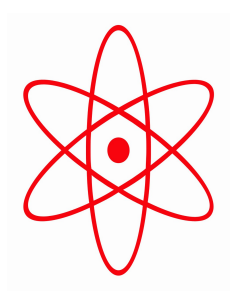


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



РТТУЛ-6

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ
СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗОРА**

Тула, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗОРА

Цель работы: исследовать теоретические принципы построения схемы строчной развертки телевизора, экспериментально определить параметры импульсов в контрольных точках схемы.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Принципы построения построчной (прогрессивной) развертки.

Разверткой изображения называется перемещение развертывающего элемента в процессе анализа или синтеза изображения по определенному периодическому закону. Оптическое изображение сначала фотоэлектрическим преобразователем в виде электронно - лучевой трубки или твердотельной передающей матрицы превращается в электрический сигнал, мгновенные значения которого пропорциональны яркости передаваемых участков изображения, — *видеосигнал*. В ТВ приемнике электрический сигнал снова превращается в оптическое изображение с помощью электронно-оптического преобразователя в виде кинескопа или с помощью плоской матрицы световоспринимающих элементов.

Телевизионное изображение, получаемое за период кадра (ТВ кадр), состоит из совокупности (до сотен тысяч) *элементов* — минимальных площадок, различаемых и воспроизводимых ТВ системой. Используются процессы последовательного во времени преобразования цвета или яркости элементов изображения объектов в электрические сигналы (ТВ анализ изображения) и электрических сигналов в цвет или яркость элементов ТВ изображения (синтез ТВ изображения). Перемещение развертывающего элемента в процессе анализа и синтеза изображения по определенному периодическому закону называется *разверткой* изображения. Развертывающий элемент может быть реализован в виде электронного луча (электронная развертка), светового (лазерного) луча, светочувствительного элемента в твердотельном датчике видеосигнала и т. д.

Рассмотрим некоторые требования, предъявляемые к развертке. Развертка может осуществляться по различным законам. В различных областях техники используют радиальную, спиральную, синусоидальную, линейно-строчную и другие виды разверток. Однако во всех случаях закон развертки на передающей и приемной сторонах должен быть одинаков, иначе появятся координатные искажения воспроизводимого изображения. Кроме того, развертки должны быть синхронными (равенство частот) и синфазными (совпадение фаз). Невыполнение первого требования, т. е. отличие частот строчной или (и) кадровой развертки воспроизводящего устройства от таковых на передающей стороне ТВ тракта влечет за собой невозможность получения и просмотра устойчивого изображения на экране телевизора или монитора. Если же частоты разверток равны, но есть фазовые различия, т. е. моменты начала разверток не

совпадают, то изображение будет сдвинутым по горизонтали или вертикали, может быть «разорвано» на две части, начинают просматриваться интервалы гасящих импульсов.

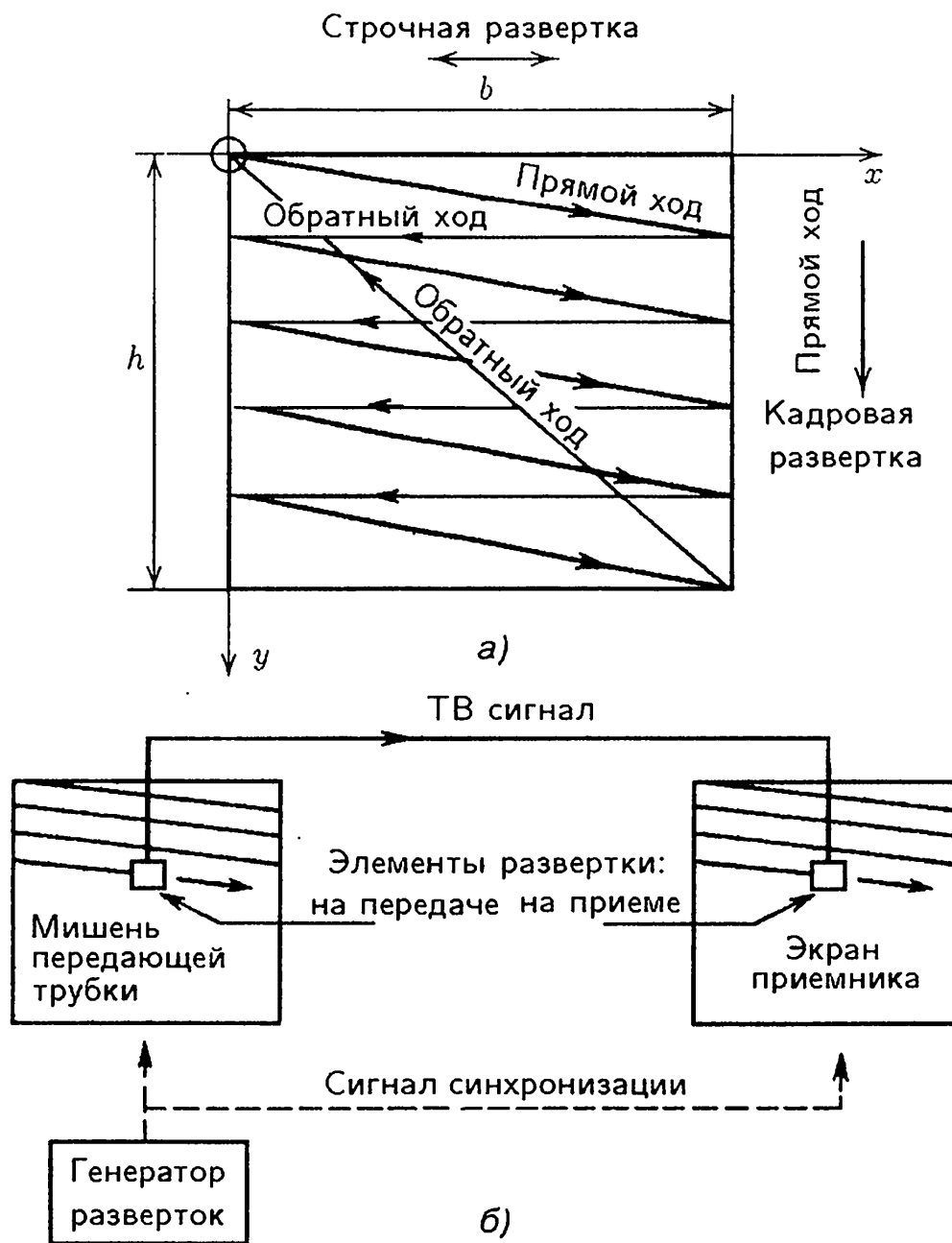


Рис. 1.1 Линейно-строчная развертка:

а — принцип линейно-строчной развертки; *б* — синхронизация разверток

В ТВ вещании используется наиболее простой для реализации закон развертки — *линейно-строчная* периодическая развертка, когда разложение изображения осуществляется с постоянной скоростью слева направо, прочерчивая строку изображения (прямой ход строчной развертки), и одновременно сверху вниз (прямой ход кадровой развертки) (рис. 1.1,а).

Быстрый возврат развертывающего элемента справа налево и снизу вверх происходит во время *обратных ходов* разверток; сумма времени прямого и обратного ходов составляет *период* развертки, причем период строчной развертки намного меньше периода кадровой.

Рисунок, образуемый обегаящим электронным или световым лучом на поверхности экрана или мишени электронно-лучевого прибора, называют *ТВ растром*. Элементы на передаче и приеме будут иметь одинаковые координаты в пределах растров (рис. 1.1,б), если по ТВ каналу будет передаваться не только видеосигнал, но и дополнительный (служебный) сигнал — *сигнал синхронизации приемника*, содержащий импульсы строчной и кадровой частот. Обычно оба эти сигнала совмещаются, а в приемнике разделяются по уровню. Совмещенный сигнал называют *полным сигналом яркости*.

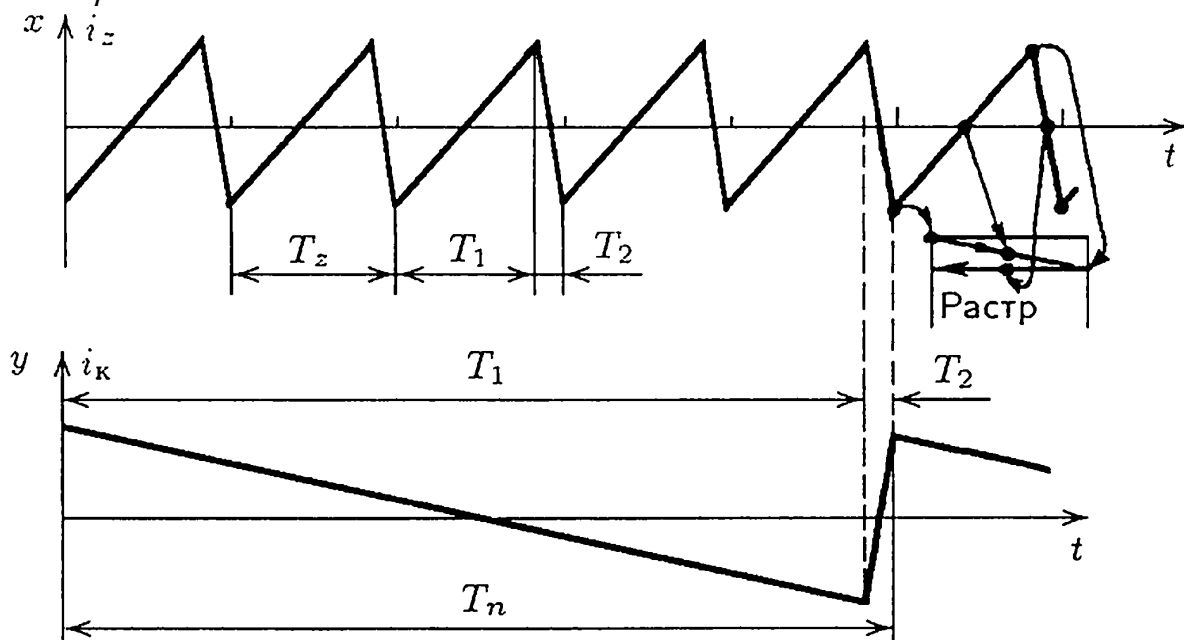


Рис. 1.2 Форма отклоняющих токов при построчной развертке

Развертка, при которой все строки растра развертываются за один период вертикальной развертки в непрерывной последовательности (1-я, 2-я, 3-я и т.д.), как изображено на рис. 1.1, называется *построчной* (прогрессивной). Форма отклоняющих токов строчной (i_z) и кадровой (i_k) частот в случае построчной развертки показана на рис. 1.2. Видно, что периоду кадровой развертки T_n соответствует целое число периодов строк T_z . Во время прямых ходов (T_1) токи линейно нарастают, т. е. скорости разверток по горизонтали и вертикали постоянны: $v_H = \text{const}$ и $v_B = \text{const}$. Это позволяет избежать некоторых искажений воспроизводимого изображения — изменения яркости и четкости по полю изображения. Действительно, при нелинейном законе развертки время нахождения развертывающего электронного луча на отдельных элементах растра будет различно и яркость этих элементов на люминоформном экране кинескопа тоже будет неодинакова. Кроме того, при этом меняется скорость

развертки ($t_{эл} = var$), и для некоторых элементов, для которых скорость развертки максимальна, частота ВЧ составляющих спектра видеосигнала может превысить 6 МГц, и в канале связи они будут ограничены. Что же касается обратных ходов (T_2), то линейную форму, изображенную для простоты на рис. 1.2, выдерживать не обязательно, так как возврат электронного луча в исходное состояние к началу прямого хода зритель не видит — на воспроизводящее устройство подаются специально сформированные *гасящие импульсы* (ГИ), причем $\tau_{ГИ} > T_2$.

На рис. 1.2 показана также зависимость положения воспроизводимого элемента на строке от значения тока развертки. При отсутствии постоянной составляющей тока его среднее (нулевое) значение соответствует середине строки, а максимумы положительных и отрицательных амплитуд — правому и левому краям раstra.

В табл. 1 приведены номинальные значения некоторых параметров разложения изображения для горизонтальной H и вертикальной V разверток, в том числе абсолютные ($\tau_{ГИ}$) и относительные ($\tau_{ГИ}/T$) длительности ГИ и длительности активной части строки и кадра $T_{акт}$. Отметим только, что средняя

нестабильность частоты строк $\frac{\Delta f_z}{f_z}$ в сигнале отечественной системы цветного ТВ SECAM не должна превышать 10^{-6} , т.е. $\pm 15625 \cdot 10^{-6} \approx \pm 0,016$ Гц. Этому соответствует нестабильность периода импульсов с частотой строк $\Delta T_Z = T_Z(\Delta f_z/f_z) = (1/15625) \cdot 10^{-6} \approx \pm 0,06$ нс, что необходимо для международного обмена программами цветного ТВ со странами, в которых принята другая система цветного ТВ — PAL.

Таблица 1

Развертка	Значения параметров разложения изображения						
	f , Гц	T , мс	T_1 , мс	T_2 , мс	$T_{акт}$, мс	$T_{ГИ}$, мс	$\tau_{ГИ}/T$
H	15625	0,064	0,057	0,007	0,052	0,012	$\alpha = 0,18$
V	50	20	19	1	18,4	1,6	$\beta = 0,08$

Как видно из табл. 1, реально обратный ход вертикальной развертки занимает около 1 мс (5 % периода), или около 15 строк. Они будут воспроизводиться в виде наклонных линий, если на воспроизводящее устройство не подавать ГИ. На рис. 1.1,а и 1.2 для упрощения графических построений время обратного хода кадровой развертки значительно уменьшено — до значения времени обратного хода строчной развертки.

Чересстрочная развертка.

Чтобы свечение экрана приемной трубки воспринималось зрителем без мельканий, необходимо повторять возбуждение всего поля экрана 48–50 раз в секунду. Однако для воспроизведения изображений движущихся объектов вполне достаточно передавать 13–16 фаз движения, т.е. статических изображений в секунду — кадров. Так как полоса частот, занимаемая спектром видеосигнала, прямо пропорциональна числу передаваемых в секунду кадров, избыточное их число необходимо ограничивать.

Избыточность числа кадров в ТВ передаче изображений устраняется применением чересстрочной развертки, сущность которой заключается в том, что полный кадр изображения развертывается, т.е. передается и воспроизводится за два поля. В первом поле развертываются нечетные строки раstra, а во втором — четные. Каждое из полей представляет собой растр с уменьшенным вдвое числом строк и содержит половину зрительной информации о передаваемом изображении. Так как критическая частота мельканий практически не зависит от числа строк в растре, то частота передачи полей, равная или большая $f_{кр}$, обеспечивает восприятие изображения без мельканий, при этом скорость передачи информации снижается вдвое. В ТВ вещании принято: номинальная частота полей 50 Гц и номинальная частота кадров 25 Гц.

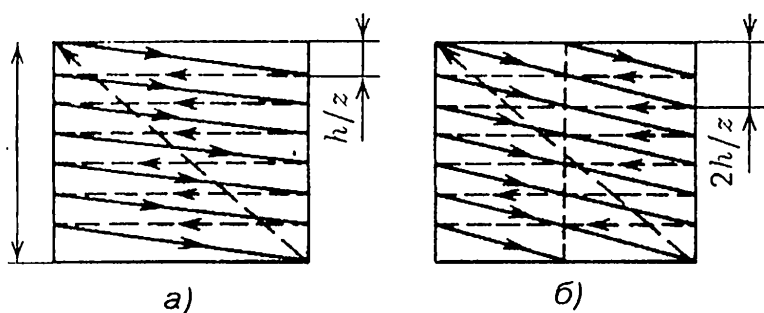


Рис. 1.3 . Образование чересстрочного раstra:
 а — построчная развертка при $z = 7$, $f_n = 50$ Гц, $f_z = 350$ Гц;
 б — чересстрочная развертка при $z = 7$, $f_n = 25$ Гц, $f_z = 175$ Гц; $f_{2n} = 50$ Гц

Снова проследим процесс образования построчного раstra (рис.1.3 ,а). Если развертывающий элемент движется по горизонтали с постоянной скоростью, прочерчивая строку раstra, и одновременно смещается по вертикали, то к концу строки он сместится вниз относительно ее начала на величину h/z , т.е. на ширину одной строки. Быстро возвращаясь к началу строки (длительностью обратного хода пренебрегаем), развертывающий элемент займет положение, соответствующее началу второй строки и т.д.

Если в качестве исходного принять растр с нечетным числом строк (рис.1.3 ,а) и уменьшить вдвое скорость развертки по горизонтали, то в каждом поле получится нецелое, вдвое меньшее число строк (рис.1.3 ,б), но из-за разности в полстроки строки растров первого и второго полей окажутся взаимно сдвинутыми по вертикали на ширину одной строки полного растра, т.е. строки второго поля будут ложиться между строками первого. За два периода вертикальной развертки образуется полный растр, аналогичный по числу строк исходному.

Таким образом, с помощью чересстрочной развертки удастся при неизменных числе строк и частоте мельканий в два раза снизить скорость строчной развертки, т.е. скорость передачи ТВ информации, и тем самым уменьшить вдвое верхнюю граничную частоту спектра сигнала изображения. В результате спектр сигнала для отечественного стандарта занимает полосу частот от $f_{\min} = 50$ Гц до $f_{\max} \approx 6$ МГц .

$$f_{\max} = 0,9 \left(\frac{4}{3} \cdot 625^2 \cdot 25 \right) / 2 \approx 6,0 \cdot 10^6 \text{ Гц.}$$

При чересстрочном разложении каждая строка повторяется через поле [$f_z = z f_n = (z/2) f_{2n}$], т.е. каждый кадр один раз. Поэтому расстояние между двумя соседними спектральными линиями гармоник строчной частоты кратно целому числу f_n , а поскольку при чересстрочном разложении z является нечетным, то соответственно нечетному числу f_n . Учитывая, что боковые полосы вокруг строчных линий находятся на расстояниях, кратных частоте вертикальной развертки f_{2n} , при перекрытии спектров боковые линии соседних гармоник строк не будут совпадать . Соответственно расстояние между гармониками строчной частоты через одну равно четному числу f_n , т.е. целому числу f_{2n} , так как $f_{2n} = 2f_n$, и боковые линии спектров этих гармоник будут совпадать.

Для формирования чересстрочной развертки должны быть обеспечены следующие условия:

а) нечетное число строк в кадре, т.е. $z = 2m + 1$, где m — целое число;

б) жесткая связь частот развертки по строке и по кадру, т.е. $2f_z = z f_{2n} = (2m + 1) f_{2n}$, обеспечивающая в каждом поле целое число строк с половиной строки.

Обычно оба эти условия выполняются при формировании частот горизонтальной и вертикальной разверток от общего задающего генератора с частотой $2f_z$ делением на 2 и на z соответственно.

Чересстрочная развертка кратностью 2:1 применяется во всех системах вещательного ТВ для сокращения полосы частот, занимаемой ТВ сигналом. В принципе возможно дальнейшее сокращение полосы частот применением чересстрочного разложения с кратностью 3:1 или 4:1. В этом случае кадр будет состоять из трех или четырех отдельных полей, строки которых последовательно воспроизводятся друг под другом. По ряду причин такие развертки не применяются. Становятся заметными мелькания строк, так как четные (или нечетные) поля повторяются с частотой 12,5 Гц (при кратности 4:1), а угловое расстояние между строчками одного поля становится больше минимального угла разрешения глаза. Уменьшается четкость изображения объектов, движущихся в вертикальном направлении с относительно большой скоростью. Ухудшается воспроизведение вертикальных границ объектов, движущихся с относительно большой скоростью в горизонтальном направлении (границы становятся зигзагообразными и наклонными). Наконец, появляется эффект скольжения строк, которые как бы перемещаются сверху вниз в пределах одного кадра. Объясняется это тем, что, когда луч чертит какую-либо строку четвертого поля, яркость ее максимальна. В то же время расположенные выше строки, прочерченные соответственно в третьем, втором и первом полях, имеют спадающий по яркости во времени характер. Создается эффект последовательного во времени разнояркостного свечения и, как следствие, — перемещение строк. Эти недостатки присущи любой чересстрочной развертке, но при кратности 2:1 они менее заметны.

В последние годы увеличились размеры экранов телевизоров, значительно возросли яркость, контраст и четкость изображения. В этих условиях сильнее стали проявляться недостатки чересстрочной развертки — мелькания изображения с частотой полей и межстрочные мелькания. Мелькание с частотой полей стало особенно заметно на новых кинескопах с повышенной яркостью, предназначенных для работы в условиях большой внешней засветки. Это явление усугубляется тем, что зрители часто наблюдают изображения на малом расстоянии от экрана, т.е. под большим углом зрения, когда в процесс наблюдения вовлекаются периферийные участки сетчатки, обладающие меньшей инерционностью к световому возбуждению.

Мелькания отдельных строк поля хорошо заметны на горизонтальных границах и наклонных структурах изображения, особенно при наблюдении буквенно-графической информации с близкого расстояния. Эти искажения приводят к уменьшению реальной четкости изображения по вертикали. Так, установлено, что 625-строчное изображение с построчной разверткой эквивалентно примерно 900-строчному изображению с чересстрочной разверткой.

Особенности блока строчной развертки телевизора.

В связи с различной частотой отклоняющего тока выходной каскад строчной развертки значительно отличается от выходного каскада кадровой развертки.

Частота строчной развертки 15625 Гц, т. е. в 312,5 раз больше частоты кадровой развертки, равной 50 Гц. Удовлетворительная форма пилообразного тока строчной частоты получается при воспроизведении 10 гармоник, поэтому верхняя граница полосы частот строчного генератора составляет $15\,625 \times 10 = 156,25$ кГц, а кадрового — 1 кГц.

При такой широкой полосе частот большое влияние на работу каскада оказывают различные паразитные емкости, особенно междувитковые емкости отклоняющих катушек и выходного строчного трансформатора. Эти емкости вместе с индуктивностями схемы образуют колебательный контур, в котором возникают свободные колебания, искажающие изображение. И, кроме того, от величины паразитной емкости зависит длительность обратного хода луча.

Длительность обратного хода строчной развертки составляет 7—10 мкс, поэтому скорость изменения тока во время обратного хода очень большая, а это вызывает на индуктивностях схемы выходного каскада импульсы напряжения достаточно большой величины — несколько тысяч вольт. В результате многие элементы схемы оказываются под высоковольтным импульсным напряжением и должны выдерживать его без пробоя. Это, прежде всего, относится к выходной лампе, так как во время обратного хода на ее аноде напряжение достигает 6—8 кВ.

Кроме того, выходной каскад строчной развертки потребляет значительно большую мощность, чем выходной каскад кадровой развертки. Это объясняется тем, что максимальная напряженность поля, необходимая для отклонения луча по строке, примерно такая же, как и для отклонения луча по кадру, но поскольку электронный луч отклоняется по горизонтали 15 625 раз в секунду, а по вертикали только 50 раз, то мощность, потребляемая выходным каскадом строчной развертки, более чем в 300 раз ($15625:50$) должна превышать мощность, потребляемую выходным каскадом кадровой развертки.

Все эти обстоятельства приводят к тому, что схема выходного каскада строчной развертки значительно сложнее аналогичной схемы кадровой развертки, а именно: для уменьшения влияния паразитной емкости и срыва колебательного процесса используется специальный каскад — демпфер).

Для уменьшения потребляемой мощности выходной каскад строится по

экономичной схеме с обратной связью по питанию, поэтому, несмотря на значительное увеличение размеров экрана кинескопа, потребляемая выходным каскадом, мощность возрастает незначительно.

Генераторы строчной развертки телевизоров содержат следующие основные элементы (рис. 2.1):

- выходной каскад, обеспечивающий пилообразный ток в отклоняющих катушках;
- задающий генератор, определяющий частоту строчной развертки;
- промежуточный усилитель, формирующий необходимый управляющий сигнал для выходного каскада;
- схему инерционной синхронизации;
- устройство автоматической подстройки частоты и фазы (АПЧФ), обеспечивающее устойчивую синхронизацию и помехозащищенность задающего генератора.

В различных моделях, в зависимости от их назначения, размеров изображения, особенностей устройств питания и параметров кинескопа схема может в некоторой степени видоизменяться.

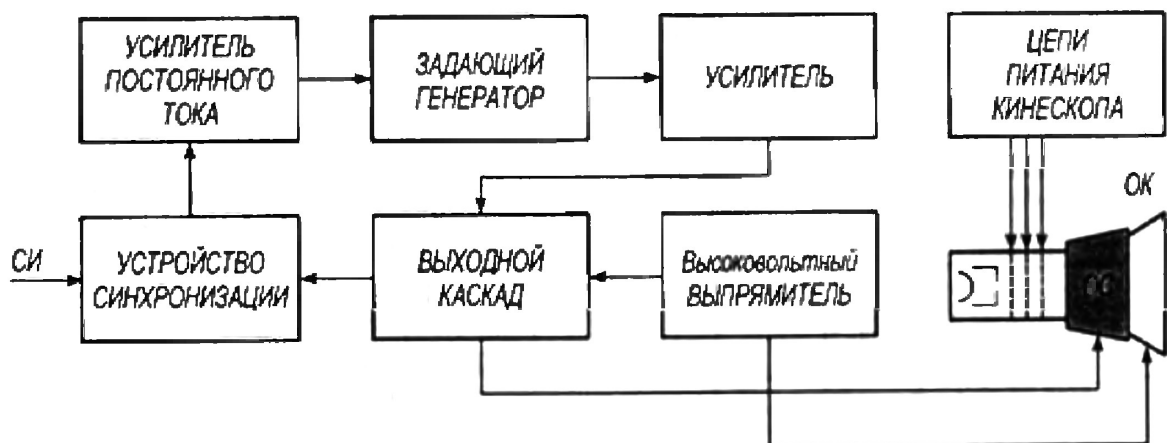


Рис 2.1. Структурная схема генератора строчной развертки телевизора.

Многообразие вариантов схем ГСР определяется, в основном, стремлением найти компромиссное решение, удовлетворяющее двум противоречивым требованиям. Одно из них состоит в том, что выходной каскад работая в режиме переключения больших мощностей управляется достаточно мощным управляющим сигналом. Другое связано с требованием высокого качества синхронизации задающего генератора.

Иными словами, приемлемая ширина полосы синхронизации, обеспечиваемая системой АПЧФ, возможна только при маломощном задающем генераторе. Следовательно, чтобы удовлетворить этим требованиям, необходимо использовать маломощный задающий генератор,

Чтобы получить управляющий сигнал для выходного каскада необходимой мощности приходится между задающим генератором и выходным каскадом включать промежуточный усилитель мощности. В зависимости от величины

выходной мощности промежуточный усилитель может содержать один или два каскада.

Иногда рассматриваемое противоречивое требование выполняется использованием задающих генераторов сравнительно большой мощности, но при этом, чтобы обеспечить необходимую ширину полосы синхронизации, между схемой АПЧФ и задающим генератором включается усилитель постоянного тока. В таких схемах, как правило, достаточно одного каскада промежуточного усилителя. Нередко в схемах ГСР одновременно используют и многокаскадный промежуточный усилитель и согласующий усилитель постоянного тока.

Поскольку на нагрузке выходного каскада генератора, как уже отмечалось, существуют довольно большие по амплитуде импульсы напряжения, а максимальный ток луча современных кинескопов сравнительно небольшой (30 — 150 мкА), то с помощью строчного трансформатора повышают импульсное напряжение выходного каскада и затем, выпрямляя его, получают необходимое высокое напряжение для питания второго анода кинескопа.

По этому принципу в настоящее время строятся ГСР всех телевизоров. При таком исполнении высоковольтного блока, состоящего из строчного трансформатора и высоковольтного выпрямителя, не нарушается основная функция выходного каскада — получение пилообразного отклоняющего тока.

Наряду с основными функциями, получения отклоняющего тока и высокого напряжения, ГСР телевизора выполняет ряд дополнительных функций. Он обеспечивает:

- питающие напряжения для ускоряющего и фокусирующего электродов кинескопа;
- управляющие импульсы напряжения для ключевой схемы автоматической регулировки усиления тракта изображения;
- гашение обратного хода строчной развертки;
- напряжение питания выходного каскада видеоусилителя,

Помимо рассмотренных блоков, в ГСР применяются также:

- устройство питания выходного каскада, которое может представлять собой устройство вольтдобавки стабилизатор или преобразователь напряжения;
- устройство коррекции линейности изображения по горизонтали;
- устройство защиты транзистора выходного каскада.

Все функциональные элементы структурной схемы рис. 2.1 объединены в три комплексных блока в соответствии с их назначением;

В выходной блок входят элементы, связанные с выходным каскадом ГСР.

Блок промежуточных усилителей состоит из буферного и промежуточного каскадов.

В состав блока синхронизации входят устройство инерционной синхронизации, усилитель постоянного тока и задающий генератор.

Выходные каскады строчной развертки телевизора.

Во всех ГСР телевизоров питание выходного каскада, работающего по принципу симметричного ключа, осуществляется параллельным способом с помощью дросселя. При этом отклоняющие катушки подключаются к транзистору каскада через разделительный конденсатор (рис. 2.2).

Питание транзистора по постоянному току в них осуществляется с помощью дросселя. Индуктивность дросселя обычно в 5... 10 раз превышает индуктивность строчных отклоняющих катушек. При подключении катушек через разделительный конденсатор $C2$, в них устраняется постоянная составляющая тока, что способствует снижению потерь в катушках и устраняет децентровку раstra по горизонтали.

С целью снижения внутреннего сопротивления источника питания к верхнему выводу дросселя подключается электролитический конденсатор большой емкости, сопротивление которого мало на строчной частоте. Конденсатор $C1$ выполняет роль емкости обратного хода. Емкость этого конденсатора подбирают так, чтобы длительность половины периода колебаний в контуре $L_{ок}C1$ равнялась длительности обратного хода строчной развертки.

Схема каскада, показанная на рис. 2.2, в которой отклоняющие катушки подключены к коллектору выходного транзистора, наиболее распространена. Применяется также каскад с автотрансформаторным подключением катушек (рис. 2.3). В этой схеме к катушкам прикладывается напряжение большее, чем на коллекторе транзистора, что позволяет получить большую амплитуду отклоняющего тока по сравнению с каскадом рис. 2.2. Однако, из-за протекания отклоняющего тока по части

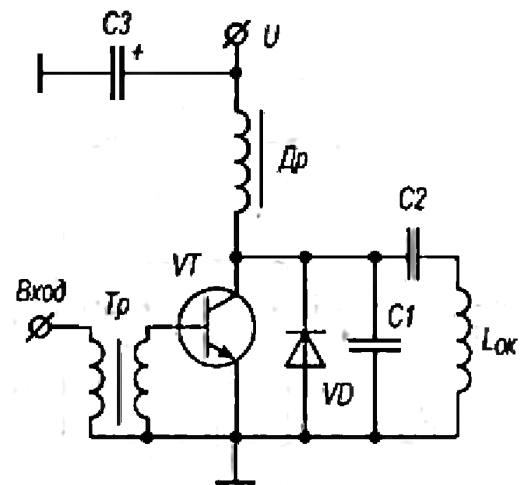


Рис. 2.2 Дроссельный выходной каскад строчной развертки

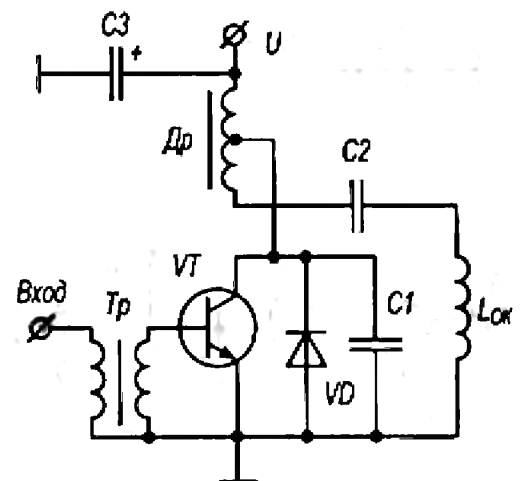


Рис. 2.3 Автотрансформаторный каскад строчной развертки

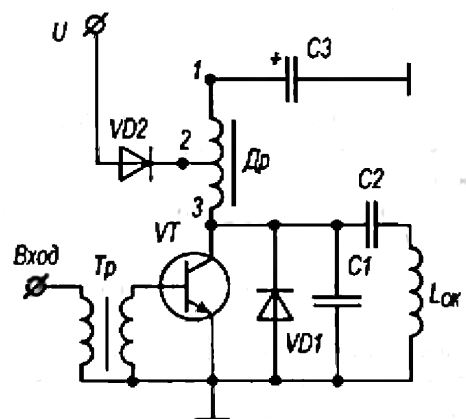


Рис. 2.4 Выходной каскад строчной развертки с вольтодобавкой

витков дросселя возрастают потери в каскаде.

Более экономичным способом получения отклоняющего тока повышенной амплитуды является способ вольтдобавки, реализованный в каскаде рис. 2.4. К отводу 2 дросселя подключен диод VD2, через который запитывается транзистор от источника питания. К выводу 1 дросселя подключен конденсатор вольтдобавки C3. Во время прямого хода это напряжение вольтдобавки складывается с напряжением источника питания, повышая напряжение питания выходного каскада.

Во всех трех рассмотренных каскадах управление осуществляется с помощью трансформатора.

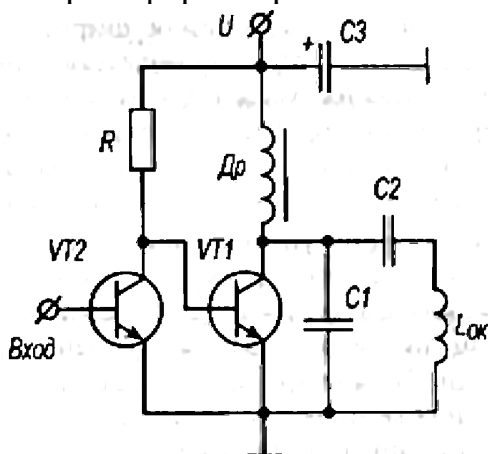


Рис. 2.5 **Бестрансформаторный выходной каскад строчной развертки**

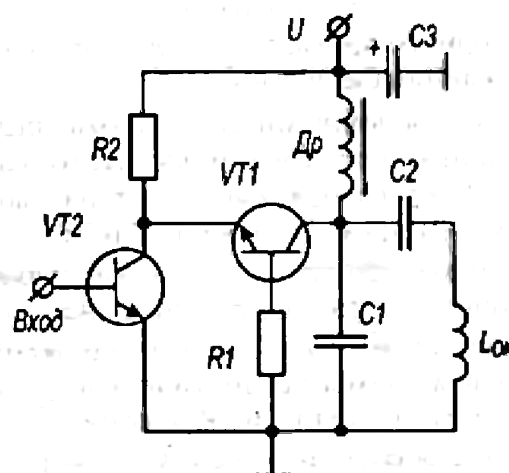


Рис. 2.6 **Бестрансформаторный выходной каскад строчной развертки**

В телевизорах также применяется бестрансформаторный способ подачи управляющих им пульсов (рис. 2.5, 2.6). Бестрансформаторный способ управления выходным каскадом позволяет исключить демпферный диод, так как его роль в этом случае выполняет переход коллектор-эмиттер транзистора VT2 предвыходного каскада.

В импортных телевизорах используется выходной каскад ГСР, в котором транзистор включен по схеме с общей базой (рис. 2.6).

Прямоугольные управляющие импульсы поступают на эмиттер транзистора VT1 непосредственно с коллектора транзистора VT2 предвыходного каскада. Под действием этих импульсов транзистор VT1 запирается на время обратного хода. Во время прямого хода через базу VT1 протекает ток, достаточный для его ввода в режим насыщения.

Отклоняющий ток первой половины прямого хода свободно проходит через переход коллектор-база VT1, который в это время выполняет роль демпферного диода.

Рассмотренный выходной каскад применяется в телевизорах с размерами экрана по диагонали 35...52 см.

Форма сигнала строчной развертки приведена на рис. 2.7.

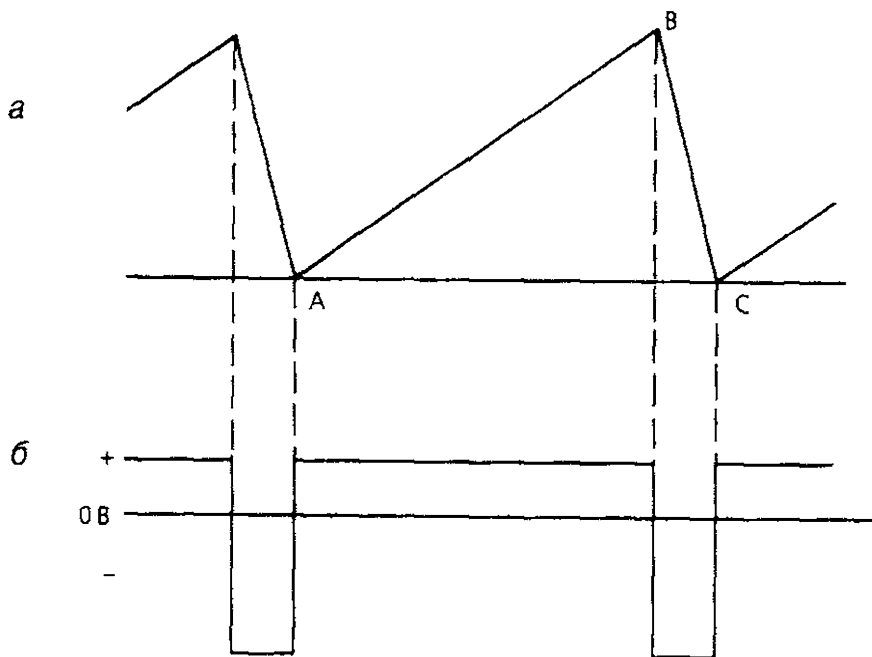


Рис. 2.7 Форма сигнала строчной развертки. a — ток в отклоняющей катушке; b — напряжение U_L на отклоняющей катушке.

Назначение системы строчной развертки заключается в том, чтобы создать в катушках строчной развертки соответствующий отклоняющий ток. Как и в случае кадровой развертки, для линейного отклонения необходим пилообразный токовый сигнал. Однако при относительно высокой частоте строк реактивное сопротивление катушки X_L становится очень большим по сравнению с ее активным сопротивлением. В этом случае активное сопротивление оказывается несущественным и катушки строчной развертки можно рассматривать как чистые индуктивности. Из соотношения $U_L = L di/dt$ следует, что линейный ток в чистой индуктивности можно получить при приложении к катушке индуктивности постоянного напряжения. Для получения пилообразного тока напряжение должно иметь форму импульса, как показано на Рис. 2.7. Для интервала развертки АВ ток увеличивается с небольшой и постоянной скоростью. Следовательно, напряжение U_L имеет небольшое положительное значение, которое остается постоянным на всем интервале АВ. На интервале обратного хода ВС ток уменьшается с высокой и постоянной скоростью; напряжение U_L здесь тоже постоянно, но на этот раз имеет большое значение и отрицательную полярность.

Рассмотрим резонансный контур, изображенный на Рис. 2.8. Когда выключатель замкнут, к резонансному контуру прикладывается скачок напряжения, и в него поступает энергия. Начинается колебательный процесс, называемый звоном, который происходит на резонансной частоте $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$. Эти колебания происходят потому, что электромагнитная энергия в отклоняющих катушках непрерывно преобразуется в электромагнитную энергию в конденса-

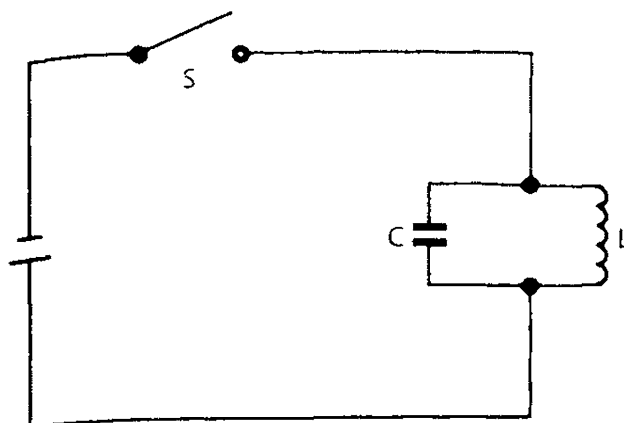


Рис. 2.8

торе и наоборот. Следовательно, ток перетекает из катушки в конденсатор и обратно. В идеальном случае эти колебания продолжались бы бесконечно долго, поскольку потери энергии в чистой индуктивности или в чистой емкости отсутствуют. Однако в результате потерь, которые вносятся главным образом небольшим активным сопротивлением индуктивности, колебания постепенно затухают Рис. 2.9

Похожие колебания (или звон) возникают при резком изменении напряжения, прикладываемого к индуктивности. Резонансная частота в этом случае определяется собственной емкостью катушки и паразитной емкостью других компонентов. В случае строчной развертки звон возникает в начале каждого обратного хода Рис. 2.10 и вносит искажения в левой стороне изображения.

Шунтируя катушку демпфирующим резистором, можно избавиться от звона. Однако это вызовет большие потери энергии, что приведет к снижению мощности, идущей на отклонение луча, и уменьшению угла отклонения.

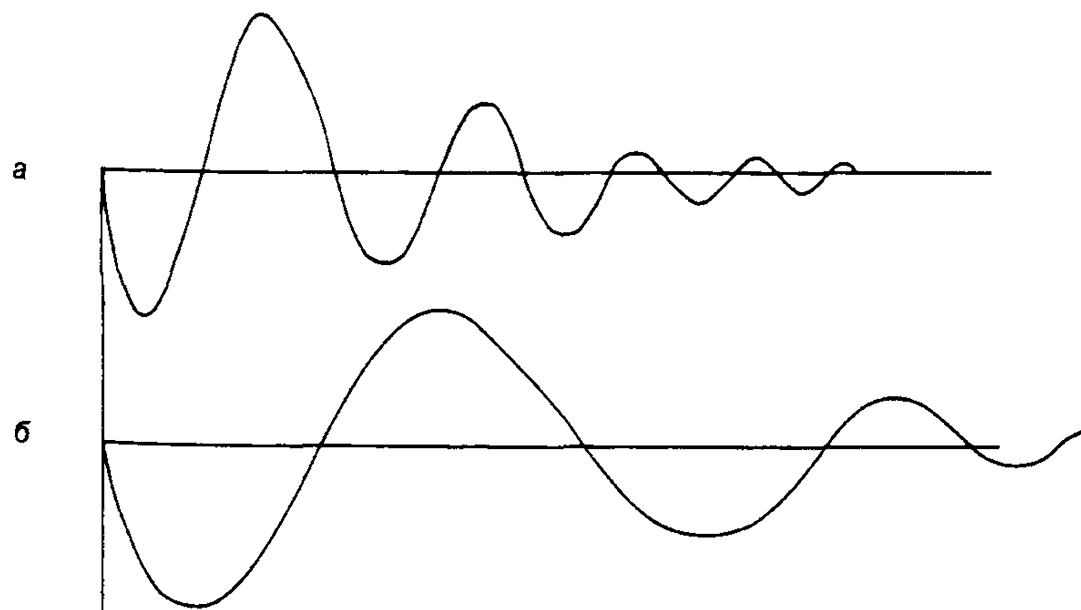


Рис. 2.9 Затухающие колебания. *a* — высокая частота; *б* — низкая частота.

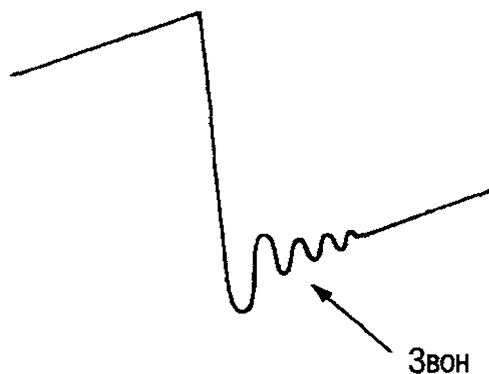


Рис. 2.10 Звон.

Устранить звон без потери мощности можно с помощью вольтодобавочного диода. В основе этого способа лежит использование энергии, запасенной в отклоняющих катушках благодаря обратному ходу для реализации первой половины развертки. Схема содержит коммутирующую цепь, которая управляет передачей энергии на отклоняющие катушки для получения требуемой формы сигнала. На Рис. 2.11 показана схема, содержащая параллельный транзисторно-диодный ключ; в этой схеме $L1$ — отклоняющая катушка, $D1$ — вольтодобавочный диод, $TR1$ — выходной строчный транзистор. Когда в момент t_1 транзистор $TR1$ включается положительным фронтом сигнала на его базе Рис. 2.12, на отклоняющую катушку $L1$ подается постоянное напряжение питания. Получающийся таким образом линейно растущий ток формирует участок АВ развертки. Ток продолжает расти до точки В, когда в момент t_2 поступивший на базу отрицательный импульс напряжения выключает транзистор. В этой точке напряжение коллектора транзистора $TR1$ меняется скачкообразно почти от напряжения корпуса до напряжения питания. Это положительное напряжение позволяет диоду оставаться в непроводящем состоянии. Конденсатор $C1$ теперь фактически подключен к $L1$. Большое изменение тока в $L1$ вызывает звон на частоте, которая определяется емкостью $C1$ и другими паразитными емкостями. Энергия, возникшая в результате внезапного изменения тока в $L1$, передается в $C1$, возбуждая незатухающие колебания в точке В. Когда $C1$ полностью зарядится (точка С на участке обратного хода), ток зарядки падает до нуля, как только колебания подходят к концу первой четверти своего периода. Когда энергия переходит из $C1$ в $L1$, начинается вторая четверть периода колебаний. Как только конденсатор начинает разряжаться, ток меняет направление. Когда в конце первой половины периода (точка D) ток достигает своего отрицательного пикового значения, он начинает уменьшаться, приближаясь к нулевому значению. Скорость изменения тока di/dt меняет направление. До отрицательного пика (точка D) скорость изменения тока положительна; при этом на $L1$ индуцируется э.д.с., ко-

торая делает коллектор TR1 (и катод диода D1) положительно заряженным, и диод закрывается. На самом отрицательном пике $di/dt = 0$ и индуцируемая э.д.с. также равна нулю. После отрицательного пика ток начинает уменьшаться. Скорость изменения тока поэтому отрицательна; наведенная э.д.с. меняет полярность, и коллектор TR1 (а также катод диода D1) становится отрицательно заряженным. Диод переходит в проводящее состояние. Это аналогично переходу транзистора TR1 в открытое состояние, т.е. к L1 прикладывается напряжение питания и начинается развертка. Ток через L1 нарастает линейно и формирует до точки A' около 30% развертки, когда в момент времени t_3 положительный фронт на базе включает транзистор TR1 и т.д.

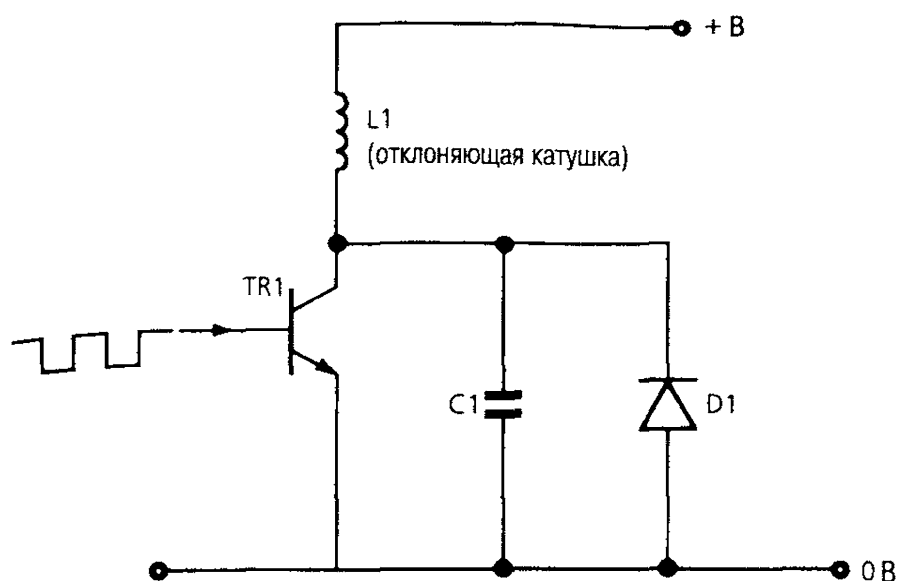


Рис. 2.11 Применение вольтодобавочного диода D1.

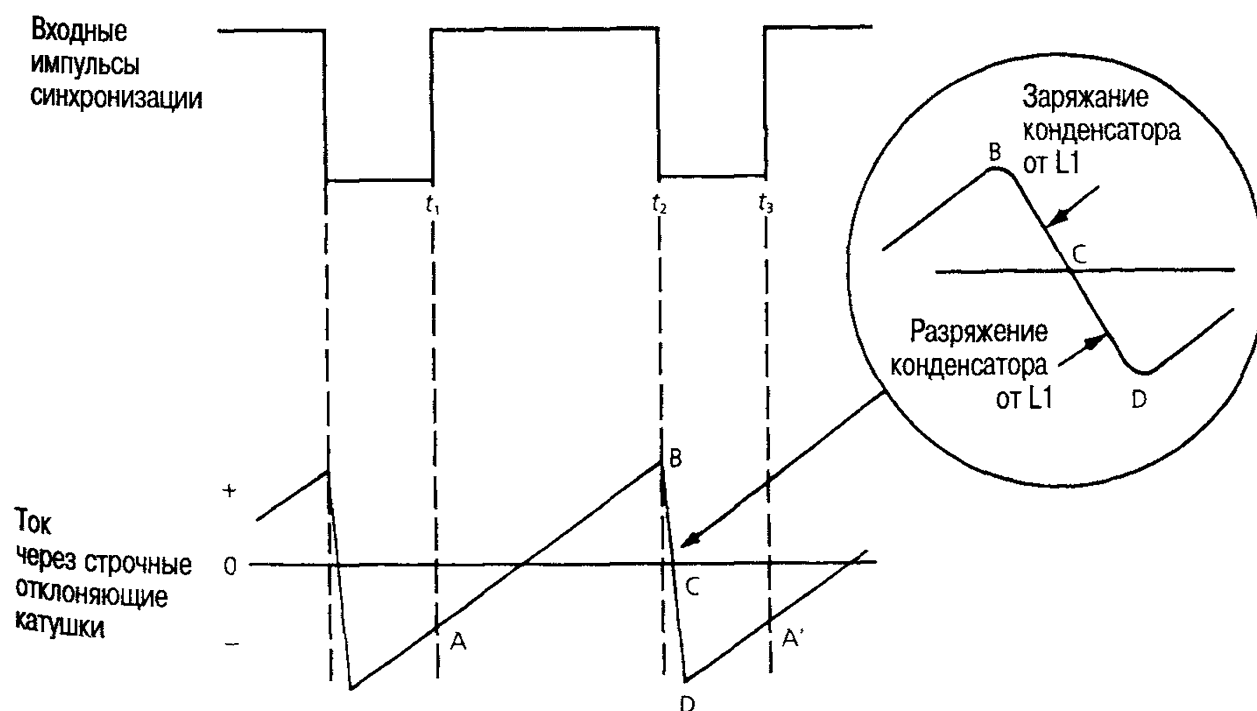


Рис. 2.12 Форма сигналов для схемы на Рис. 2.11

Высоковольтный блок

В состав высоковольтного блока телевизоров входят строчный трансформатор и высоковольтный выпрямитель. В ряде конструкций телевизоров используется диодно-каскадный строчный выпрямитель (ТДКС). Кроме того, к высоковольтному блоку относятся цепи, обеспечивающие режим питания электродов кинескопа низкими напряжениями.

Строчный трансформатор телевизоров выполняет две функции:

- является элементом цепи питания транзистора выходного каскада ГСР;
- повышает импульсное напряжение для высоковольтного выпрямителя.

Первую функцию выполняет первичная обмотка трансформатора, являясь дросселем питания, который обеспечивает прохождение постоянной составляющей тока выходного транзистора. Индуктивность первичной обмотки должна быть достаточно большой, чтобы свести к минимуму шунтирование отклоняющих катушек, по переменной составляющей подключенных параллельно первичной обмотке.

Вторую функцию строчного трансформатора выполняет его вторичная обмотка, содержащая большое число витков.

Умножители напряжения.

Принцип работы умножителей напряжения состоит в том, что необходимое высокое напряжение, для питания кинескопа, получается путем сложения выпрямленного напряжения с помощью многоступенчатых выпрямительных цепочек. При этом величина переменного напряжения на высоковольтной обмотке строчного трансформатора меньше приблизительно в число раз, равное кратности умножения,

В высоковольтном выпрямителе телевизоров применяются умножители различной кратности. На рис. 2.13 показана схема трехкратного умножения высокого напряжения. Такие выпрямители, как правило применяются в ГСР с низковольтными выходными каскадами. Число витков высоковольтной обмотки строчного трансформатора, при использовании таких выпрямителей, удается снизить до 1000...2000, что позволяет уменьшить ее паразитные параметры до значений, обеспечивающих настройку на третью гармонику строчной частоты.

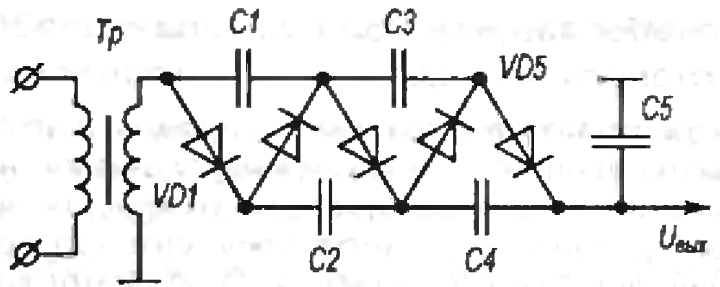


Рис. 2.13 **Схема умножителя напряжения**

В портативных телевизорах с небольшими размерами экранов используются высоковольтные выпрямители с пятикратной и более высокой степенью умножения.

Конструктивно высоковольтные выпрямители с умножением выполняются в виде герметичных блоков из электропрочной пластмассы. Заливка выпрямителя электропрочной пластмассой позволяет уменьшить его размеры при сохранении высокой надежности.

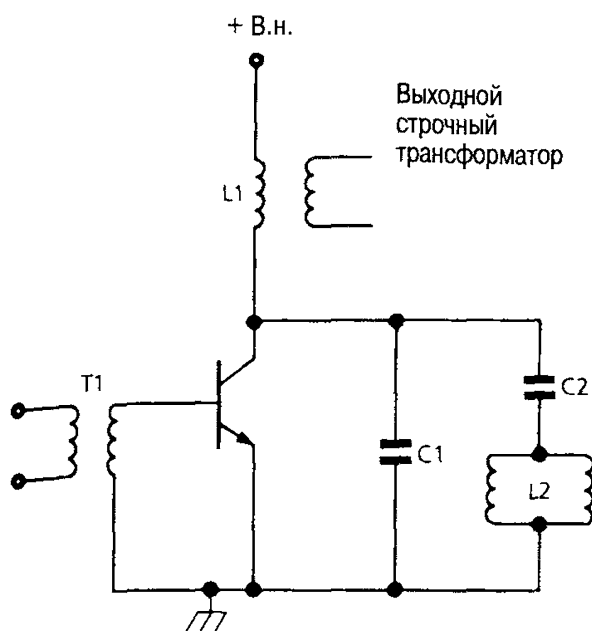


Рис. 2.14 Выходной каскад строчной развертки при использовании перехода база — коллектор в качестве вольтодобавочного диода.

Способы защиты транзистора выходного каскада.

В результате возможных неполадок и переходных процессов импульсные значения напряжения, тока и мощности на коллекторе выходного транзистора могут превысить его предельно допустимые значения. Причинами возникновения таких режимов могут быть следующие явления:

- сбои в работе системы АПЧФ;
- срывы (уходы) частоты задающего генератора;
- искровой пробой в высоковольтных цепях;
- броски напряжения питающей сети.

В моменты, когда транзистор выходит из нормального режима, в нем могут возникнуть необратимые процессы, приводящие к его повреждению. Работа в режиме пробоя приводит к интенсивному разогреву транзистора, значительному увеличению тока через него и, в конечном счете, к тепловому пробую.

Особенно опасными для выходного транзистора являются переходные процессы, вызванные искровыми пробоями в высоковольтных цепях телевизоров.

Во многих случаях пробой в виде искрения происходит в электронном прожекторе кинескопа (между ускоряющим электродом и ближайшим к нему электродом с менее высоким потенциалом). Нередки также пробой с высоковольтного ввода кинескопа на шасси телевизора.

Опасные последствия искрового пробоя в высоковольтной цепи могут проявляться двумя путями:

- пробой вызывает чрезмерное увеличение импульсного напряжения;
- пробой вызывает чрезмерное увеличение коллекторного тока.

Это приводит к выводу транзистора из строя. Процесс возрастания тока через транзистор, при искровых пробоях в высоковольтной цепи, имеет лавинообразный характер. Перегрузка выходного транзистора, при искровых пробоях, может быть частично или полностью устранена путем применения схем и устройств защиты.

Чаще всего используется устройство динамической привязки пикового

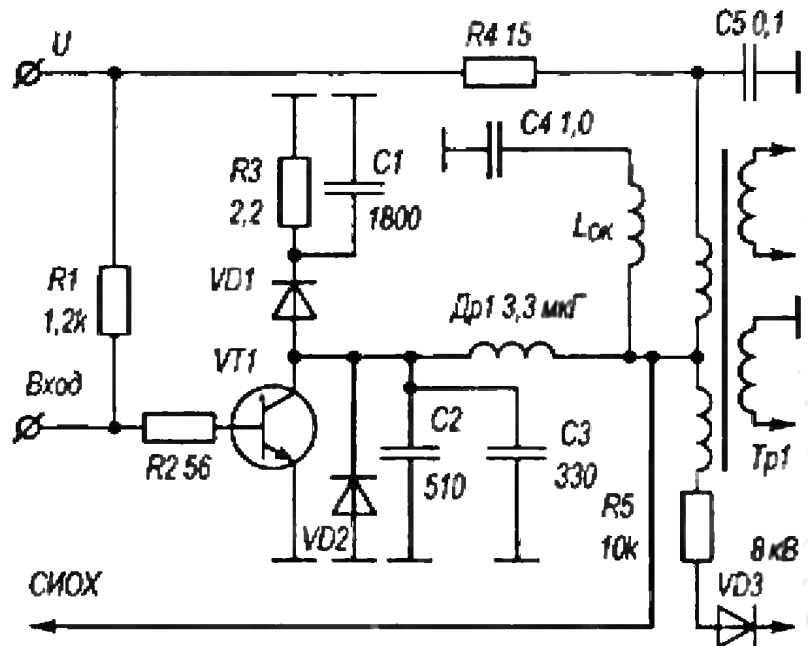


Рис. 2.15 Устройство динамической привязки пикового напряжения выходного транзистора ГСП

напряжения на коллекторе выходного транзистора. Это устройство представляет собой последовательное соединение диода и конденсатора, зашунтированного резистором (элементы VD1, C1, R3 на рис. 2.15), обеспечивающее эффективное подавление импульсов напряжения, превышающих заданный уровень.

Образующееся на конденсаторе постоянное напряжение используется для питания цепей кинескопа (например, ускоряющего электрода), выходного каскада У ВС и других узлов. Такая схема привязки эффективно работает только при кратковременных переходных процессах, возникающих, например, в АПЧФ, а также при включении телевизора и при некоторых видах пробоя в высоковольтных цепях.

Диод в этой цепочке должен обладать достаточно малым временем запираания и его выбирают U таким образом, чтобы при значительном увеличении нагрузки он обладал запасом по мощности рассеивания.

Для ограничения потребляемой мощности при искровом пробое, последовательно в цепь подачи высокого напряжения на кинескоп включают ограничительный резистор. При возникновении искрового пробоя, этот резистор вносит большое затухание в LC-контур, образованный паразитными параметрами высоковольтной цепи, и ограничивает пиковый ток.

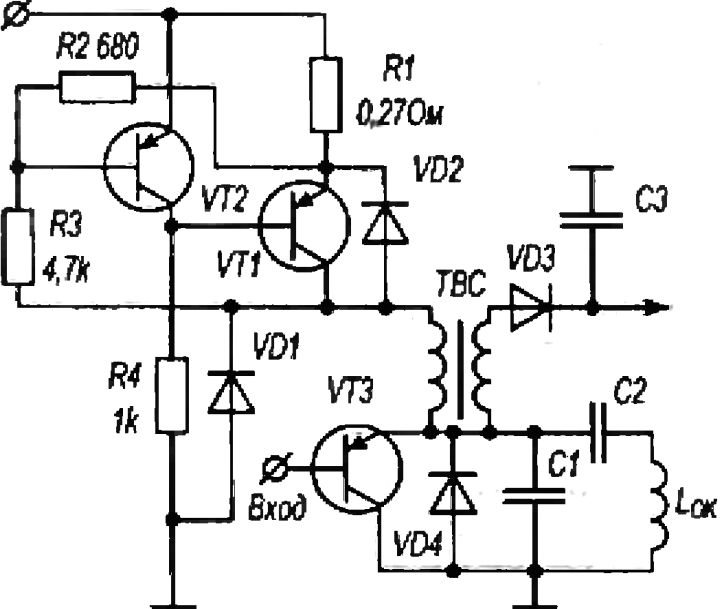


Рис. 2.16. Схема ограничения тока транзистора

В телевизорах применяются ограничители тока выходного каскада. Ограничитель тока обеспечивает защиту выходного транзистора при большинстве неисправностей в высоковольтных цепях. Ограничитель тока включают последовательно с источником питания или со строчным трансформатором.

При последовательном включении с первичной обмоткой ТВС, ограничитель должен производить ограничение тока на определенном уровне. На рис. 2.16 приведена схема ограничителя тока. В схему ограничителя введен дополнительный транзистор VT2, повышающий эффективность ограничителя. Если через резистор R1 (в цепи эмиттера VT1) проходит небольшой ток, то транзистор VT2 находится в закрытом состоянии, а транзистор VT1 будет находиться в режиме насыщения за счет тока, протекающего в цепи базы.

Поэтому обеспечивается свободное прохождение тока через первичную обмотку ТВС. Такой режим соответствует нормальным условиям в выходном каскаде VT3.

Если при каких-либо неисправностях в выходном каскаде ток в эмиттерной цепи транзистора VT1, возрастает выше определенного уровня - это вызовет отпирание транзистора VT2. Транзистор VT1 выходит из насыщения, что приводит к еще большему отпиранию транзистора VT2. В результате ток транзистора VT1 уменьшается, а напряжение на нем возрастает. Для защиты транзисторов VT1 и VT2 от импульсов напряжения в схему включены диоды VD1, VD2.

Недостаток рассмотренного ограничителя как состоит в том, что при нормальной работе выходного каскада он ухудшает энергетические характеристики каскада.

Рассмотренная схема защищает выходной каскад в следующих случаях:

- при неисправности кинескопа;
- замыкании витков в строчном трансформаторе;
- перегрузке из-за увеличения тока луча;
- повышении напряжения питания в момент включения;
- при неисправностях блока питания;
- при расстройке задающего генератора;
- неисправностях устройства синхронизации.

Обеспечение линейности строчной развертки.

Существуют две основные причины возникновения искажений линейности телевизионного изображения по горизонтали,

Первая заключается в несовпадении центра кривизны экрана по горизонтали и центра отклонения электронного луча кинескопа.

В кинескопах применяются сравнительно плоские экраны (с малой кривизной поверхности), в результате чего радиус кривизны экрана существенно больше радиуса отклонения луча. Это приводит к появлению симметричных искажений линейности, проявляющихся в растяжении изображения в левой и правой частях раstra.

Второй причиной нарушения линейности является присутствие активного сопротивления в цепи формирования отклоняющего тока, которое складывается из активного сопротивления отклоняющих катушек, сопротивления насыщения транзистора выходного каскада и прямого сопротивления демпферного диода, сопротивления, обусловленного потерями в сердечниках ТВС и отклоняющей системы.

Нарушение проявляется в том, что происходит искажение импульсов отклоняющего тока во время прямого хода развертки, а это, в свою очередь, приводит к растяжению изображения слева и сжатию в правой части раstra.

Для устранения таких искажений линейности необходимо симметрично исказить импульсы отклоняющего тока, придав им S - образную форму. В этом случае замедление скорости нарастания тока в начале и конце прямого хода компенсирует растяжение изображения.

Как можно видеть на Рис. 2.17, при равных угловых отклонениях луча, в центре луч проходит меньшее расстояние по сравнению с краями строки. Следовательно, для получения линейной развертки изображения на трубке с плоским экраном необходимо нелинейное угловое отклонение. Назначение нелинейности заключается в том, чтобы замедлить скорость изменения углового отклонения по краям развертки Рис. 2.18 . Поскольку угловое отклонение задается током в строчных отклоняющих катушках, такую же форму должен иметь и откорректированный сигнал.

Развертывающий участок сигнала на Рис. 2.18 ,а аппроксимируется половиной периода синусоидальной волны, показанной на Рис. 2.18 ,б; это осуществляется простым подключением конденсатора последовательно с отклоняющими катушками. Величина емкости выбирается таким образом, чтобы конденсатор образовывал резонансный контур с отклоняющими катушками на частоте, немного превышающей половину частоты строк, т. е. примерно на частоте 7,8 кГц.

Тогда промежуток времени от А до В составит

$$1/2 \text{ периода} = 1/2 \cdot 1/7,8 \approx 64 \text{ мкс.}$$

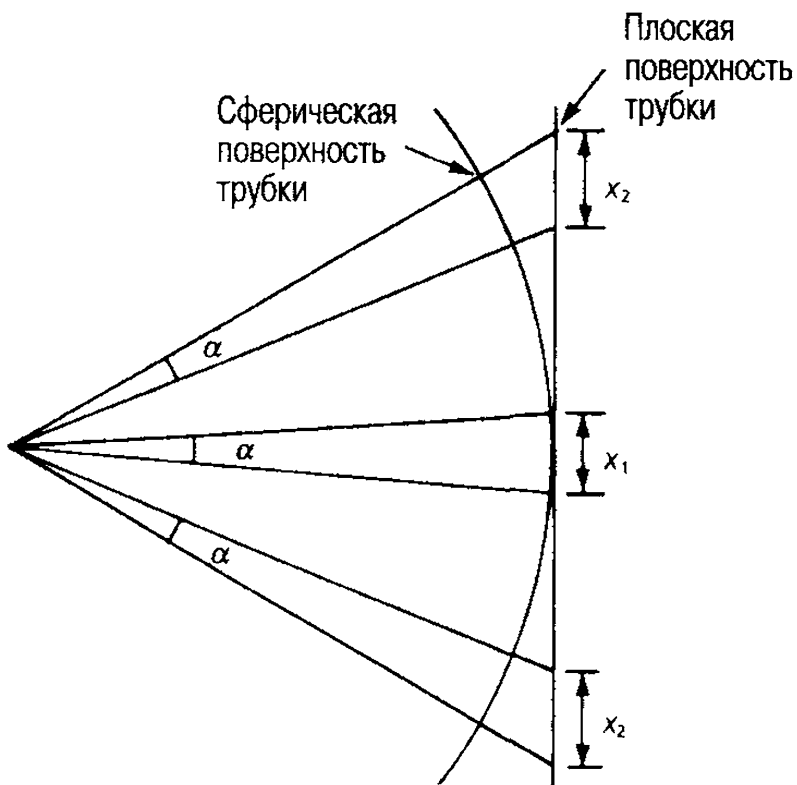


Рис. 2.17 . Влияние плоского экрана трубки на отклонение луча.

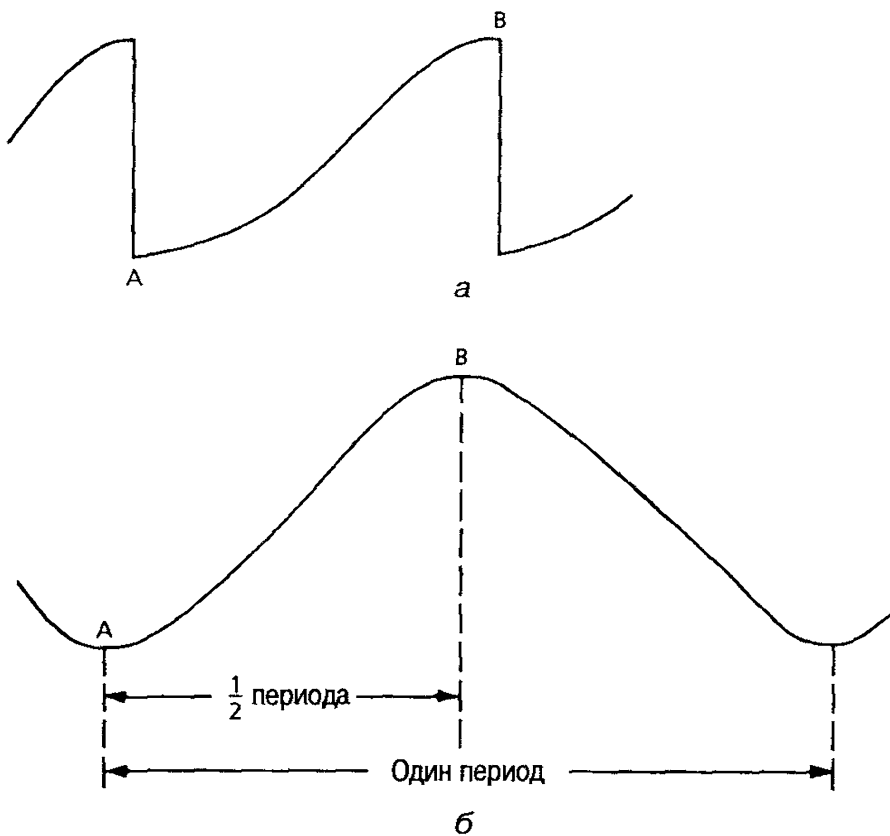


Рис. 2.18 а — сигнал с S-коррекцией; б — синусоидальная волна для половины строчного периода.

В оконечной ступени строчной развертки, показанной на Рис. 2.19, C2 является конденсатором S-коррекции, величина емкости которого может иметь значение от 1,5 до 3 мкФ. Отклоняющие катушки имеют трансформаторную связь с выходным строчным транзистором TR1. D1 — вольтодобавочный диод, C1 — конденсатор настройки обратного хода.

В современных телевизионных приемниках используется непосредственная связь (Рис. 2.20). В конце развертки транзистор TR1 выключается, в резонансном контуре L1/C1/C2 возбуждаются колебания, обеспечивающие обратный ход АВ (Рис. 2.20,б). На отрицательном пике (точка В) диод переходит в проводящее состояние и подключает параллельно L1 конденсатор C2, что приводит к генерации на частоте

$$1/(2\pi\sqrt{LC}) = \text{половина строчной частоты.}$$

Первая половина периода этих колебаний (участок ВС) обеспечивает развертку. Приблизительно после прохождения одной трети развертки включается транзистор TR1, который начинает замещать диод и т.д.

Можно еще более упростить схему строчной развертки, если в качестве вольтодобавочного диода использовать переход база — коллектор выходного транзистора TR1 (Рис. 2.21). Полярность перехода база — коллектор совпала бы с полярностью вольтодобавочного диода, будь он подключенным; на коллекторную *n*-область (катод) подается напряжение питания, а базовая *p*-область (анод) подключается к корпусу через вторичную обмотку Т1. В конце развертки переход база — коллектор смещается в прямом направлении точно так же, как вольтодобавочный диод.

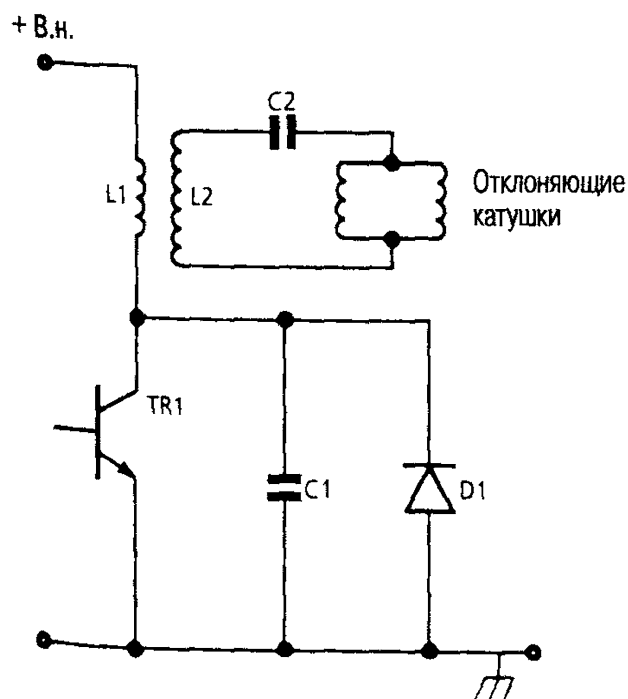


Рис. 2.19. Оконечная ступень строчной развертки с конденсатором C2 для S-коррекции.

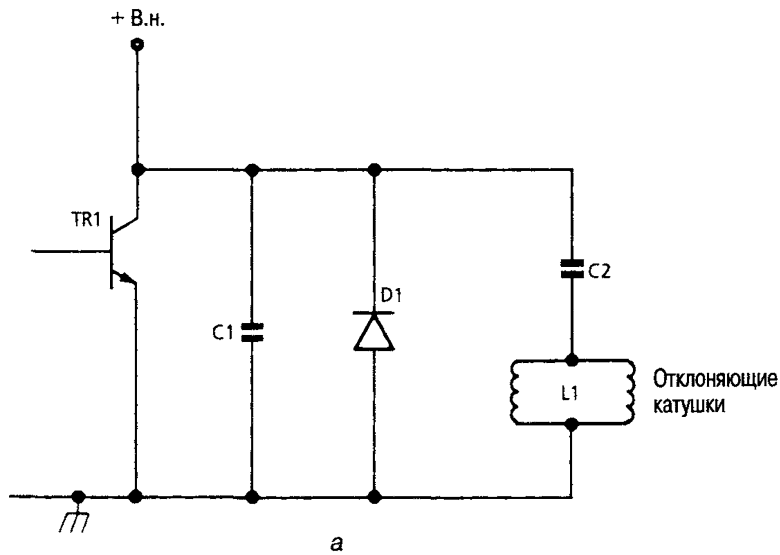


Рис. 2.20 *a* — строчные отклоняющие катушки с непосредственной связью; *б* — форма тока в отклоняющих катушках.

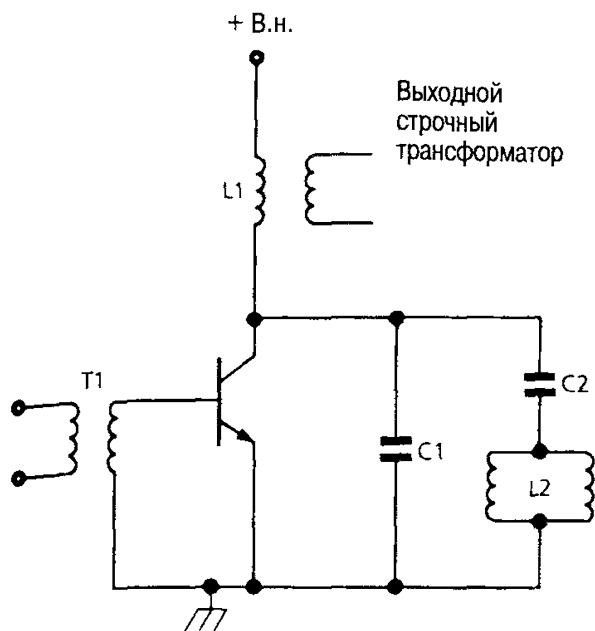


Рис. 2.21. Выходной каскад строчной развертки при использовании перехода база — коллектор в качестве вольтодобавочного диода.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Методика эксперимента.

Учебная установка представляет собой действующую модель модуля строчной развертки телевизора МС-1. Принципиальная схема модуля строчной развертки МС-1 приведена на рис. 3.1.

Каскад МС-1 предназначен для кинескопа с дельтообразным расположением ЭОП и углом отклонения 90° (размер экрана по диагонали 61 см). Технические характеристики модулей строчной развертки приведены в табл. 2.

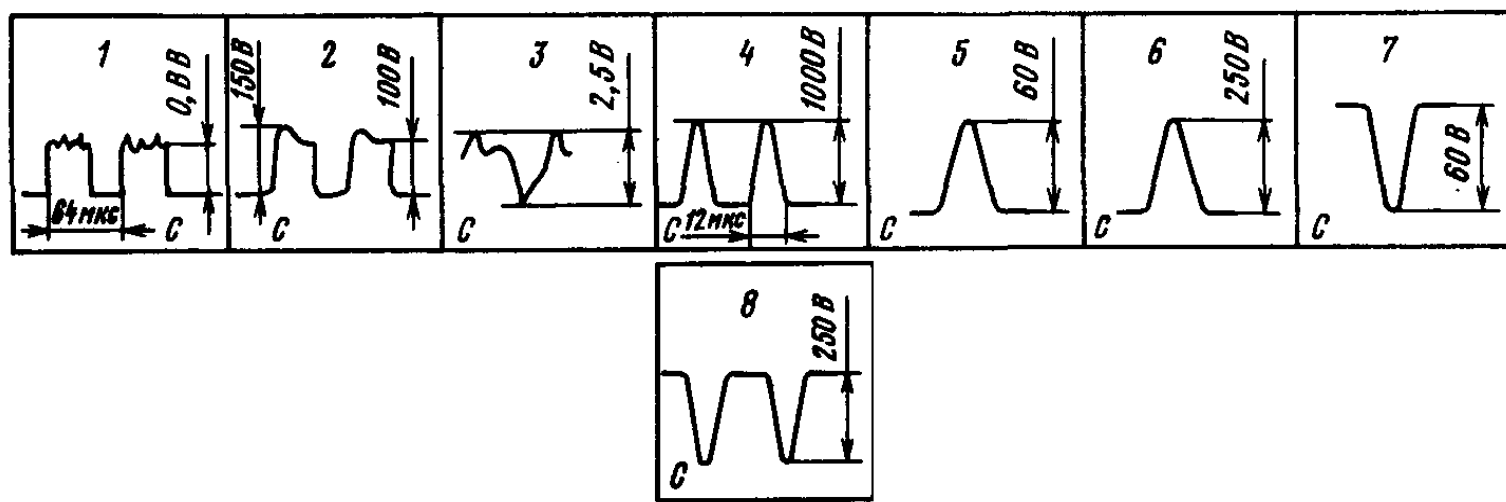


Рис. 2.22. Осциллограммы в контрольных точках схемы модуля МС-1 согласно рис 3.1

Конструктивно модуль выполнен в виде печатной платы размером 225x150 мм из негорючего фольгированного гетинакса.

На рис. 3.2 показана конструкция модуля МС. Осциллограммы в контрольных точках схемы рис. 3.1 приведены на рис. 2.22.

На базу транзистора VT1 с субмодуля синхронизации УСР модуля радиоканала МРК-2 поступают управляющие прямоугольные импульсы (осциллограмма 1) длительностью 29...32 мкс с периодом следования 64 мкс. Для ограничения тока базы транзистора VT2 и возможности контроля с помощью осциллографа за формой и значением тока первичная обмотка трансформатора T1 подсоединена к корпусу через резистор, R7 (контрольная точка XN2). В положительный полупериод управляющих импульсов транзистор VT1 открывается. Протекание тока через первичную обмотку трансформатора T1 в его коллекторной цепи сопровождается накоплением магнитной энергии. В отрицательный полупериод управляющих импульсов транзистор VT1 закрывается. Закрывание транзистора VT1 вызывает резкое прекращение тока в его коллекторной цепи и появление ЭДС самоиндукции. При этом в контуре, образованном индуктивностью обмоток трансформатора и их распределенной емкостью, возникают собственные колебания.

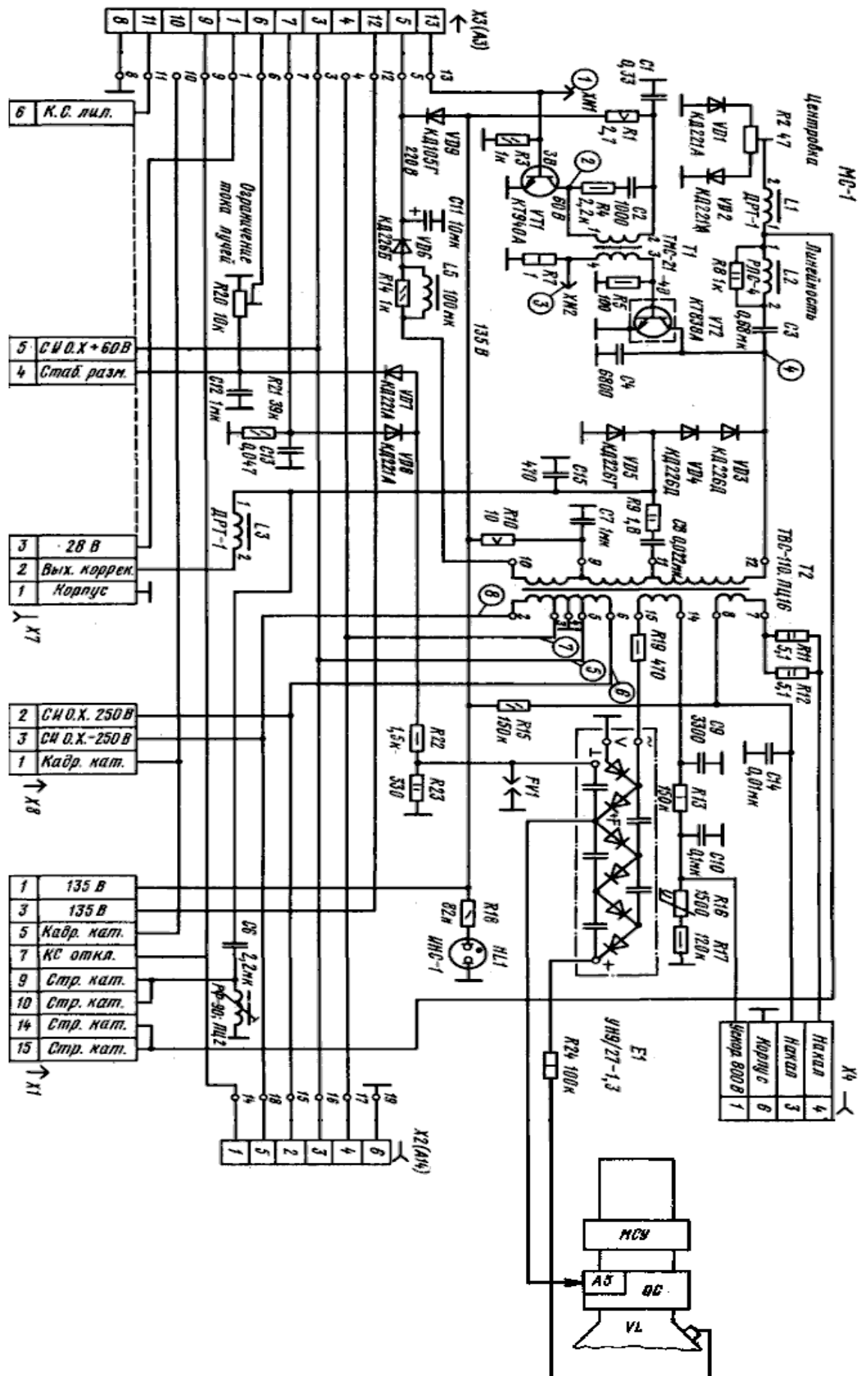


Рис. 3.2 . Конструкция модуля МС:

1 — плата модуля; 2 — трансформатор Т1; 3 — розетка соединителя X1 (А5); 4 — регулятор линейности L2; 5 — дроссель L1; 6 — конденсатор C10; 7 — регулятор центровки строк R2; 8 — розетка соединителя X4 (А8); 9 — строчный трансформатор Т2; 10 — изоляционная прокладка и транзистор VT2; 11 — радиатор; 12 — умножитель; 13 — submodule коррекции раstra; 14 — радиатор транзистора VT4 submodule коррекции раstra; 15 — держатель submodule коррекции раstra; 16 — соединитель X7 (А7.1); 17 — катушка L3

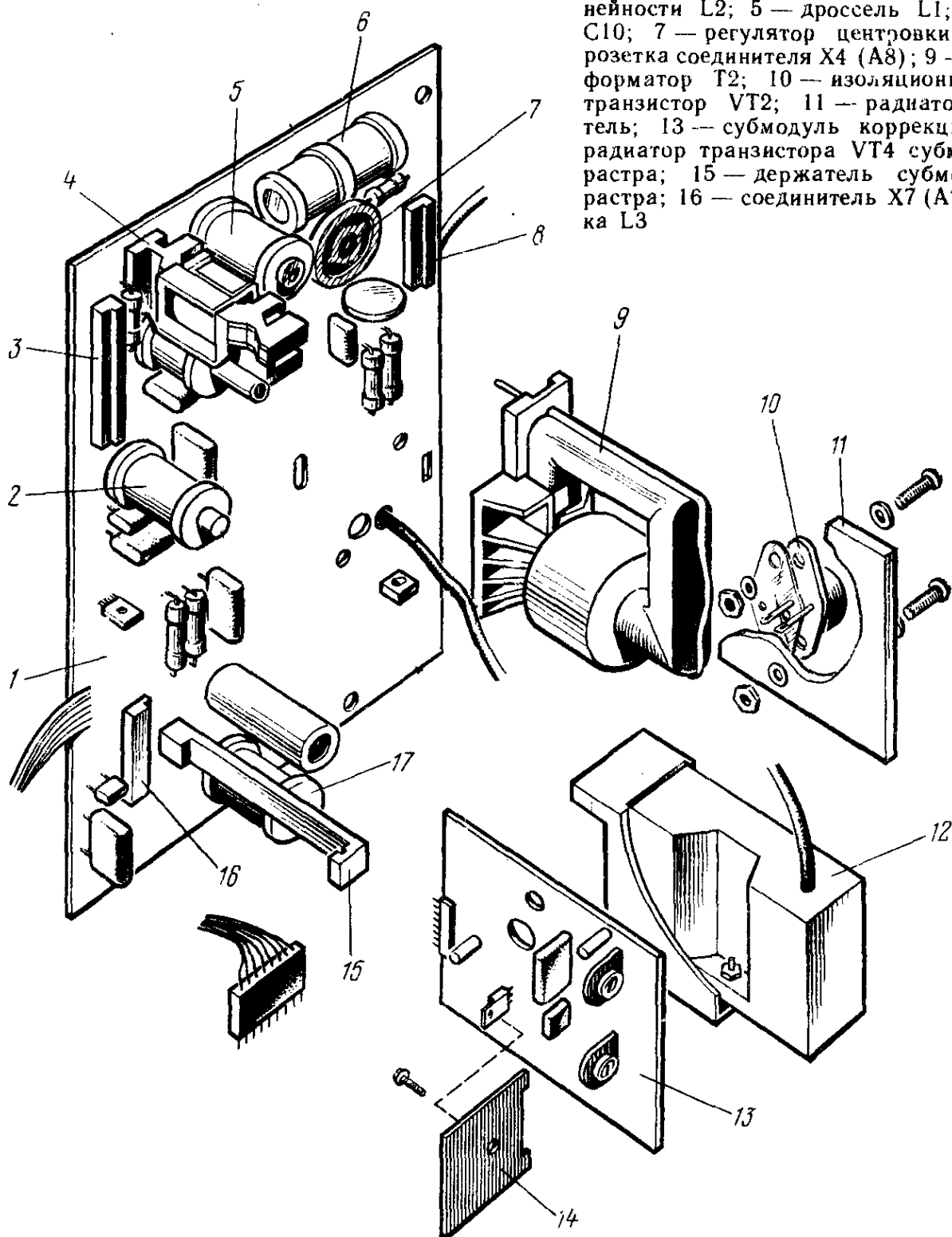


Таблица 2

Параметр	Значение параметра для модуля		
	МС-1	МС-2	МС-3
Ток потребления модуля строчной развертки при токе лучей 900 мкА, А, не более:			
по источнику 150 В	—	0,520	—
по источнику 135 В	0,630	—	—
по источнику 130 В	—	—	0,460
по источнику 28 В	0,1	0,1	0,1
Напряжение на аноде кинескопа при токе лучей 100 мкА, кВ	23...25	23...25	23...25
Изменение напряжения на аноде кинескопа при изменении тока лучей от 100 до 900 мкА, %, не более	10	10	10
Напряжение фокусирующего электрода, кВ, не более	9	9	9
Напряжение ускоряющего электрода при токе лучей 100 мкА, В	825 ± 75	850 ± 80	850 ± 80
Напряжение питания видеоусилителей при токе нагрузки 30 мА и при токе лучей кинескопа 100 мкА, В	220 ± 10	220 ± 10	220 ± 10
Среднеквадратичное значение импульсного напряжения накала кинескопа при токе лучей 500 мкА, В	$6,3 \pm 0,4$	$6,3 \pm 0,4$	$6,3 \pm 0,4$
Размах импульсного напряжения для вспомогательных цепей, В	$250 \pm 0,4$ 60 ± 10 -60 ± 10 -250 ± 35	—	—
Регулировка размера изображения по горизонтали, %, не менее	± 6	± 6	± 6
Пределы центровки по горизонтали, мм, не менее	± 24	± 24	± 24
Предел изменения постоянного напряжения управления каскадом ОТЛ кинескопа (при токе лучей 900 мкА), В:			
минимальный, не более	1	1	1
максимальный, не менее	2	2	2
Геометрические искажения раstra, %, не более:			
по горизонтали	2	2	2
по вертикали	2	2	2
Нелинейные искажения раstra по горизонтали, %, не более	± 6	± 6	± 6
Нестабильность размера изображения по горизонтали (при изменении тока лучей кинескопа от 100 до 900 мкА), %, не более	3	3	3
Постоянное отрицательное напряжение управления устройством стабилизации размера, В:			
при токе лучей кинескопа			
100 мкА, не более	-2,2	-2,2	-2,2
900 мкА, не менее	-4,3	-4,3	-4,3
Длительность обратного хода, мкс	11,5...13	11,5...13	11,5...13

Примечания:

- Допустимая погрешность установки тока лучей кинескопа (%, не более) при токе 100 мкА ± 20 ; при 800 мкА ± 10 ; при 900 мкА ± 5 .
- Приборы для измерения токов должны иметь класс точности не хуже 1,5.

Для уменьшения выброса напряжения вначале этого процесса первичная обмотка трансформатора Т1 шунтирована цепью R4, С2. Конденсатор С2 понижает частоту колебательного процесса, а резистор R4 шунтирует контур в такой степени, чтобы на обмотке возникала только одна полуволна напряжения, которая трансформируется во вторичную цепь.

Со вторичной понижающей обмотки трансформатора Т1 импульсы напряжения поступают в цепь базы VT2, управляя формированием пилообразного отклоняющего тока. Выходной каскад состоит из электронного ключа на мощном транзисторе VT2, демпферных диодов VD3 — VD5 и выходного строчного трансформатора Т2 типа ТВС-110.ПЦ16. К коллектору транзистора VT2 через конденсатор С3 и регулятор линейности L2 подсоединена отклоняющая система, а через обмотку Т2 с выводами 12—9 и резистор R10 — шина питания 130 В.

Конденсатор С3 предназначен для гальванической развязки отклоняющих катушек от источников питания, а обмотка трансформатора Т2 с выводами 12—9, индуктивность которой во много раз превышает индуктивность катушек ОС, исключает возможность замыкания иа корпус импульсов строчной частоты через источник питания. Резистор R10 ограничивает ток выходного транзистора при пробоях в кинескопе и уменьшает влияние изменения тока лучей иа размер раstra по горизонтали. Увеличение тока выходного транзистора свыше установленных пределов при пробоях в кинескопе можно объяснить тем, что такие пробойи равнозначны короткому замыканию обмотки трансформатора с выводами 14—15. Кроме того, резистор R10 совместно с конденсатором С7 образует дополнительную ячейку фильтра в цепи питания. Чтобы исключить возможность пробоя выходного транзистора VT2 при включении модуля с отключенной ОС, напряжение на его коллектор поступает через перемычку между контактами 1 и 3 соединителя X1 (А5), установленную на соединителе ОС X1 (А7).

Остановимся несколько более подробно на формировании отклоняющих токов.

Перемещение луча от левого края экрана к его центру в первую половину прямого хода определяется энергией, накопленной в строчных отклоняющих катушках за предыдущий период. При этом ток протекает по цепи: отклоняющие катушки, контакты 9, 10 соединителя X1, катушка L4 (РФ-90; ПЦ-2), корпус, диоды VD3 — VD5, конденсатор С3, регулятор линейности L2, контакты 14—15 соединителя X1, отклоняющие катушки. Когда луч достигает центра экрана и энергия отклонения уменьшается до нуля, на базу транзистора VT2 поступает положительный импульс. Ток в коллекторной цепи транзистора начинает линейно возрастать, что сопровождается перемещением электронного луча от центра экрана к его правому краю. Теперь ток протекает через отклоняющие катушки, контакты 14, 15 соединителя X1, регулятор линейности L2, конденсатор С3, коллекторный и эмиттерный переходы транзистора VT2, корпус, диод VD5, конденсатор С6, контакты 9, 10 соединителя X1 на

отклоняющую систему. Когда луч достигает правого края экрана, транзистор VT2 закрывается, поскольку заканчивается положительный импульс, поступающий от предварительного каскада.

Прекращение тока в отклоняющих катушках вызывает колебательный процесс в контуре, образованном индуктивностью отклоняющих катушек и обмотки трансформатора T2 с выводами 9—12 и емкостью конденсаторов C4, C5. Импульс напряжения на этом контуре вызывает быстрое изменение полярности отклоняющего тока — луч быстро перемещается от правого края экрана к левому, завершая обратный ход. Импульс напряжения на коллекторе транзистора VT2, достигающий 1000 В, приложен к первичной обмотке трансформатора T2 (выводы 12, 9). Конденсаторы C4, C5 определяют (вместе с индуктивностью обмотки T2 с выводами 9, 12 и отклоняющей системой) длительность обратного хода строчной развертки.

Центровка изображения по горизонтали осуществляется за счет выпрямления импульсов прямого и обратного хода строчной развертки. Элементы центровки R2, VD1, VD2 через катушку L1 подключены к строчным ОК. В среднем положении движка переменного резистора R2 токи, протекающие через диоды, равны и направлены навстречу друг другу. При этом постоянное напряжение в строчные ОК не поступает. При сдвиге движка переменного резистора R2 от среднего положения напряжение на резисторе становится однополярным и через строчные ОК на корпус протекает ток положительного или отрицательного знака, отчего растр смещается вправо или влево.

В широкоугольных кинескопах из-за нарушения пропорциональности между значением отклоняющего тока $I_{откл}$ и углом отклонения α (рис. 3.3, а) возникают искажения типа «подушка». Это приводит к изгибу вертикальных и горизонтальных линий (рис. 3.3, б), который возрастает по мере удаления от центра экрана. В цветных телевизорах применяют два вида коррекции подушкообразных искажений: выравнивание вертикальных линий слева и справа и устранение изгиба

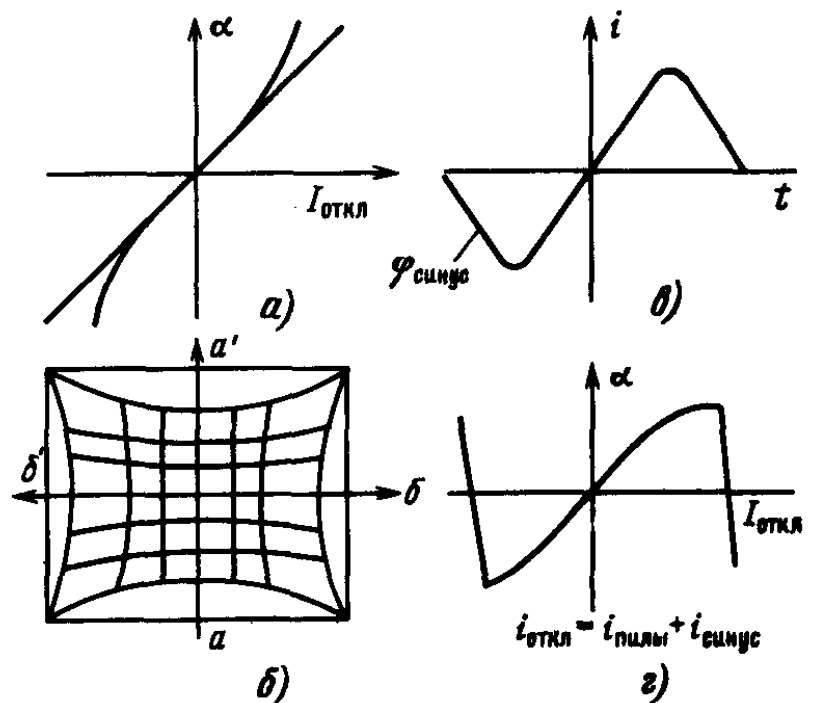


Рис. 3.3 Подушкообразные искажения раstra: а — зависимость угла отклонения от отклоняющего тока; б — подушкообразные искажения раstra; в — форма синусоидальных колебаний; г — S-образная форма отклоняющего тока

горизонтальных линий (провисание сверху и выпуклость снизу растра). Устранение провисания горизонтальных линий сверху и их выпуклости снизу растра в моделях телевизоров ЗУСЦТ на кинескопах с самосведением достигается определенным распределением витков в кадровых отклоняющих катушках. Для устранения искажений вертикальных линий необходимо увеличить длину строки в средней части растра (линия б — б' на рис. 3.3, б) и несколько уменьшить сверху и снизу.

В телевизорах ЗУСЦТ для коррекции подушкообразных искажений используется диодный модулятор. Он представляет собой пассивный управляемый генератор, который получает возбуждение от обмотки ТВС. Генератором управляют строчные импульсы с изменяющейся по параболическому закону длительностью. Их формируют каскады в модуле коррекции. В состав диодного модулятора входит составной демпфер (диоды VD3 — VD5) конденсаторы С6, С8, резистор R9, катушки индуктивности L3, L4 (РФ-90; ПЦ-2). Катушка индуктивности L4 (РФ-90; ПЦ-2) вместе с конденсатором С8 образуют колебательный контур, добротность которого определяется сопротивлением резистора R9. Конденсатор С6, не оказывая существенного влияния на частоту колебаний (емкость С6 $\gg$ емкости С8), используется как управляемый источник напряжения, изменение которого позволяет осуществить необходимую коррекцию.

Во время обратного хода положительный импульс в коллекторной цепи транзистора VT2 надежно закрывает диоды составного демпфера. Под влиянием импульсов обратного хода, которые с вывода 11 обмотки Т2 поступают в контур С8L4, в нем возникают свободные колебания. При этом контурный ток, протекая через конденсатор С6, заряжает его. По окончании одного полупериода импульсов обратного хода демпфер открывается. Открывание демпфера приводит к прекращению свободных колебаний. Начинается первая половина прямого хода, в которой степень отклонения луча от левого края к центру экрана определяется энергией, накопленной в строчных отклоняющих катушках за предыдущий период. При этом амплитуда отклонения луча зависит от напряжения на конденсаторе С6: конденсатор включен последовательно в цепь строчных ОК, а напряжение на нем направлено навстречу ЭДС самоиндукции ОК. Изменяя напряжение на конденсаторе С6 путем шунтирования его на корпус, можно в известных пределах регулировать отклоняющий ток. Для этого одна из обкладок конденсатора С6 (левая на рис. 3.1) через дроссель L3 и контакт 2 соединителя Х7 связана в СМКР с коллекторной цепью транзистора VT4, эмиттер которого подсоединен к корпусу.

Применение диодного модулятора позволяет регулировать в больших пределах размер по горизонтали, не оказывая влияния на анодное напряжение, а также стабилизировать размер по горизонтали при изменении тока лучей.

Для дополнительной коррекции подушкообразных искажений используется резонансный контур, образованный емкостью конденсаторов С3,

С6 и индуктивностью строчных отклоняющих катушек. Элементы контура рассчитаны таким образом, чтобы амплитуда, частота и фаза возникающих в нем синусоидальных колебаний (рис. 3.3, в), суммируясь с отклоняющим током, придавали ему S-образную форму. При S-образной форме отклоняющего тока угловая скорость электронного луча убывает по мере отклонения от центра экрана (рис. 3.3, г).

Приборы и оборудование.

Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТТУЛ-6 приведена на рис. 4.1.

Сигнал с контрольных точек схемы модуля строчной развертки подается на электронный коммутатор MUX DD1, имеющий входы $x_1 \dots x_8$ и единственный выход Q. Сигнал с выхода коммутатора подается на резистивный вход Y электронного осциллографа (клемма XS1). Переключение входов $x_1 \dots x_8$ осуществляется кратковременным ($\sim 0,5$ секунд) нажатием кнопки К. Запуск схемы осуществляется длительным (~ 2 секунды) удержанием кнопки К, при этом, подключив к выходу XS1 учебной установки электронный осциллограф, можно наблюдать и изучать форму сигнала в данной контрольной точке схемы. Текущее состояние коммутатора (номер подключенной контрольной точки) отображается на LCD ЖКД индикаторе. Для переключения входа коммутатора (выбора другой контрольной точки) необходимо остановить схему, кратковременным ($\sim 0,5$ секунд) нажатием кнопки К.

Для наблюдения сигнала, возникающего на вторичной обмотке импульсного трансформатора при включении схемы предусмотрен отдельный выход XS2, сигнал на который поступает с низковольтной вторичной обмотки 7 — 8 импульсного трансформатора ТВС-110.ПЦ16. Сигнал на данном выходе появляется при выборе (условном) контрольной точки ХР9 с помощью электронного коммутатора. При этом к схеме подключается киловольтметр kV, измеряющий высокое напряжение с выхода умножителя, и газоразрядный неоновый индикатор высокого напряжения ИН-9, длина светящейся линии которого пропорциональна величине высокого напряжения, подаваемого с выхода умножителя напряжения на второй анод кинескопа. Для регулировки высокого напряжения в опыте ХР9 служит ручка «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ».

Для предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5 Вольт.



Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть необходимо убедиться в целостности сетевых и соединительных проводов. Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек.
2. Включить установку и электронный осциллограф в сеть ~ 220 В с помощью прилагаемого силового сетевого кабеля евро-стандарта. Поставить переключатель сеть на панели учебного модуля и электронного осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должны загореться сигнальные индикатор «СЕТЬ».
3. Подключить измерительный провод типа «тюльпан — BNC» к клемме XS1 учебной установки и к входу Y электронного осциллографа.
4. С помощью электронного коммутатора, кратковременным ($\sim 0,5$ секунд) нажатием кнопки К, выбрать вход x1 (XP1 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
5. Запустить схему длительным (~ 2 секунды) удержанием кнопки К.
6. Установить ручку «AC – GND – DC» осциллографа в положение «AC» для наблюдения только переменной составляющей. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ и ВРЕМЯ/ДЕЛ) и ручек POSITION осей X и Y на электронном осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL. Ручка «Y-LINE-EXT» метода синхронизации должна находиться в положении Y (внутренняя синхронизация). При этом следует учитывать, что оси X (время) и Y (амплитуда) откалиброваны правильно (т. е. подписи у ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV верны) только при повернутых до упора ручках плавной регулировки VOLT VAR. и TIME VAR.
7. Получить сигнал с контрольной точки 1 модуля строчной развертки MC-1, сигнал должен иметь вид, аналогичный рис. 2.22 (1). Зарисовать сигнал с экрана осциллографа по клеткам на миллиметровую бумагу.
8. Определить амплитуду (размах), период, частоту сигнала, а также длительность импульса. Учтите, что для предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5

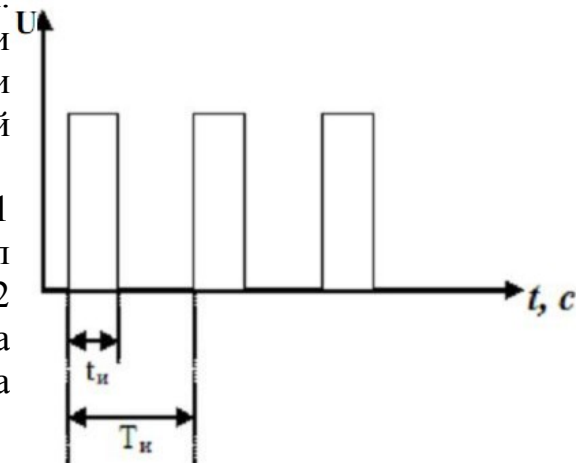


Рис. 4.2. К определению скважности импульсов.

Вольт. Рассчитайте скважность δ импульсов по формуле $\delta = \frac{t_u}{T_u} \cdot 100\%$,

где $t_{\text{и}}$ – длительность импульса, $T_{\text{и}}$ – период следования импульсов (см. рис. 4.2).

9. Сравните определенные вами экспериментально параметры сигнала с рис. 2.22 (1). Обратите внимание на период строчных импульсов.
10. Остановить схему кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К.
11. С помощью электронного коммутатора, кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К, выбрать вход x2 (ХР2 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
12. Запустить схему длительным (~2 секунды) удержанием кнопки К.
13. Повторить действия аналогичные пп. 6 — 8.
14. Прodelать аналогичные действия для других контрольных точек схемы, коммутируя поочередно соответствующий вход электронным коммутатором (контрольные точки x1 ... x8). Для сигналов в форме пика, например рис. 2.22 (4), целесообразно определять с помощью электронного осциллографа ширину пиков от самого начала пика до окончания и сравнить с теоретическими сигналами для модуля строчной развертки МС-1 рис. 2.22.
15. Остановить схему кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К и подключить измерительный провод типа «тюльпан — ВНС» к клемме XS2 учебной установки и к входу Y электронного осциллографа.
16. С помощью электронного коммутатора, кратковременным (~0,5 секунд) нажатием кнопки К, выбрать вход x9 (ХР9 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
17. Установить ручку «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» в среднее положение. При этом киловольтметр на LCD индикаторе должен отображать некоторое значение высокого напряжения, а газоразрядный индикатор высокого напряжения ИН-9 светиться. При этом высокое напряжение с выхода умножителя подается на второй анод кинескопа (роль которого в опыте играет высоковольтный газоразрядный индикатор).
18. Зарисовать сигнал с экрана осциллографа по клеткам на миллиметровую бумагу.
19. Вращением переключателя TIME/DIV. электронного осциллографа добиться изображения «звона» в виде затухающих колебаний рис. 2.10. Определить параметры колебаний (период; частоту; логарифмический декремент затухания как натуральный логарифм отношения амплитуд двух соседних колебаний, например «нулевого» - начального колебания с $n=0$ и первого с $n=1$ $\lambda = \ln \frac{A_0}{A_1}$; определить добротность контура, вызывающего «звон», как $Q \approx \frac{\pi}{\lambda}$).
20. Вернуть ручку TIME/DIV. электронного осциллографа в положение, обеспечивающее наилучшее наблюдение всего сигнала с выхода

импульсного трансформатора ТВС-110.ПЦ16 ($20 \mu\text{S}$). Вращая ручку «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» плавно по часовой и против часовой стрелки, наблюдать эволюцию сигнала.

21. Произвести градуировку индикатора ИН-9. Для этого, вращая ручку «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ», снять зависимость длины светящейся линии индикатора L (по прилагаемой линейке) от величины высокого напряжения, подаваемого на индикатор $L=L(U_{\text{sa}})$.
22. По окончании работы отключить электронный осциллограф и учебную установку от сети, поставить все сетевые переключатели в положение «ВЫКЛ».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Изобразите форму сигнала строчной развертки, поступающего в строчные отклоняющие катушки.
2. Объясните назначение S-коррекции и покажите, как ее можно осуществить.
3. Объясните назначение вольтодобавочного диода в схеме строчной развертки.
4. Для какой цели используется вольтодобавочный конденсатор?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Телевидение»; Учебное пособие для вузов/Р.Е. Быков, В.М. Сигалов, Г.А. Эйссенгардт; Под ред. Р.Е. Быкова. – М., Высшая школа, 1988. – 284с.
2. Самойлов В.Ф., Маковеев В.Г. «Импульсная техника».– М., Связь, 1987. – 224с.
3. Самойлов В.Ф., «Генераторы телевизионной развертки». – М., Связь, 1976. – 356с.
4. Колин. Т., Аксентов Ю.В., Колпенская Е.Ю. «Основы телевидения».– М., Связь, 1977.– 448с.

**ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»**