного сигнала, приходящаяся на участок частотного диапазона, в котором передаются сигналы цветности, а следовательно, и величина помехи зависит от характера передаваемого изображения. Поэтому, если размах составляющих яркостного сигнала цветности превосходит 0,7 номинальной амплитуды поднесущей, сигналы цветности временно усиливаются, этим самым уменьшается влияние помех яркостного сигнала в канале цветности приемника. Если же размах составляющих яркостного сигнала в полосе частот сигнала цветности невелик, дополнительная амплитудная модуляция сигналов цветности не производится.

Таким образом, устраняются перекрестные искажения и увеличивается отношение сигнал-шум в канале цветности.

Как уже говорилось, для обеспечения синхронной и синфазной работы электронных коммутаторов в кодирующем и декодирующем устройствах в видеосигнал цветного телевидения вводят импульсы цветовой синхронизации или сигналы опознавания строк. Сигналы опознавания строк в системе СЕКАМ передаются во время действия кадрового гасящего импульса после кадрового синхроимпульса. Точнее, сигналы опознавания строк передаются с 7-й по 15-ю и с 320-й по 328-ю строки кадра путем частотной модуляции поднесущих сигналами трапецеидальной формы (рис. 130). Номера строки отсчитываются от строки, начало которой совпадает с началом импульса кадровой синхронизации.

тации. Ограничитель срезает вершины выбросов в сигнале цветности, которые имели место в результате низкочастотной предварительной коррекции. Выходя из ограничителя, сигнал цветности подается на частотный модулятор генератора поднесущей частоты, управляемый импульсами частоты строк.

С помощью ограничителя частотно-модулированный сигнал цветности освобождается от возможной паразитной амплитудной модуляции и затем подается на коммутаторы, которые изменяют полярность поднесущей в начале и в конце каждой третьей строки и в каждом поле. Коммутаторы управляются триггерами. Один из триггеров запускается импульсами частоты строк, а другой — импульсами частоты полей. Далее следует цепь предварительной коррекции частотно-модулированного сигнала цветности с фильтром «антикlesh». Вспомогательный модулятор служит для устранения перекрестных искажений между сигналом яркости и частотно-модулированным сигналом цветности. Формирование сигнала цветности заканчивается схемой его подавления на время обратного хода. Эта схема управляется триггером, работающим с частотой строк, и подавляет сигнал цветности на строчном гасящем импульсе от его начала до момента времени 6,7—7,8 мксек, а также на кадровом гасящем импульсе, кроме времени передачи сигналов опознавания строк. Тем самым обеспечивается нормальная работа схем синхронизации разверток в приемниках, уменьшается влияние переходных процессов в канале цветности на видеосигнал в начале активной части строки.

Начиная с указанного момента времени (6,7—7,8 мксек) до конца действия строчного гасящего импульса, поочередно передаются средние частоты поднесущих (частоты покоя f_{RO} и f_{BO}), дающие опорные нулевые уровни на выходе дискриминаторов приемника.

Применение в приемнике фиксирующей схемы, действующей в указанный период времени при наличии опорного нулевого уровня, позволяет устранить паразитную постоянную составляющую, возникающую вследствие нестабильности работы дискриминаторов на средней частоте. На этом операции кодирования сигнала цветности заканчиваются, и он вместе со сфазированным линией задержки яркостным сигналом поступает в блок сложения, на выходе которого получается полный сигнал цветного телевидения.

Фазирование яркостного сигнала с сигналом цветности производится путем его относительной задержки на время 0,7 мксек линией задержки. Такая величина задержки яркостного сигнала связана с тем, что сигнал цветности, проходя через ряд узкополосных формирующих устройств при кодировании, получает естественную относительную задержку порядка 0,7 мксек.

Рассмотрим работу декодирующего устройства по блок-схеме (рис. 127).

Сигнал цветности выделяется из полного сигнала цветного телевидения «кlesh»-фильтром, представляющим собой резонансный контур. Сигнал передаваемой строки и сигнал предварительно переданной строки с линии задержки ($t_{\text{зад}} = 64$ мксек) одновременно подаются на входы электронного коммутатора, управляемого генератором коммути-

рующих импульсов. Усилитель компенсирует затухание сигнала цветности в линии задержки.

После коммутатора следуют два совершенно идентичных канала, включающих в себя амплитудные ограничители, дискриминаторы и фильтры нижних частот, имеющие частотную характеристику, обратную характеристике цепей низкочастотной коррекции в кодирующем устройстве.

Дискриминатор канала $Y - R$ имеет характеристику, обратную характеристике дискриминатора канала $B - Y$. Это позволяет изменить полярность сигнала E_{Y-R} на обратную, т. е. E_{R-Y} .

Далее цветоразностные сигналы E_{R-Y} и E_{B-Y} подаются на декодирующую матрицу, где из них формируется «зеленый» цветоразностный сигнал E_{G-Y} .

После выхода из декодирующей матрицы три цветоразностных сигнала подаются на соответствующие модуляторы трехпроекторной приемной трубки.

Сигнал E_Y , пропущенный через полосовой фильтр и линию задержки (0,7 мксек), поступает на три катода приемной трубки.

Блок опознавания, управляя полярностью выходных импульсов генератора, обеспечивает синфазную работу приемного коммутатора с передающим.

Теперь рассмотрим работу блока опознавания по схеме (см. рис. 132).

Сигнал опознавания CO выделяется из одного (любого) цветоразностного сигнала: в схеме (см. рис. 127) — из сигнала E_{B-Y} . Для этого цветоразностный сигнал пропускается через интегрирующую цепь, которая отфильтровывает помехи и выделяет сигнал опознавания. Сигнал опознавания строки, в которой передается цветоразностный сигнал E_{R-Y} , имеет положительную полярность (см. рис. 130, б), а сигнал опознавания строки E_{B-Y} — отрицательную полярность.

Сигналы цветности со значительно меньшей длительностью по сравнению с длительностью сигнала опознавания подавляются интегрирующей цепью как помеха.

Выделенный таким образом сигнал опознавания отрицательной полярности поступает на схему совпадения, на другой вход которой поступают импульсы кадровой развертки. Если сигнал опознавания в период действия импульса кадровой развертки имеет правильную полярность, то схема совпадений не срабатывает, а если его полярность неправильная, то на выходе схемы появляется импульс, опрокидывающий триггер. Это приводит к добавочному срабатыванию генератора

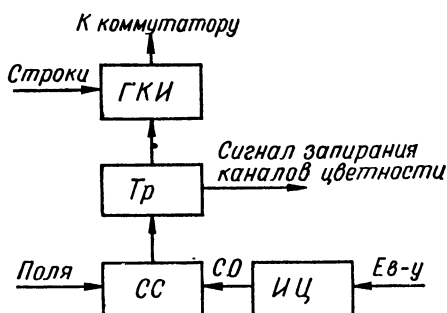


Рис. 132. Состав блока опознавания:

СС — схема совпадения, СО — сигнал опознавания строки, ИЦ — интегрирующая цепь; остальные обозначения те же, что на рис. 127 и 131

коммутирующих импульсов, т. е. к восстановлению правильной фазы коммутации электронного переключателя.

Дополнительно триггер выдает импульс, запирающий канал цветности на время до прихода очередного сигнала опознавания правильной полярности. Тем самым предотвращается путаница цветоразностных сигналов в канале цветности и появление ошибочных цветов на экране кинескопа.

Схему блока опознавания, как правило, настраивают так, чтобы канал цветности был заперт при отсутствии сигналов опознавания, т. е. во время передачи сигналов черно-белого телевидения.

§ 90. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

Цветной телевизионный приемник по своему устройству отличается от обычного приемника черно-белого изображения только наличием блока цветности (декодирующего устройства) и цветного кинескопа. Применение в цветном телевизионном приемнике трехлучевого масочного кинескопа вызвало необходимость установки некоторых дополнительных блоков. На рис. 133 приведена структурная схема цветного телевизионного приемника, по которой легко рассмотреть взаимодействие всех узлов.

Усилитель промежуточной частоты изображения имеет полосу пропускания 6,5 Мгц. Он собран по схеме, близкой к применяемой в унифицированных телевизорах, но с таким расчетом, чтобы сигнал на его выходе имел малые нелинейные искажения, так как последние приводят к нарушению правильного воспроизведения цветных сигналов.

На выходе яркостного канала установлены потенциометрические регуляторы в катодных цепях красного и синего электронных прожекторов кинескопа. Этими регуляторами обеспечивается балансировка цветных сигналов, т. е. баланс белого.

Для получения цветного изображения хорошего качества на экране масочного кинескопа необходимо, чтобы три электронных луча, излучаемых электронными пушками, одновременно проходили через одно отверстие цветоделительной маски и попадали на свои определенные люминофорные точки, образующие на экране кинескопа один из многочисленных треугольников (триад). По ряду причин добиться этого, не принимая специальных мер, невозможно, и при отсутствии соответствующих устройств (плат и систем сведения лучей, магнитов «синего» и чистоты цвета) электронные лучи по мере отклонения их от центра экрана к краям будут расходиться.

На электронные лучи цветного кинескопа воздействуют магнитные поля, которые можно разделить на три группы.

К первой группе относятся магнитные поля, создаваемые токами разверток в строчных и кадровых отклоняющих катушках, а также системы радиального смещения трех лучей и бокового смещения «синего» луча. В совокупности эти поля осуществляют развертку и сведение трех растров по всему полю экрана цветного масочного кинескопа.

Ко второй группе относятся поля, вызывающие нежелательное смещение электронных лучей на экране кинескопа. Вредное воздействие на электронные лучи могут оказывать поля рассеяния выходных трансформаторов кадров и звука, дросселей фильтров блока питания телевизора, а также внешние поля, создаваемые металлическими массами конструкции здания, магнитное поле Земли и другие источники, расположенные в непосредственной близости от работающего телевизора.

Чтобы ослабить действие этих полей, цветной кинескоп помещают в стальной экран, который охватывает колбу кинескопа, и также экранируют или размещают трансформаторы и дроссели телевизора так, чтобы их поля рассеяния были направлены по касательной к электронным лучам цветного кинескопа.

Магниты чистоты цвета располагаются на горловине кинескопа и создают поле третьей группы. Это поле направлено перпендикулярно электронным лучам. Оно может быть установлено по величине и направлению таким, чтобы уменьшить влияние постоянных внешних магнитных полей второй группы. Следует отметить, что полную нейтрализацию полей второй группы можно осуществить только при окончательной установке телевизора. Все последующие изменения положения телевизора, особенно повороты его относительно частей света, требуют дополнительной регулировки магнитами частоты.

Стальной экран кинескопа уменьшает воздействие на него паразитных магнитных полей. Однако, если он по каким-либо причинам намагнитен, то сам становится источником поля, нарушающим чистоту цвета. К такому же результату приводит намагничивание маски и бандаж взрывозащиты кинескопа. Поэтому в цветных телевизорах установлено устройство, автоматически размагничивающее маску, бандаж и защитный экран при каждом включении телевизора. Устройство состоит из дросселя (петли размагничивания), который уложен по периметру внутренней и внешней поверхностей магнитного экрана, охватывающего колбу кинескопа, и схемы питания дросселя. При включении телевизора через дроссель начинает проходить переменный ток частотой 50 гц. За время порядка 0,5 сек амплитуда этого тока под влиянием схемы питания убывает практически до нуля, тем самым возникающее в дросселе плавно убывающее магнитное поле оказывает размагничивающее действие на расположенные поблизости стальные детали телевизора.

Высокое ускоряющее напряжение (25 кВ) в телевизоре, как правило, стабилизируется при помощи шунтирующего триода. Это необходимо для того, чтобы при колебаниях питающих напряжений и токов электронных лучей сохранить неизменным размер раstra, сходимость электронных лучей, чистоту цвета и фокусировку.

§ 91. УСТАНОВКА И РЕГУЛИРОВКА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПРИЕМНИКА

Правильная эксплуатация и обслуживание телевизора являются важнейшими условиями его нормальной работы в течение длительного времени.

Хорошее качество изображения на экране телевизора можно получить при условии правильной, технически грамотной его настройки как оперативными, так и неоперативными (внутренними) регуляторами.

Цветной телевизор, как мы выяснили, состоит в основном из черно-белого телевизора, в котором заменен кинескоп и в связи с этим добавлен новый блок — блок цветности.

Следовательно, все, что относится к антеннам, блокам переключения телевизионных каналов, промежуточным усилителям, детекторам и каналам звукового сопровождения, будем считать достаточно знакомым как с точки зрения принципа их работы, так и принципа настройки и регулировки.

Остановимся подробнее на регулировках, связанных с цветным кинескопом и блоком цветности— декодирующим устройством.

Первым этапом регулировки цветного телевизора является статическое сведение лучей кинескопа. Статическое сведение проводится обычно при каждой замене кинескопа или отклоняющей системы. Для этого необходим генератор сетчатого поля, позволяющий получить на всей площади экрана кинескопа изображение белой решетки на черном фоне. Генератор в зависимости от его устройства подключают либо к антенному входу, либо ко входу видеусилителя цветного телевизора. Наблюдение за сведением ведут визуально по изображению на экране кинескопа.

Сначала осуществляют статическое сведение, во время которого добиваются, чтобы перекрещивание горизонтальных и вертикальных линий решетки, находящихся в центре экрана, было чисто белым, без заметного окрашивания в любой цвет. Для этого передвигают отклоняющую систему по направляющим вдоль горловины кинескопа и поворачивают регулирующие постоянные магниты, находящиеся на системе сведения. Во время статического сведения все подстроечные элементы (движки потенциометров и сердечники катушек), расположенные на плате блока сведения, должны находиться в среднем положении. Точность статического сведения следует затем проверить по центральной точке испытательной таблицы ТИТ-0249. Окончив статическое сведение, переходят к регулировке чистоты цвета по всему полю.

Под чистотой цвета понимают равномерную одноцветную окраску раstra на экране телевизора. Цветные пятна, наблюдаемые на экране телевизора, засвеченном растром без изображения, свидетельствуют о нарушении регулировки чистоты цвета. Причина, вызывающая этот дефект, заключается в неправильной установке или в нарушении установки магнита чистоты цвета, в смещении отклоняющей системы, а также в перестановке телевизора после его окончательной настройки и переориентации внешних магнитных полей относительно оси кинескопа. Самой критичной в этом отношении оказывается перестановка телевизора вблизи больших металлических масс, всегда имеющих большие внешние магнитные поля (например, батареи центрального отопления, металлоконструкции здания). Дефект нарушения чистоты цвета объясняется тем, что электронный луч любого прожектора попадает не только на свои люминофорные точки экрана, но и «засвечивает» другие лю-

миноформные точки. Это проявляется в виде загрязнения одного цвета одним или двумя другими цветами.

Дефект чистоты цвета устраняется правильной установкой магнитов чистоты цвета. Для этого контрастность изображения раstra устанавливается минимальной, а яркость изображения — средней. С помощью тумблеров в цепях модуляторов цветного кинескопа выключают поочередно два цвета и просматривают третий цвет. По краям раstra допускаются незначительные изменения однородности окраски.

При нарушении чистоты цвета внешними магнитными полями она восстанавливается автоматически при каждом включении телевизора петлей размагничивания.

В процессе регулировки чистоты цвета может быть нарушено статическое сведение. Поэтому его нужно проверить и в случае необходимости подкорректировать. Операции по регулировке чистоты цвета и статическому сведению повторяют до тех пор, пока не будут получены положительные результаты как в первом, так и во втором случаях.

При регулировке чистоты цвета в мастерской, а не на месте эксплуатации телевизора необходимо устанавливать его так, чтобы ось кинескопа была направлена по линии север — юг. Тогда при соответствующей установке телевизора у его владельца чистота цвета может нарушиться в меньшей степени.

Далее переходят в динамическому сведению. Правильность регулировки динамического сведения можно определить по испытательному сигналу сетчатого поля, а также по таблице ТИТ-0249.

Следует сказать, что для регулировки сведения существует ряд генераторов, дающих сигналы точек горизонтальных или вертикальных полос, сетчатый растр. Наиболее удобным является последний сигнал, представляющий собой сетку из вертикальных и горизонтальных линий, пересекающихся под прямым углом.

Недостаточно хорошее динамическое сведение проявляется в виде расхождения цветных линий на краях изображения в горизонтальном и вертикальном направлениях. Расхождение цветных линий на краях изображения вызывается различной эффективностью отклонения строчного и кадрового магнитных полей для каждого из электронных лучей трехпроекторной трубки на краях и в центре ее экрана.

Динамическое сведение производят при помощи регулировки подстроечных элементов, установленных на плате сведения, путем подачи пилообразно-параболических напряжений необходимой величины и полярности в строчные и кадровые катушки системы сведения. Эти катушки вместе с отклоняющей системой установлены на горловине кинескопа. Сначала сводят зеленые и красные вертикальные линии в центре экрана специальным потенциометром на плате сведения. Функциональная связь потенциометров и их назначение в операциях сведения обычно указывается в регулировочной таблице, помещаемой в корпусе телевизора.

Для устранения возможного перекоса красных и зеленых вертикальных линий служит отдельный потенциометр платы сведения. Далее переходят к сведению зеленых и красных горизонтальных линий в верхней и нижней части экрана. Это приходится делать только в том

случае, когда в отдельных цветных триадах экрана кинескопа красные и зеленые точки находятся на различных уровнях. Если соответствующим потенциометром не удастся осуществить полное сведение по длине строки, то следует совместить между собой спрямленные и параллельные цветные строки регулировками статического сведения.

Наиболее точно можно свести красные и зеленые (вертикальные и горизонтальные) линии, когда изображение на экране имеет нормальный размер и наилучшую линейность.

На этом динамическое сведение зеленых и красных линий, осуществляемое через кадровые катушки системы сведения, заканчивают и переходят к сведению тех же линий посредством строчных катушек системы сведения.

Сначала сводят зеленые и красные (вертикальные и горизонтальные) линии в правой части экрана имеющимися регулировками.

После статического и динамического сведения зеленых и красных линий вместо них на сетчатом поле будут видны желтые линии. Затем приступают к сведению синих центральных горизонтальных линий сетчатого поля. Как правило, синие горизонтальные линии у краев экрана сильно опущены вниз. Для устранения этого в кадровые катушки сведения синего цвета подают путем соответствующей регулировки синусоидальный ток, приближающийся к параболической форме закона расхождения линий. Для совмещения спрямленных горизонтальных синих линий с желтыми линиями сетчатого поля служат регулировочные потенциометры платы сведения и магнит «синего» на горловине кинескопа. По окончании этой операции растр приобретает цвет, приближающийся к белому, с небольшими остаточными расхождениями по цвету в углах экрана. Если при совмещении желтых и синих горизонтальных линий чистота цвета немного ухудшится, необходимо скорректировать положение отклоняющей системы на горловине кинескопа.

Следующей операцией настройки телевизора обеспечивают статический и динамический баланс белого.

Под статическим балансом белого понимают соответствие цвета свечения экрана цвету свечения эталонного источника белого (при заданной определенной яркости); под динамическим балансом белого понимают то же соответствие цвета свечения экрана цвету свечения эталонного источника, но в заданном диапазоне яркостей. Нарушение статического баланса белого проявляется в том, что растр на экране телевизора на черных, серых и белых участках изображения оказывается слегка «подкрашенным» в один из основных цветов (красный, синий или зеленый). Причиной возникновения такого дефекта является нарушение электрического режима кинескопа, состоящего в том, что при подаче на его модуляторы сигнала, соответствующего уровню черного, электронный ток исчезает не одновременно во всех электронных прожекторах. В том случае, когда на модуляторы электронных прожекторов подается одинаковый видеосигнал, т. е. $E_R = E_G = E_B$, то экран не приобретает абсолютно нейтральный серый цвет, и даже белый цвет имеет цветовой оттенок, если одинаковый для всех трех электронных прожекторов видеосигнал имеет максимальную величину.

Правильная настройка режима цветного кинескопа сводится к выравниванию отношения ток — свет всех трех электронных прожекторов во всем диапазоне световой характеристики, что должно обеспечивать передачу всей шкалы серых тонов (от черного до белого) без нежелательного цветового оттенка.

Для установки статического и динамического баланса белого применяются генератор испытательного сигнала, представляющего собой ступенчато возрастающий видеосигнал на активной части телевизионной строки от уровня, соответствующего черному, до уровня белого. Такой сигнал на экране телевизионного приемника дает изображение ступенчатой шкалы серых тонов.

Потенциометрами «Статический баланс белого» и «Динамический баланс белого» добиваются передачи изображения ступенчатой шкалы серых тонов без цветовой окраски. Слабая окраска в углах раstra считается допустимой.

Во всех телевизорах, выпускаемых в настоящее время, вводится оперативная регулировка «цветовой тон». Назначение — изменять в незначительных пределах статический баланс белого на экране телевизора. При этом не следует полагать, что регулятор изменяет цветовой тон приходящего сигнала. Пользоваться этим регулятором можно при приеме как цветных, так и черно-белых передач.

Закончив настройку сходимости и баланса белого, приступают к проверке и настройке декодирующего устройства — блока цветности. Для этого обычно используют сигнал генератора тест-таблицы в виде цветных вертикальных полос. Восемь полос тест-таблицы расположены в следующем порядке: белый, желтый, сине-зеленый, зеленый, пурпурный, красный, синий, черный. Такое расположение цветов дает порядок убывания яркости. Все цвета (кроме белого и черного) имеют 100%-ную насыщенность. Амплитуда видеосигнала первичных цветов, образующих остальные цвета, может составлять 75 или 30% от номинального уровня; белый в этом случае передается на уровне 100%, а амплитуда остальных семи полос устанавливается на уровне 75 или 30%.

Мгновенные частоты кодированных цветоразностных сигналов E_{Y-R} и E_{B-Y} при передаче изображения цветных полос указаны в табл. 7.

Прежде всего проверяют настройку дискриминаторов и системы записи блока цветности. В цветных телевизорах постоянная составляющая сигналов цветности проходит от дискриминаторов до модуляторов кинескопа. Поэтому в тех случаях, когда дискриминатор расстроен, т. е. если, воспринимая немодулированную поднесущую, он будет выдавать напряжение, не равное нулю, на экране будет нежелательный цветовой оттенок.

Удобнее всего проверить характеристику дискриминатора свип-генератором или генератором стандартных сигналов совместно с ламповым вольтметром. Правильно настроенный дискриминатор имеет линейный участок характеристики в полосе не менее $F_{\text{ном}} \pm 0,8 \text{ МГц}$ при стабильности нулевой точки $\Delta F_{\text{ном}} = \pm 14 \text{ кгц}$.

Настройку дискриминаторов визуально можно проверить и осуществить, воспользовавшись генератором цветных полос. Для этого в

Таблица 7

**Мгновенные частоты частотно-модулированных
цветоразностных сигналов при передаче
изображения полос**

Цвет полос	Частота сигнала, <i>Кгц</i>	
	E_{Y-R}	E_{B-Y}
Белый	4406,25	4250,0
Желтый	4362,25	4020,0
Сине-зеленый	4686,25	4328,0
Зеленый	4642,25	4097,0
Пурпурный	4170,25	4403,0
Красный	4126,25	4172,0
Синий	4450,25	4480,0
Черный	4406,25	4250,0

генераторе выключают модуляцию поднесущей и получают на экране монохроматическое изображение цветных полос. Необходимо обеспечить, чтобы цветовой тон фона (изображение цветных полос) был один и тот же как при немодулированной поднесущей, так и вообще без поднесущей (т. е. без импульсов опознавания строк), иначе говоря, как при работающем, так и при отключенном блоке цветности. Подстройка нуля дискриминаторов производится сердечниками их катушек. Дискриминаторы красного и синего каналов подстраиваются отдельно при отключенном другом прожекторе кинескопа.

Затем следует проверить правильность работы системы опознавания цвета, т. е. схемы синхронизации электронного коммутатора. В случае обнаруженной неисправности необходимо применить двухлучевой осциллоскоп, посредством которого можно проконтролировать правильность «расположения» во времени кадрового гасящего импульса относительно проинтегрированных сигналов опознавания. Такая неисправность устраняется регулировкой порога срабатывания триггера Шмитта в системе опознавания, а также подстройкой длительности кадрового гасящего импульса и его размаха в блоке кадровой развертки.

Следующая проверка работы полосового фильтра («клеш»-фильтра) сводится по необходимости к настройке его характеристики. Характеристика полосового фильтра имеет один максимум на частоте 4,28 *Мгц* (средняя частота между двумя цветовыми поднесущими) и может быть легко проконтролирована свип-генератором или генератором стандартных сигналов и ламповым вольтметром. Настройка производится сердечником катушки фильтра и имеет допуск $F_{cp} = \pm 80$ *кгц*.

Окончательный контроль настройки полосового фильтра производится осциллогроскопом по изображению поднесущей генератора цветных полос на выходе фильтра. Для этого в генераторе цветных полос уменьшают модуляцию цветных полос до 30%, чтобы лучше разглядеть переходы. Хорошей регулировкой полосового фильтра считается такая, которая дает минимальную длительность фронта без переходных колебаний. На экране осциллогроскопа должна быть поднесущая с постоян-

ной амплитудой. С целью исключения ложной настройки фильтра сигнал E_Y в генераторе цветных полос выключают, чтобы исключить дополнительную амплитудную модуляцию поднесущей, которая может возникнуть в присутствии сигнала E_Y , если первый усилитель блока цветности вносит искажения типа «дифференциальное усиление».

Заключительным этапом проверки блока цветности является проверка правильности работы матрицы, формирующей зеленый сигнал, и точности соотношения яркость-цветность, т. е. точности воспроизведения насыщенности. Для этого достаточно проконтролировать осциллографом зеленую составляющую сигнала ГЦП. Как видно из

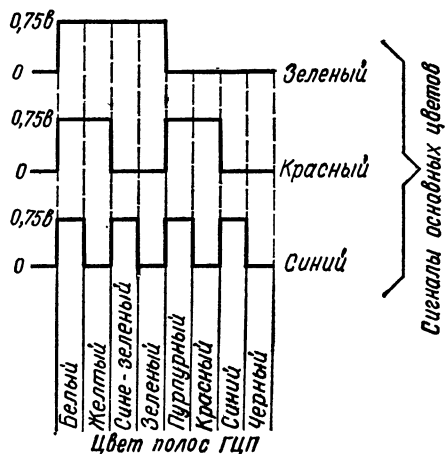


Рис. 134. Форма первичных сигналов генератора цветных полос (ГЦП)

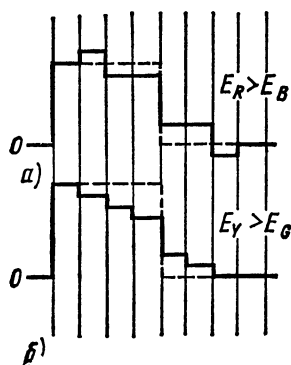


Рис. 135. Осциллограмма цветных полос на выходе матрицы зеленого:

а — сигнал зеленого при разбалансированной матрице, б — сигнал зеленого при малой насыщенности зеленого цвета (слишком велик сигнал E_Y)

рис. 134, первые четыре полосы имеют одинаковую амплитуду зеленого, а последние четыре полосы — одинаковую амплитуду черного. Приведенная осциллограмма соответствует правильной работе матрицы. При разбалансированной матрице, например, когда составляющая E_{R-Y} больше составляющей E_{B-Y} , осциллограмма зеленого сигнала на выходе матрицы будет соответствовать приведенной на рис. 135, а. Такой дефект может быть устранен регулировкой коэффициента усиления усилительных каскадов в каналах красного или синего (выходные усилители Н. Ч.).

Если яркость «зеленого» участка осциллограммы равномерно убывает слева направо (рис. 135, б), это означает, что в зеленом цветоразностном сигнале E_{G-Y} , а следовательно, и в сигналах E_{R-Y} и E_{B-Y} содержится слишком много сигнала E_Y . На изображении такой дефект

проявляется в уменьшении насыщенности цвета полос и устраняется регулировкой порога ограничения в схемах ограничителей высокочастотных каналов цветowych поднесущих.

В изложенном материале, естественно, далеко не полностью освещены все случаи неисправностей и регулировок в цветном телевизионном приемнике. Устранение конкретных дефектов в схеме, настройка различных ее участков требует определенных практических навыков от радиомеханика и достаточной теоретической подготовки. В какой-то мере помощь в этом окажет описание и принципиальная схема телевизионного приемника, подлежащего ремонту или настройке.

Большие технологические удобства при настройке и контроле качественных показателей цветного телевизионного приемника дает вновь разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом радио универсальная электрическая испытательная таблица (УЭИТ). Она регулярно передается в промежутках между цветными передачами по некоторым телевизионным каналам (в Москве — по одиннадцатому каналу). Используя сигнал УЭИТ совместно с импульсным осциллоскопом, имеющим блок выделения строки, можно количественно определить параметры телевизионного приемника и оптимально их отрегулировать.

§ 92. УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА

Универсальная электрическая испытательная таблица предназначена для системы цветного телевизионного вещания с частотно-модулированной поднесущей и черно-белого телевизионного вещания со стандартным разложением изображения. Сигналы испытательной таблицы формируются чисто электрическим способом на телевизионном центре и, как уже говорилось, в настоящее время передаются в эфир наравне с сигналами общепринятой тест-таблицы 0249.

УЭИТ позволяет производить как субъективный, так и объективный контроль основных качественных показателей цветного и черно-белого изображения. Сигнал УЭИТ может также использоваться для контроля отдельных параметров передающей и приемной аппаратуры и линий дальней связи. При этом предполагается использовать специальную измерительную аппаратуру.

Содержание таблицы показано на цветной вклейке рис. 136 (см. в конце книги). Для удобства описания содержания таблицы, воспроизводимой на экране цветного телевизионного приемника, приняты следующие обозначения:

1,0 Б — максимальная яркость изображения на белом.

Яркость других элементов изображения дана в долях этой яркости.

0,0 Б — минимальная яркость, соответствующая черному в изображении.

Цифры слева от таблицы обозначают горизонтальные участки таблицы.

Буквы под таблицей обозначают вертикальные участки таблицы. Формат кадра таблицы составляет 4 : 3. Обрамление таблицы образу-

ется из чередующихся черно-белых прямоугольников, яркость которых равна 0,0Б и 1,0Б. Таблица имеет сетку из 14 горизонтальных и 19 вертикальных линий, яркость которых равна 0,57Б.

Пересечение центральной горизонтальной линии 8К—Л с центральной вертикальной линией обозначает центр таблицы.

Яркость участков таблицы, образованных горизонтальными полосами 2, 3, 13, 14 от Б до У (за исключением участков 3В, 3Т, 13В, 13Т) и вертикальными полосами Б, В, Т, У от 4 до 12, а также 8З—Н равна 0,2Б. В участках 4, 5 и 12 от Г до С находятся цветные полосы различной яркости насыщенности.

Участок 6Г—С предназначен для проверки цветовой четкости:

6Г—Ж содержит желто-синие вертикальные штрихи, соответствующие частоте 0,5 МГц,

6 от З до И — желто-синие штрихи, соответствующие частоте 1,0 МГц,

6К—Л — зелено-пурпурные штрихи, соответствующие частоте 1,0 МГц

6М—Н — красно-голубые штрихи, соответствующие частоте 1,0 МГц,

6 от О до С — красно-голубые штрихи, соответствующие частоте 0,5 МГц.

Участок 7Г—С содержит серую шкалу из 7 ступеней, яркости которых возрастают логарифмически слева направо от 0,0Б до 1,0Б.

Участок 8Г—С содержит два ряда чередующихся черно-белых прямоугольников, вплотную расположенных друг над другом. Он предназначен для проверки искажений в виде многоконтурности и «тянучек».

На участке 9А—Ф воспроизводится непрерывное изменение цвета от оранжевого до синего и от синего до оранжевого. На экране черно-белого телевизора, а также при выключенной цветности в цветном телевизоре воспроизводятся черно-белые штрихи, частота которых возрастает с 3,0 МГц (начало строки) до 5,5 МГц (центр строки) и затем уменьшается с 5,5 до 3,0 МГц (конец строки).

Цифры в верхней части участка 10 обозначают частоты черно-белых штрихов в МГц. Частотам 3, 4, 5 и 5,5 МГц соответствуют 330, 440, 550, 600 линий групповой четкости по таблице 0249.

В 3В, 3Т, 13В и 13Т расположены черно-белые штрихи с частотой 3 МГц.

В нижней части участка 10 от $\frac{1}{2}\Gamma$ до $\frac{1}{2}C$ воспроизводится непрерывное изменение цвета от зеленого до пурпурного с переходом через белое (серое) в середине строки — «радуга». Такое изменение цвета создается пилообразными сигналами E_{R-Y} и E_{B-Y} , изменяющимися линейно от $-1,0$ до $+1,0$.

На участке 11Г—С имеются чередующиеся черно-белые квадраты, яркость которых соответственно равна 0,0Б и 0,56Б.

На УЭИТ нанесены 24 симметричных белых точки по окружности диаметром 85% высоты таблицы. Центр окружности совпадает с центром таблицы. В верхней части таблицы (участок 3К—Л) имеется надпись «ЦТ».

УЭИТ позволяет контролировать на экране телевизионного приемника следующие параметры телевизионного изображения:
формат изображения и линейности разверток телевизора;
четкость изображения;
воспроизведение градации яркости;
тянущиеся продолжения («тянучки») и повторы;
наличие чересстрочной развертки.

Дополнительно УЭИТ в цветном телевизионном изображении позволяет контролировать:

- правильность цветопередачи;
- качество совмещения трех одноцветных изображений;
- динамический баланс белого;
- яркостную и цветовую четкости;
- совпадение во времени сигналов яркости и цветности;
- совпадение уровней яркостного сигнала и цветоразностных сигналов в управляющих электродах приемной трубки;
- установку «нулей» частотных дискриминаторов.

По сигналу УЭИТ возможен контроль:

- размаха полного сигнала цветного и черно-белого телевидения;
- линейности модуляционных характеристик частотных модуляторов и дискриминаторов (сигнал «Радуга»);
- искажений синусквадратичных импульсов (вертикальная сетка таблицы создается синусквадратичными импульсами, длительностью $2T$, где $T = 64 \text{ мксек}$);
- размаха сигналов с частотами 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 5,5 МГц.

§ 93. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В ближайшие годы значительно расширятся области применения телевидения в науке, технике и народном хозяйстве. Это связано с дальнейшим развитием новых качеств телевидения — передачи цвета и объема.

Внедрение стереозвукового сопровождения совместно с освоением объемного цветного телевидения на больших по формату экранах приемников даст телезрителям наиболее полный эффект «присутствия» и художественно обогатит телевизионные передачи.

Предстоит разработка качественно новых плоских люминесцентных экранов, способных превзойти по своим качественным показателям современные приемные телевизионные трубки.

Телевидению, как и прежде, отводится важнейшая роль в освоении космического пространства. Космическое телевидение вступило в новую фазу своего развития.

Совсем недалек тот день, когда станет возможным принимать на телевизионный приемник передачи непосредственно через спутники связи. Это позволит настолько расширить телевизионное обслуживание, что практически все население СССР будет единой телевизионной аудиторией.

Полная транзисторизация электрических схем, последующий переход к интегральным схемам сделают телевизионные приемники более надежными и компактными. Это, безусловно, будет сопровождаться повышением их экономичности и упрощением обслуживания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему сигналы цвета можно передавать внутри частотного спектра яркостного сигнала?
2. По упрощенной структурной схеме объясните работу цветного телевизионного приемника.
3. Каковы особенности систем цветного телевидения НТСИ, ПАЛ и СЕКАМ?
4. Как работает кодирующее устройство СЕКАМ?
5. В чем заключаются основные особенности настройки и регулировки цветного телевизионного приемника?
6. Перечислите состав измерительной аппаратуры и специальных сигналов для настройки цветного телевизионного приемника.
7. Поясните содержание и возможности универсальной электрической испытательной таблицы УЭИТ.

ЛИТЕРАТУРА

- Шмаков П. В. (ред.) Телевидение. Изд-во «Связь», М., 1965.
- Самойлов Г. П., Скотин В. А. Промышленные телевизоры. Изд-во «ДОСААФ», М., 1970.
- Ельяшкевич С. А. Справочник по телевизионным приемникам. Изд-во «Энергия», М., 1970.
- Бриллиантов Д. П. Расчет и конструирование портативных транзисторных телевизоров. Изд-во «Связь», М., 1971.
- Ельяшкевич С. А. Автоматическое управление в телевизорах. Изд-во «Энергия», М., 1968.
- Ельяшкевич С. А. Отыскание неисправностей и настройка телевизоров. Изд-во «Энергия», М., 1968.
- Самойлов В. Ф., Хромой Б. П. Система цветного телевидения «СЕКАМ». Изд-во «Энергия», М., 1967.
- Бартосяк А. Система цветного телевидения. «СЕКАМ». Изд-во «Связь», М., 1968.
- Варбанский А. М. Телевизионная техника. Госэнергоиздат, М., 1967.
- Самойлов В. Ф., Маковеев В. Г. Импульсная техника. Изд-во «Связь», М., 1971.
- Маковеев В. Г., Хромой Б. П., Ульянов В. Н. Расчет и проектирование телевизионной аппаратуры. Изд-во «Связь», М., 1967.
- Певзнер Б. М. Системы цветного телевидения. Изд-во «Энергия», М., 1968.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Г л а в а I. Физические основы телевидения	5
§ 1. Свет и его характеристики	—
§ 2. Устройство и свойства глаза человека	6
§ 3. Передача телевизионного изображения	10
Г л а в а II. Элементы электронной оптики	13
§ 4. Движение электронов в электрическом поле	—
§ 5. Электростатическая фокусировка электронного луча	15
§ 6. Движение электронов в магнитном поле	16
§ 7. Электромагнитная фокусировка электронного луча	19
§ 8. Управление отклонением электронного луча	21
Г л а в а III. Передающие телевизионные трубки	23
§ 9. Фотоэффект	—
§ 10. Вторичная электронная эмиссия	24
§ 11. Передающие трубки с внешним фотоэффектом	25
§ 12. Передающие трубки с внутренним фотоэффектом	29
Г л а в а IV. Приемные телевизионные трубки (кинескопы)	33
§ 13. Общие сведения	—
§ 14. Модуляционная характеристика кинескопа	34
§ 15. Основные типы кинескопов	35
§ 16. Цветная приемная трубка	38
Г л а в а V. Развертка телевизионных изображений	42
§ 17. Прогрессивная развертка	—
§ 18. Полоса частот сигнала изображения при прогрессивной развертке	44
§ 19. Чересстрочная развертка	45
§ 20. Частотный спектр сигнала изображения при чересстрочной развертке	46
§ 21. Основные параметры телевизионного стандарта СССР	—
§ 22. Телевизионная испытательная таблица	47
Г л а в а VI. Полный телевизионный сигнал	50
§ 23. Образование сигнала изображения	—
§ 24. Постоянная составляющая сигнала изображения	51
§ 25. Структура строчных импульсов	52
§ 26. Структура кадровых импульсов	53
§ 27. Основные параметры полного телевизионного сигнала	55
Г л а в а VII. Передача и прием телевизионных сигналов	56
§ 28. Диапазон волн, используемый для телевизионных передач	—
§ 29. Полоса частот телевизионного сигнала	—
§ 30. Состав телевизионного центра и телевизионного передатчика	58
§ 31. Структурная схема телевизионного приемника	61
Г л а в а VIII. Генераторы телевизионных разверток	64
§ 32. Получение пилообразных напряжений	—
§ 33. Получение пилообразных токов	65
§ 34. Получение пилообразно-импульсных напряжений	67
§ 35. Назначение и работа блокинг-генератора	68
§ 36. Синхронизация блокинг-генератора	70
§ 37. Блокинг-генератор с положительной сеткой	71
§ 38. Мультивибратор с катодной связью	72
§ 39. Особенности транзисторного блокинг-генератора	73
§ 40. Мультивибратор на транзисторах	74

Г л а в а IX. Выходные ступени генераторов развертки	76
§ 41. Особенности блока кадровой развертки	—
§ 42. Выходной каскад кадровой развертки	—
§ 43. Коррекция формы пилообразного напряжения в блоке кадровой развертки	78
§ 44. Типовая схема кадровой развертки	80
§ 45. Особенности выходного каскада блока строчной развертки	81
§ 46. Демпфирование паразитных колебаний в строчных отклоняющих катушках	82
§ 47. Выходной каскад строчной развертки с обратной связью по питанию	85
§ 48. Регулировка размера и линейности изображения по горизонтали	86
§ 49. Практическая схема строчной развертки	87
§ 50. Получение высокого напряжения для питания анода кинескопа	89
Г л а в а X. Синхронизация генераторов развертки	91
§ 51. Ламповые амплитудные селекторы	—
§ 52. Разделение импульсов кадровой и строчной синхронизации	92
§ 53. Практические схемы цепей разделения синхроимпульсов	94
§ 54. Схема повышения помехоустойчивости генераторов строчной развертки	95
§ 55. Схема синхронизации типового телевизора	98
Г л а в а XI. Приемные телевизионные антенны	100
§ 56. Параметры телевизионных антенн и их особенности	—
§ 57. Простые антенны с малой направленностью, антенна типа «Волновой канал»	102
§ 58. Телевизионные антенны коллективного пользования	105
§ 59. Некоторые особенности приема телевизионных передач	107
Г л а в а XII. Высокочастотный блок телевизионного приемника	109
§ 60. Входные цепи телевизионных приемников	—
§ 61. Усилители высокой частоты	110
§ 62. Гетеродин и смеситель	112
§ 63. Блок переключения телевизионных каналов	116
§ 64. Блок телевизионного конвертора	119
Г л а в а XIII. Усилители промежуточной частоты сигнала изображения	122
§ 65. Разделение промежуточных частот изображения и звука	—
§ 66. Варианты схем усилителей промежуточной частоты	124
§ 67. Регулировка частотной характеристики усилителей промежуточной частоты	129
§ 68. Детектирование телевизионных сигналов	131
Г л а в а XIV. Видеоусилители	136
§ 69. Общие сведения	—
§ 70. Искажение сигналов в усилителях	—
§ 71. Понятие о переходной характеристике видеоусилителя и виды ее коррекции	137
§ 72. Транзисторный видеоусилитель	140
§ 73. Передача постоянной составляющей сигнала изображения	141
§ 74. Автоматическая регулировка усиления	143
§ 75. Схемы АРУ	—
Г л а в а XV. Канал звукового сопровождения телевизионного приемника	149
§ 76. Общие сведения	—
§ 77. Практическая схема транзисторного усилителя промежуточной частоты звука (УПЧЗ)	150
§ 78. Амплитудные ограничители	151
§ 79. Частотные детекторы	153
Г л а в а XVI. Цветное телевидение	157
§ 80. Общие сведения	—
§ 81. Совместимость цветных телевизионных систем	158
§ 82. Классификация систем цветного телевидения	159

§ 83. Одновременная система цветного телевидения	160
§ 84. Сигнал яркости и цветоразностные сигналы	162
§ 85. Сокращение полосы частот сигнала цветного телевидения	163
§ 86. Системы цветного телевидения НТСИ и ПАЛ	165
§ 87. Общие принципы построения системы с последовательной передачей и запоминанием строк	167
§ 88. Параметры системы СЕКАМ	169
§ 89. Кодирование и декодирование сигналов цветности в си- стеме СЕКАМ	173
§ 90. Особенности устройства цветного телевизионного приемника	176
§ 91. Установка и регулировка цветного телевизионного прием- ника. Контрольно-измерительные приборы и специальные сигналы для настройки приемника	178
§ 92. Универсальная электрическая испытательная таблица .	185
§ 93. Перспективы развития телевидения	187
Литература	189

*Михаил Лазаревич Казиник,
Геннадий Михайлович Макеев,
Николай Александрович Сафрошин*

ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Научный редактор В. Г. Маковеев
Редактор Г. А. Сильвестрович
Художественный редактор Т. В. Панина
Технический редактор Н. А. Битюкова
Корректор Л. З. Черникова

Т—06427. Сдано в набор 16/XI 1972 г. Подп. к печати 13/IV 1973 г. Формат 60×90^{1/16}.
Объем 12 печ. л.+вкл. 0,2 печ. л. Уч.-изд. л. 12,41. Изд. № ЭГ—166. Тираж 210 000 экз.
Заказ № 759. Цена 32 коп.

План выпуска литературы издательства «Высшая школа» (профтехобразование) на 1973 г.
Позиция № 62

Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.
Издательство «Высшая школа»

Ярославский полиграфкомбинат «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Со-
вета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ярославль,
ул. Свободы, 97.

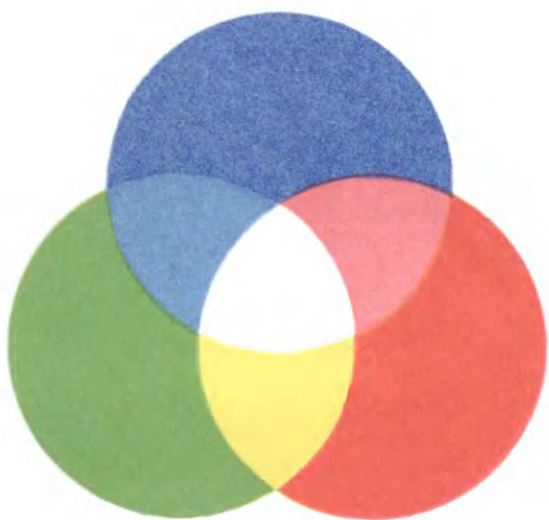


Рис. 3. Смешение трех основных цветов

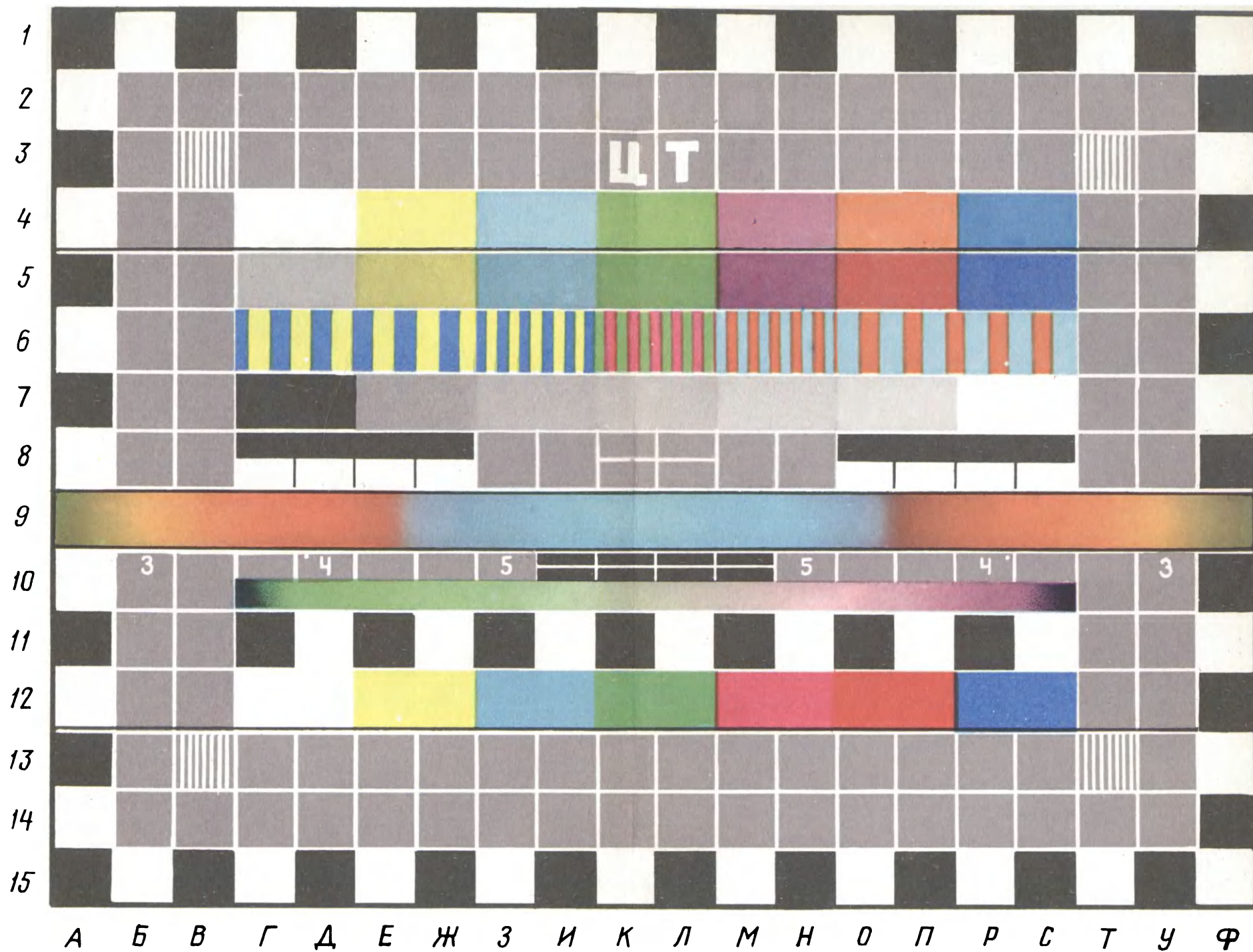


Рис. 136. Универсальная электрическая испытательная таблица (УЭИТ)

