

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



**РТТУЛ-7**

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ  
КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗОРА**

Тула, 2010 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

### ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗОРА

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

#### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

##### Введение.

Система кадровой развертки в телевизионном приемнике состоит из генератора пилообразного сигнала, формирователя и оконечной ступени, питающей отклоняющие кадровые катушки. Генератор пилообразного сигнала содержит несинхронизированный генератор, который запускается импульсами кадровой синхронизации, полученными со схемы выделения импульсов синхронизации. Этот генератор содержит средство ручной регулировки частоты, а также один или более органов управления для обеспечения линейности по вертикали.

##### Генерация пилообразного сигнала.

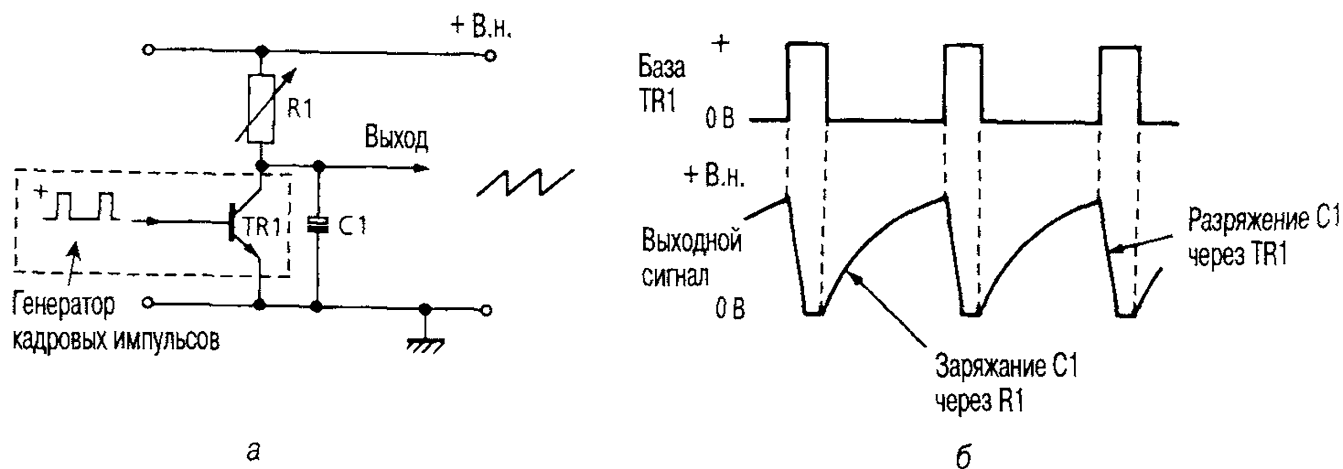


Рис. 1.1 Генерация пилообразного сигнала. а — простая транзисторная схема; б — форма сигнала.

Как показано на рис. 1.1-а, генерация пилообразного сигнала осуществляется путем зарядки и разрядки конденсатора; транзистор TR1 входит в состав генератора кадровых импульсов. Когда этот транзистор выключен, конденсатор C1 медленно заряжается через резистор R1 по направлению к напряжению питания. Задолго до того, как напряжение на конденсаторе достигнет напряжения питания, на базу транзистора поступает положительный импульс кадровой синхронизации; транзистор открывается, и конденсатор очень быстро разряжается до нуля (обратный ход). Конденсатор остается разряженным во время действия входного импульса. Когда импульс заканчивается, транзистор TR1 выключается и конденсатор начинает

заряжаться т. д. В результате получается пилообразный сигнал, показанный на рис. 1.1-б. Частота этого сигнала совпадает с частотой входных импульсов, а его амплитуда зависит от постоянной времени цепи  $C1R1$ . Для регулировки амплитуды используется переменный резистор  $R1$ . Линейность развертки достигается использованием небольшого участка кривой заряжения.

Принципиальная схема блокинг-генератора показана на рис. 1.2. Работа схемы основана на том обстоятельстве, что посредством трансформаторной связи напряжение на базе наводится только тогда, когда ток коллектора нарастает или убывает. В первом случае обратная связь является положительной, во втором — отрицательной. При первом включении схемы транзистор открывается и коллекторный ток увеличивается, вследствие чего на базе появляется напряжение обратной связи, которое оставляет транзистор включенным. По достижении насыщения рост коллекторного тока прекращается и на базе возникает противоположное напряжение, которое выключает транзистор. Транзистор удерживается в выключенном состоянии отрицательным зарядом на конденсаторе  $C1$  до тех пор, пока он не разрядится в достаточной степени через резистор  $R1$ ; после этого транзистор вновь открывается и т. д.

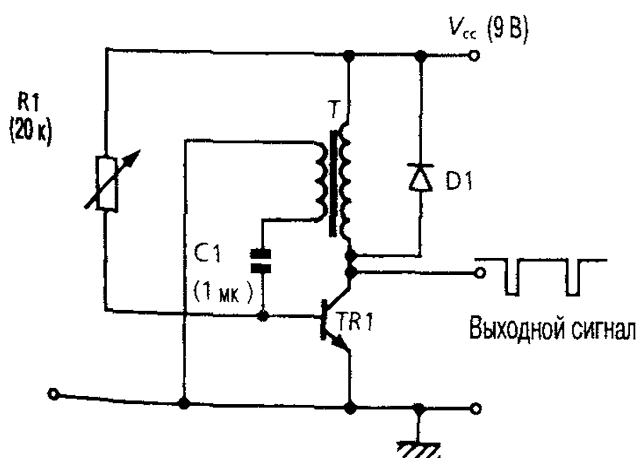


Рис. 1.2 Принципиальная схема блокинг-генератора.

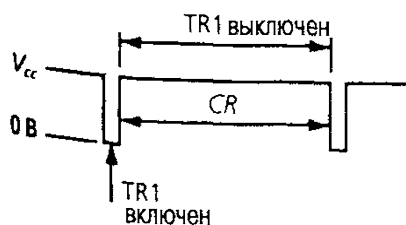


Рис. 1.3 Выходной сигнал блокинг-генератора.

Выходной сигнал блокинг-генератора представляет собой узкий импульс (рис. 1.3). Длительность импульса задается параметрами трансформатора, промежутки между импульсами — постоянной времени цепи  $C1R1$ . Следовательно, частоту генератора можно регулировать с помощью резистора  $R1$ .

При определенных параметрах трансформатора можно получить большой выброс коллекторного напряжения при включении транзистора. Величина выброса может превысить максимально допустимое напряжение на коллекторе, что приведет к повреждению транзистора. Для защиты транзистора к первичной обмотке трансформатора подключается диод D1. Этот диод, в нормальном состоянии смещенный в обратном направлении, будет находиться в проводящем состоянии только в том случае, когда коллекторное напряжение превышает напряжение питания  $V_{cc}$ .

### Мультивибратор.

Для получения сигнала кадровой развертки можно использовать автоколебательный мультивибратор (рис. 1.4). В таком мультивибраторе длительность импульса и промежуток между импульсами задаются постоянными времени цепей  $C1VR1$  и  $C2VR2$  соответственно. Преобразование импульсного сигнала на коллекторе TR2 в пилообразный сигнал осуществляется конденсатором C3.

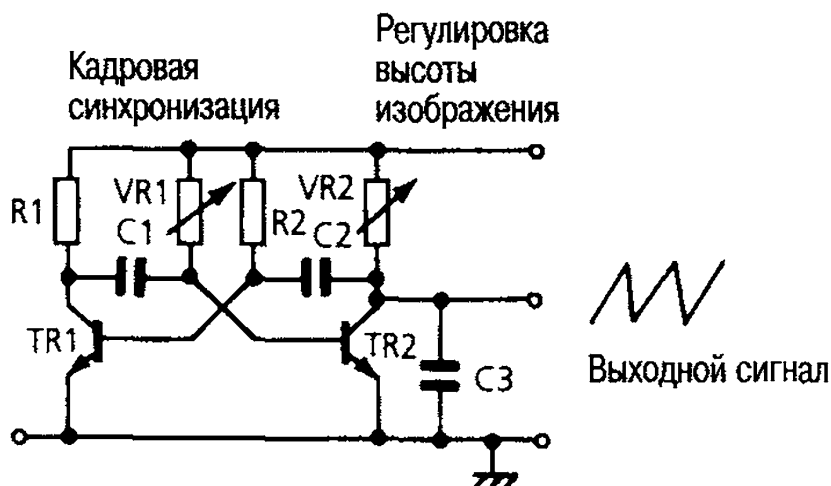


Рис. 1.4 Схема автоколебательного мультивибратора.

Постоянная времени цепи  $C1VR1$  определяет промежуток времени, в течение которого транзистор TR2 выключен, а конденсатор C3 заряжается, формируя сканирующую часть пилы. Резистор VR1 управляет, таким образом, частотой выходного сигнала. Для регулировки высоты изображения можно менять сопротивление резистора VR2. Постоянная времени цепи  $C2VR2$  задает промежуток времени, в течение которого конденсатор C3 остается разряженным, т. е. время обратного хода.

На рис. 1.5 показан простой автоколебательный мультивибратор с эмиттерной связью, успешно используемый в ТВ-приемниках. Конденсатор C1 является частью двух цепей, задающих постоянные времени. Отрицательный импульс синхронизации выключает транзистор TR1 и включает транзистор TR2. Конденсатор C1 с напряжением +15 В на левой пластине начинает очень быстро заряжаться через транзистор TR2, который приближает напряжение

правой пластины конденсатора (базы TR2) к 0 В. По мере того как напряжение базы транзистора TR2 приближается к 0 В, ток через TR2 уменьшается, а его коллекторное напряжение увеличивается. Коллекторное напряжение TR2 подается на базу TR1 через резистор R3 и стремится включить этот транзистор, что еще более уменьшает ток через TR2 вплоть до насыщения транзистора TR1 и выключения TR2. Резкое падение напряжения на коллекторе TR1 (от 15 В до примерно 2 В, т. е. на 13 В) передается на базу TR2 через конденсатор C1. Этот конденсатор начинает разряжаться через цепь VR1/R2 до напряжения эмиттера TR1 около 2 В. При переходе через ноль транзистор TR2 включается и т.д. Схема устроается таким образом, чтобы непосредственно перед «естественным» включением TR2 поступающие импульсы синхронизации запускали бы мультивибратор в точно назначенное время. Другими словами, собственная частота генератора подстраивается резистором VR1 так, чтобы она была немного меньше кадровой частоты; следовательно, поступление импульса синхронизации обеспечивает синхронизацию кадра.

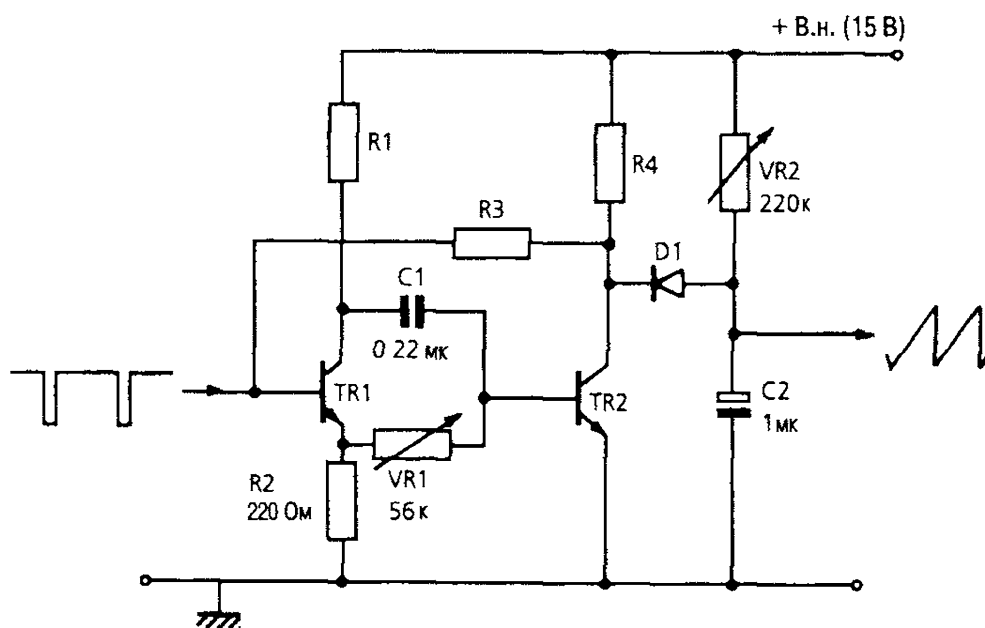


Рис. 1.4 Схема автоколебательного мультивибратора с эмиттерной связью.

Цепь C2/VR2 служит для формирования линейно изменяющегося напряжения и вырабатывает пилообразный сигнал; с помощью переменного резистора VR2 можно менять амплитуду этого сигнала, т. е. регулировать высоту изображения. Диод D1 является изолирующим; он находится в проводящем состоянии только при насыщении TR2. Этот диод необходим для того, чтобы конденсатор C2 не заряжался через R4 при выключении TR2.

### Тиристорный генератор.

Однооперационный триодный тиристор (ОТТ) представляет собой 4-слойный (*pnprn*) переключательный прибор, который включается, когда анодное напряжение превышает напряжение пробоя прибора (рис. 1.6). Переключение можно также вызвать приложением положительного импульса к управляющему электроду. Когда ОТТ находится в проводящем состоянии, напряжение на нем очень мало (так называемое *напряжение в открытом состоянии*). Если ОТТ включен, он выключится только тогда, когда напряжение на аноде станет ниже напряжения в открытом состоянии.

Однооперационный тетродный тиристор, показанный на рис. 1.7, является коммутирующим прибором с более разнообразными функциями. Второй затвор  $G_2$ , называемый *анодным затвором*, используется как управляющий электрод.

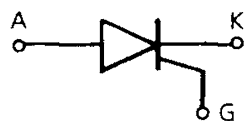
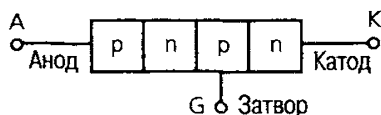


Рис. 1.6 Триодный тиристор и его условное обозначение.

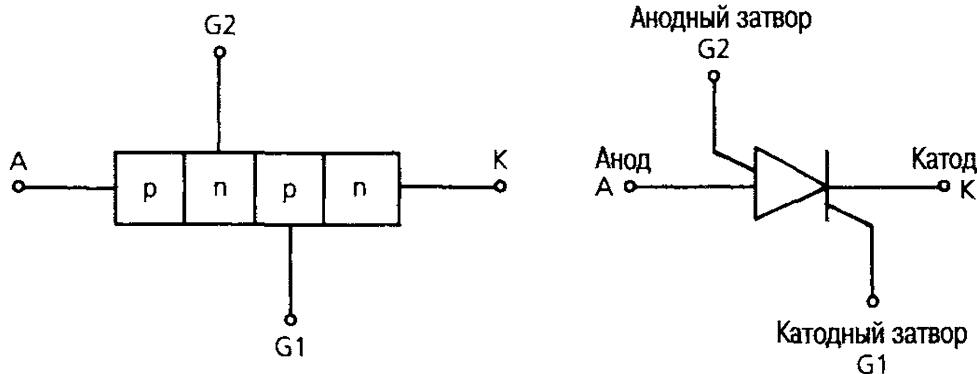


Рис. 1.7 Тетродный тиристор и его условное обозначение.

Дополнительный затвор можно также использовать для запуска прибора, но в этом случае требуется отрицательный импульс. Оба типа приборов имеют общее название — тиристоры.

На рис. 1.8 приведена схема тиристора с самовозбуждением на основе тетродного тиристора. При включении напряжения питания конденсатор  $C_1$  заряжается через резистор  $R_1$  со скоростью, которая задается постоянной времени цепи  $C_1R_1$ . Когда напряжение на  $C_1$  превышает напряжение пробоя тиристора, тиристор включается и очень быстро разряжает конденсатор через  $R_2$ . Тиристор остается включенным до тех пор, пока напряжение на его аноде

не станет ниже напряжения в открытом состоянии, т. е. пока конденсатор почти полностью не разрядится. Когда это происходит, тиристор выключается и конденсатор начинает вновь заряжаться и т. д. На конденсаторе C1 получается пилообразный сигнал, а на R2 — импульсный выходной сигнал. Синхронизация обеспечивается подачей импульса кадровой синхронизации на один из управляющих электродов, положительного импульса на катодный затвор или отрицательного импульса на анодный затвор. Собственная частота генератора определяется постоянной времени цепи C1R1.

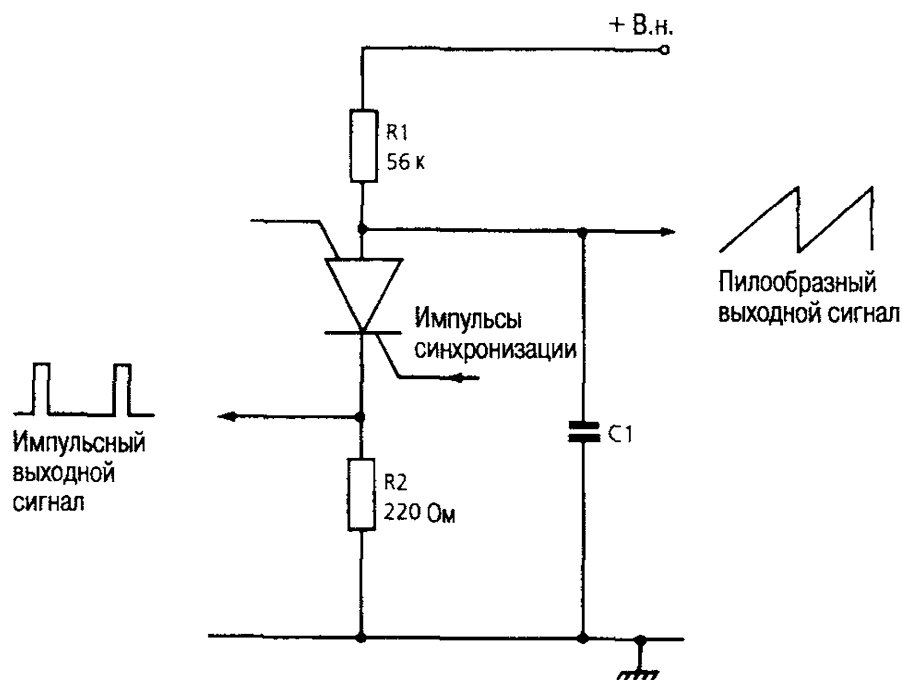


Рис. 1.8 Тиристор с самовозбуждением.

### Форма сигнала кадровой развертки.

Линейное отклонение реализуется путем подачи пилообразного токового сигнала в отклоняющие катушки. Однако ввиду индуктивности, образуемой отклоняющими катушками, напряжение, необходимое для получения линейного тока, может не иметь линейной формы; это нарушение линейности зависит от отношения активного сопротивления катушки к ее реактивному сопротивлению:  $\frac{r}{X_L}$ . На низкой кадровой частоте 50 Гц реактивное

сопротивление катушки мало по сравнению с ее активным сопротивлением, что делает катушку преимущественно резистивной. В этом случае форма напряжения почти совпадает с формой тока.

Рассмотрим катушку индуктивности, схематически предоставленную на рис. 1.9;  $r$  — активное сопротивление катушки,  $L$  — ее индуктивность. Приложенное напряжение  $v_a$  равно векторной сумме напряжения на активном сопротивлении  $v_r$  и напряжения на индуктивности  $v_L$ . Если приложенное напряжение меняется по синусоиде, то и все остальные рассматриваемые напряжения также будут синусоидальными. Соотношение между этими напряжениями в этом случае можно представить простой векторной диаграммой, показывающей относительные амплитуды и фазы. Если приложенное напряжение не является синусоидальным, т. е. содержит одну или более гармоник, то каждая гармоническая составляющая характеризуется своими собственными величинами затухания и фазового сдвига. Сигналы тока и напряжения будут поэтому отличаться не только по амплитуде и фазе, но и по форме. В этом случае невозможно построить одну простую векторную диаграмму, поскольку каждый вектор представляет синусоидальную волну на своей особой частоте. Таким образом, необходимо несколько векторных диаграмм, по одной на каждую гармонику.

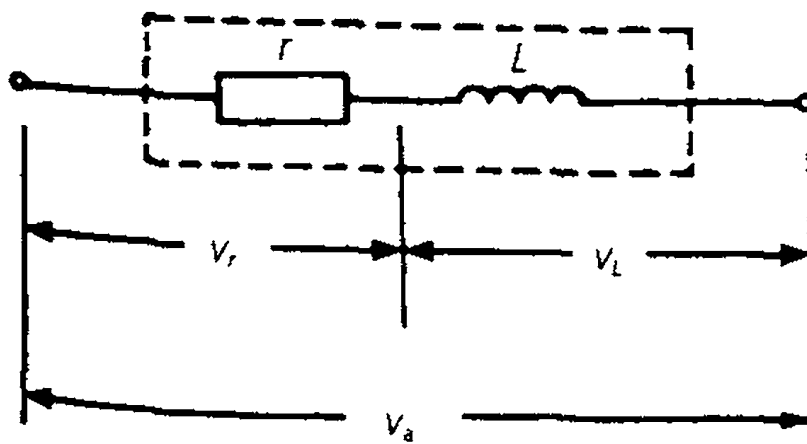


Рис. 1.9



Простой способ получения требуемой формы приложенного напряжения заключается в сложении сигнала на сопротивлении с сигналом на индуктивности,  $v_r + v_L$  (рис. 1.10). На рис. 1.10,а показан пилообразный токовый сигнал, который необходим для линейной развертки. Что касается сопротивления  $r$ , то напряжение на нем  $v_r$  совпадает по фазе с током, как показано на рис. 1.10,б. Напряжение на индуктивности можно выразить следующим образом:

$$v_L = L \frac{di}{dt}$$

Другими словами, чем выше скорость изменения тока  $di/dt$ , тем больше напряжение на индуктивности. Для развертывающего участка токового сигнала скорость изменения тока должна быть постоянной,  $di/dt = c$ , где  $c$  — постоянное число, соответствующее скорости развертки. Поскольку  $v_L = L \frac{di}{dt}$ , для развертывающего участка сигнала справедливо соотношение

$$v_L = L \cdot c = k$$

где  $k$  — другое постоянное число. Таким образом, можно заключить, что для получения линейно нарастающего тока напряжение, прикладываемое к катушке индуктивности  $L$ , должно быть постоянным (рис. 1.10,в).

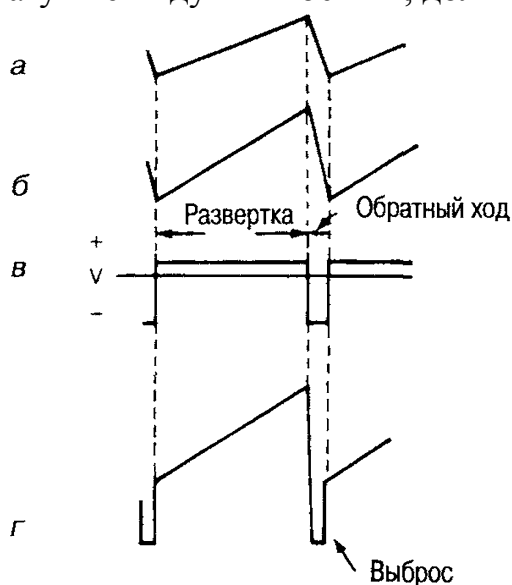


Рис. 1.10 а — токовый сигнал; б —  $v_r$ ; в —  $v_L$ ; г — результирующий сигнал  $v_a = v_r + v_L$ .

В конце развертки ток меняет направление и  $di/dt$  резко увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения (рис. 1.10,в). В течение обратного хода  $v_L$  остается постоянным, но имеет более высокое по абсолютной величине значение, чем во время развертки; это связано с тем, что скорость изменения тока во время обратного хода выше, чем во время развертки. В конце обратного хода ток вновь меняет направление и напряжение начинает возрастать, как

показано на рис. 1.10,в, и т. д.

Если теперь сложить эти два сигнала, то получится результирующий сигнал  $v_a$ , показанный на рис. 1.10,г. Индуктивность мало влияет на развертывающую часть этого сигнала, но отвечает за выброс, получающийся во время обратного хода.

### **Линейность и формирующие схемы.**

Для обеспечения линейности изображения на экране ЭЛТ сигнал кадровой развертки необходимо подвергнуть дальнейшей модификации. В тех случаях, между оконечным каскадом и отклоняющими катушками используется трансформаторная связь необходимо ввести коррекцию (или искажение) сигнал. В этом случае для компенсации искажающего воздействия тока намагничивания трансформатора необходимо скорректировать пилообразный сигнал. Коррекция необходима также в связи с плоской поверхностью лицевой части трубки. Такая коррекция (S-коррекция) более важна для строчной развертки. Обычно в схему кадровой развертки включают формирующие или корректирующие схемы, содержащие комбинацию интегрирующих и дифференцирующих цепей.

Рассмотрим интегрирующую цепь, на которую подается пилообразный сигнал (рис. 1.11). Этот сигнал содержит основную частоту и несколько гармоник. Интегрирующая цепь, которая представляет собой фильтр нижних частот, ослабляет высокочастотные гармоники, снижая скорость изменения сигнала и скругляя его края. В результате получается парабола, показанная на рис. 1.11,б. Интегрирующая цепь с большой постоянной времени (т. е. фильтр с низкой частотой среза) будет подавлять более высокочастотные гармоники, формируя параболу, показанную на рис. 1.11,в.

Влияние дифференцирующей цепи на пилообразный сигнал показано на рис. 1.12. Дифференцирующая цепь является фильтром верхних частот; она ослабляет низкочастотные компоненты, формируя, как показано на рис. 1.12,б, более острые углы и более круто спадающие края. Дифференцирующая цепь с малой постоянной времени (т. е. фильтр с высокой частотой среза) будет формировать сигнал с более крутыми краями (рис. 1.12, в).

Таким образом, пилообразный сигнал можно деформировать, увеличивая или уменьшая скорость всей развертки или только ее части. Дальнейшие изменения формы развертки можно получить, добавляя к параболе пилообразный сигнал; в результате получится парабола с наклоном (рис. 1.13). Такое добавление обычно осуществляется с помощью обратной связи по току или по напряжению. Токовая обратная связь обеспечивает контроль формы развертки с использованием небольшого резистора (1—5 Ом), включенного последовательно с кадровыми отклоняющими катушками. Напряжение, появляющееся на этом резисторе, подается обратно на вход предоконечного кадрового усилителя через схему коррекции.

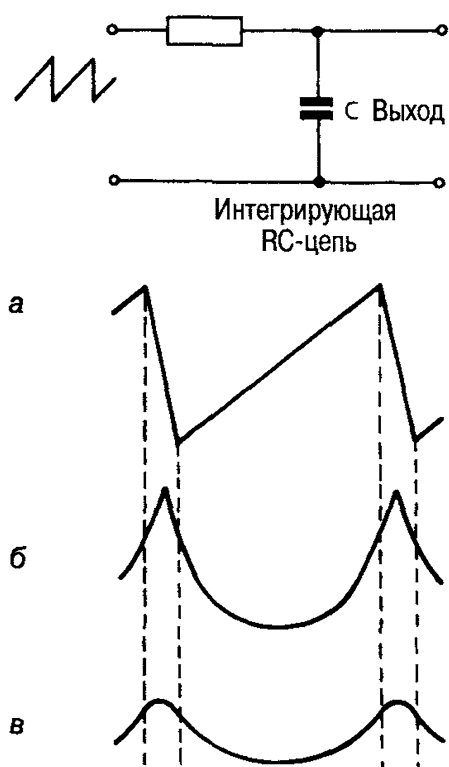


Рис. 1.11 Влияние интегрирующей цепи на пилообразный сигнал. *a* — пилообразный входной сигнал; *б* — малая постоянная времени; *в* — большая постоянная времени.

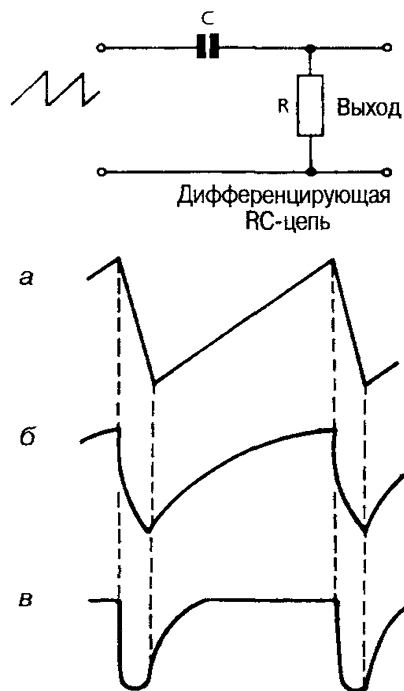


Рис. 1.12.

Влияние дифференцирующей цепи на пилообразный сигнал. *a* — пилообразный входной сигнал; *б* — большая постоянная времени; *в* — малая постоянная времени.

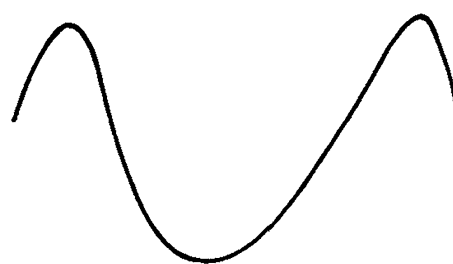


Рис. 1.13 Парабола с наклоном.

### **Выходные каскады кадровой развертки.**

ГКР является источником пилообразного тока в кадровых отклоняющих катушках. Форма тока и его амплитуда подбираются так, чтобы обеспечить равномерное перемещение электронного луча кинескопа вертикально по экрану. При равномерной скорости перемещения луча изображение не имеет искажений линейности,

Современные кинескопы имеют экраны либо малой кривизной поверхности по вертикали, ибо вообще плоские. Углы отклонения по вертикали для различных типов кинескопов составляют от  $40^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ . Чтобы получить неискаженное изображение на экране таких кинескопов, отклоняющий ток в кадровых катушках, так же как в строчных, во время прямого хода развертки должен иметь S-образную форму.

Амплитуда отклоняющего тока в начале и конце прямого хода должна быть достаточной для отклонения луча от центра экрана до его границ. Необходимая амплитуда тока определяется режимом работы кинескопа и параметрами кадровых отклоняющих катушек. Применяются кадровые отклоняющие катушки двух типов: тороидальные и седлообразные.

Для синхронного синтеза изображения на экране кинескопа методом чересстрочной развертки отклоняющий ток ГКР должен изменяться с частотой, установленной телевизионным стандартом. При частоте 50 Гц длительность периода развертки составляет 20 мс, причем длительность обратного хода не превышает 1,5 мс.

Как правило, тороидальные катушки имеют 500...1000 витков, сопротивление 50 ... 100 Ом и индуктивность 30...120 мГн. При таких параметрах катушек для полного отклонения луча в кинескопах требуется ток амплитудой 50...500 мА.

При такой амплитуде отклоняющего тока ГКР различной конструкции потребляют до 10...20% от общей потребляемой телевизором энергии. Седлообразные катушки более низкоомны.

В режиме чересстрочной развертки ГКР должен обеспечивать высокую точность синхронизации, чтобы исключить потерю четкости изображения по вертикали.

В реальных кадровых отклоняющих катушках для создания пилообразного тока достаточно большой амплитуды на катушки необходимо подать управляющее напряжение определенной формы. Эту функцию выполняет выходной каскад.

Функцию формирователя пилообразного напряжения выполняет разрядный каскад, образованный интегрирующей цепью. Для получения на нагрузке транзистора сигнала требуемой пилообразно-импульсной формы на вход его надо подать ток такой же формы. На выходе разрядного каскада формируется пилообразное напряжение. Между разрядным и выходным каскадами включают преобразователь напряжение-ток. В ГКР предусматривают цепи коррекции:

- экспоненциальных искажений управляющего напряжения, возникающие и разрядном каскаде;
- цепи компенсации параболических искажений, вносимые, как правило, выходным каскадом;
- цепи предискажений, обеспечивающие S-коррекцию отклоняющего тока.

Все эти цепи в структурной схеме ГКР представлены устройством линейаризации. Помимо отмеченных функций, ГКР должен обеспечить, во время обратного хода развертки, импульсы напряжения для гашения электронного луча кинескопа.

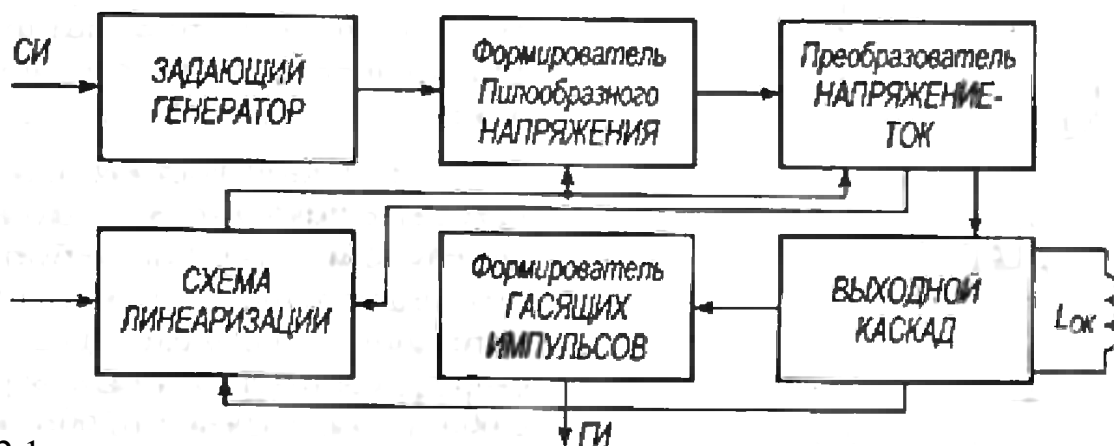


Рис. 2.1

### **Структурная схема генератора кадровой развертки**

Все рассмотренные функции ГКР отражены в структурной схеме, показанной на рис. 2.1.

При практической реализации возможны различные модификации структуры ГКР. Например, может отсутствовать разрядный каскад. В этом случае его функции выполняет задающий генератор. В схеме ГКР могут отсутствовать также преобразователь и формирователь гасящих импульсов.

Трансформаторные и дроссельные выходные каскады применяются в телевизорах с большими экранами.

Схема трансформаторного каскада показана на рис. 2.2. Трансформатор применяется когда сопротивление кадровых отклоняющих катушек не удовлетворяет условию согласования с выходным каскадом. Такая ситуация возникает, когда в транзисторном ГКР используется отклоняющая система

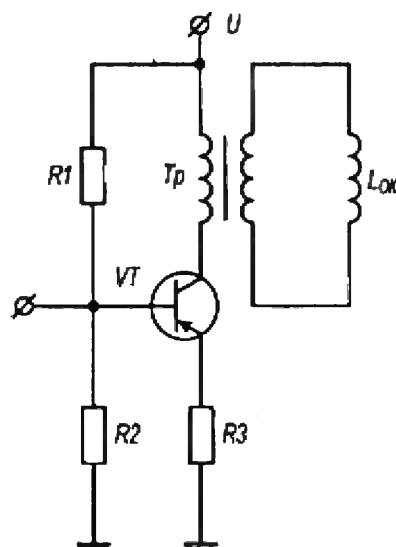


Рис. 2.2 Трансформаторный выходной каскад кадровой развертки

Применение трансформатора обеспечивает выбор напряжения питания выходного каскада и облегчает применение корректирующих цепей обратной связи. В трансформаторном каскаде транзистор, как правило, включается по схеме с общим эмиттером. Резистор небольшого сопротивления в его эмиттерной цепи способствует термостабилизации каскада и линеаризации отклоняющего тока.

Выходной каскад ГКР выполненный по дроссельной схеме показан на рис. 2.3. В нем используются емкостная связь выходного каскада с отклоняющей системой и параллельное питание его с помощью дросселя в коллекторной цепи транзистора. Схема с дроссельно-емкостной связью более экономична. Наиболее экономичен каскад с оптимальной нагрузкой, которая для усилителя на транзисторе с общим эмиттером составляет порядка 50 Ом. Поэтому активное сопротивление кадровых отклоняющих катушек дроссельного каскада обычно составляет 40... 50 Ом.

При использовании трансформаторного и дроссельного каскадов отклоняющие катушки имеют, как правило, тороидальную намотку. Половины катушек чаще всего соединяются последовательно. Для устранения искажений типа волнистость строк в левой части раstra, вызванных взаимодействием полей отклонения по вертикали и горизонтали, кадровые катушки шунтируются резистором сопротивлением 0,5... 2 кОм.

Дополнительно наводки на кадровые катушки от генератора строчной развертки уменьшаются с помощью конденсатора, подключенного параллельно катушкам. При слишком большой емкости конденсатора возможны увеличение длительности обратного хода и поворот изображения в верхней части раstra.

Дроссельно - емкостная связь отклоняющих катушек с выходным каскадом для обеспечения линейности развертки требует возможно большей индуктивности дросселя и емкости разделительного конденсатора С. Обычно транзистор дроссельного каскада включается по схеме с общим эмиттером, что обеспечивает наибольшее усиление по мощности, и работает в режиме класса А.

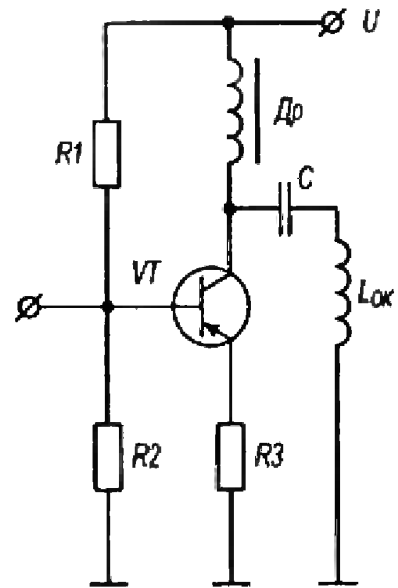


Рис. 2.3 **Дроссельный выходной каскад кадровой развертки**

Положение рабочей точки каскада задается смещением. С помощью переменного делителя смещение можно изменять для того, чтобы обеспечить линейный режим усиления.

Соответственно этому потенциометр в базовой цепи выходного каскада обычно служит для изменения линейности изображения в конце кадра (линейность внизу). Рабочая точка дроссельного каскада выбирается таким образом, чтобы при максимальном использовании линейного участка проходной динамической характеристики пилообразный сигнал не ограничивался за счет насыщения и отсечки коллекторного тока.

При ремонте, в случае отсутствия аналога, амплитуда отклоняющего тока и мощность, рассеиваемая на коллекторе выходного транзистора, являются определяющими параметрами при выборе типа транзистора.

Не менее важное значение имеет также амплитуда выбросов напряжения, развивающихся на нагрузке каскада во время обратного хода развертки.

При поступлении на базу транзистора выходного каскада пилообразно-импульсного управляющего напряжения, он запирается во время обратного хода и из-за быстрого изменения тока на отклоняющих катушках возникает импульс напряжения, значение которого может достигать 30..200 В в зависимости от длительности обратного хода, индуктивности катушек и напряжения питания.

С целью ограничения выбросов напряжения обычно параллельно отклоняющим катушкам включают варистор. Реже вместо варистора используется ограничительная цепь, состоящая из последовательно соединенных диода и параллельной RC-цепочки.

Уровень ограничения выбирается таким образом, чтобы обеспечить надежность работы транзистора выходного каскада и иметь возможность использования импульсов обратного хода для гашения электронного луча кинескопа.

При достаточной амплитуде импульсы гашения могут сниматься непосредственно с коллектора дроссельного или трансформаторного канала.

Если амплитуды импульсов на нагрузке выходного каскада недостаточно для гашения, то гасящие импульсы формируют с помощью дополнительной обмотки дросселя или трансформатора

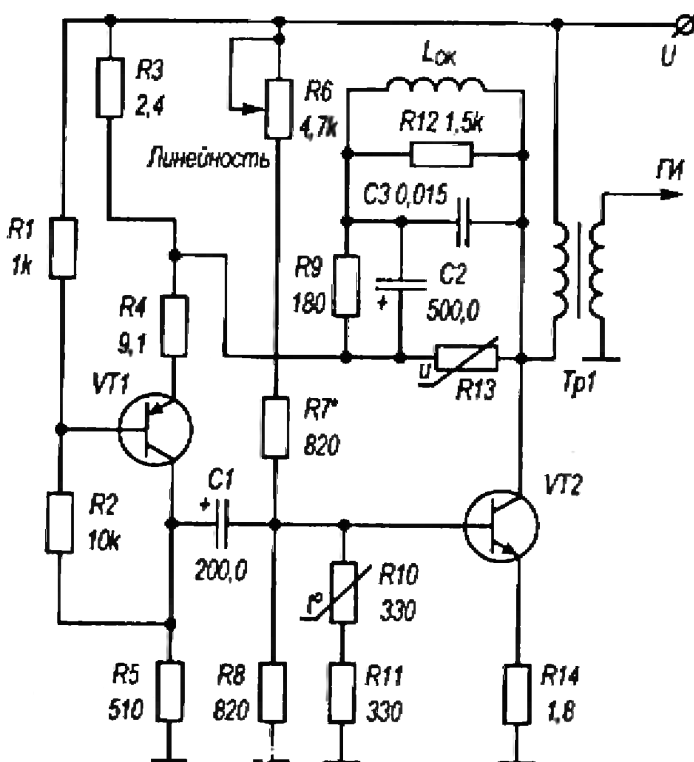


Рис. 2.4 Бестрансформаторный выходной каскад кадровой развертки

### Бестрансформаторные каскады кадровой развертки.

Бестрансформаторные каскады более экономичны в сравнении с вышеприведенными.

Наиболее широкое распространение получили двухтактные каскады двух типов: с симметричным входом на транзисторах одинаковой проводимости и с несимметричным входом на транзисторах различной проводимости.

В обоих каскадах с целью получения линейности отклоняющего тока транзисторы подобраны по идентичности основных параметров. Каждый транзистор двухтактного каскада работает в режиме класса В и пропускает половину пилообразного тока. Таким образом, отклоняющий ток первой половины прямого хода формирует один транзистор, а ток второй половины - другой.

Для управления выходным каскадом (рис. 2.5) необходим усилитель с парафазным выходом.

Каскадом на рис. 2.6 можно управлять обычным усилителем, включенным по схеме с общим эмиттером или коллектором. Это несколько упрощает схему ГКР с применением каскада с несимметричным входом по сравнению с каскадом, имеющим симметричный вход. Наряду с определенными преимуществами по сравнению с дроссельными (трансформаторными) каскадами применение двухтактных бестрансформаторных каскадов обуславливает ряд трудностей, связанных, в первую очередь, с обеспечением линейности тока в средней части прямого хода развертки и с получением гасящих импульсов необходимой амплитуды.

Возникают трудности также при обеспечении стабильности линейности и размера изображения по вертикали в условиях изменения окружающей температуры и питающего напряжения. Специально для двухтактных каскадов разработаны отклоняющие системы, сопротивление кадровых катушек которых близко к оптимальному, с точки зрения согласования с выходным сопротивлением каскада. Наилучшие результаты дает каскад, нагруженный на отклоняющую систему с седлообразными кадровыми катушками. Двухтактный

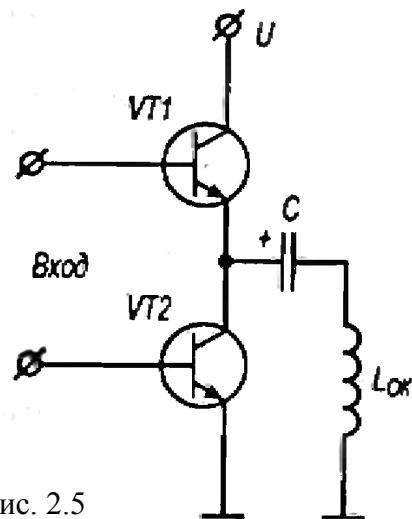


Рис. 2.5

**Бестрансформаторный выходной каскад кадровой развертки с симметричным входом**

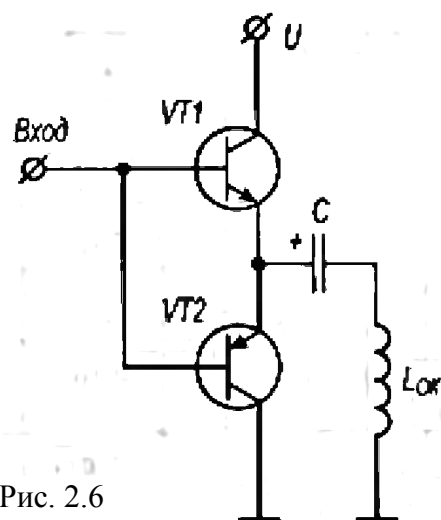


Рис. 2.6

**Бестрансформаторный выходной каскад кадровой развертки с несимметричным входом**



выходной каскад с симметричным входом применен в схеме ГКР, изображенной на рис. 2.7. Он собран на транзисторах VT5, VT6. Диод VD2, включенный в эмиттерную цепь транзистора VT5, создает небольшое напряжение отрицательной обратной связи, способствующее линейаризации отклоняющего тока в средней части прямого хода. Управляются транзисторы двухтактного каскада сигналами, снимаемыми с коллектора и эмиттера парафазного усилителя на транзисторе VT4.

В рассмотренных двухтактных каскадах импульсы напряжения на нагрузке, имеющие место во время обратного хода, по амплитуде не могут превышать напряжение питания каскада, которое обычно составляет до 40 В.

Такой величины импульсов не всегда достаточно для гашения электронного луча кинескопа. Применяются два способа гашения в ГКР с двухтактными бестрансформаторными каскадами.

При втором способе запирающие импульсы подаются на один из каскадов усилителя видеосигнала тракта изображения (рис. 2.8).

Первый состоит о применении дополнительного каскада усиления импульсов обратного хода, питающегося достаточно высоким напряжением. При втором способе запирающие импульсы небольшой амплитуды с выходного каскада подаются на один из каскадов усилителя видеосигналов тракта изображения.

Первый способ имеет существенный недостаток, состоящий в усложнении схемы ГКР, из-за необходимости применения дополнительного каскада гашения.

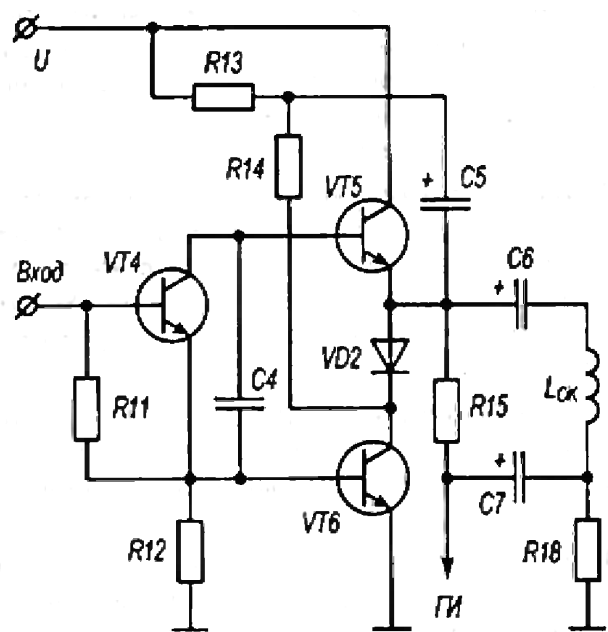


Рис. 2.7 Бестрансформаторный выходной каскад кадровой развертки

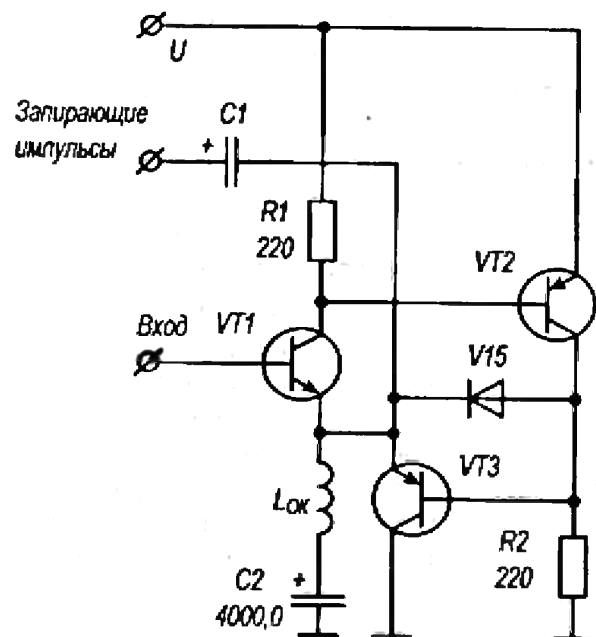


Рис. 2.8 Бестрансформаторный выходной каскад кадровой развертки

### Токовая стабилизация выходного каскада

Схема каскада с токостабилизирующим транзистором, приведена на рис. 3.1. Основной транзистор VT2 этого каскада работает в режиме класса А. В его коллекторную цепь вместо дросселя включен токостабилизирующий транзистор VT3. Так как каскад работает в режиме А и часть питающего напряжения падает на транзисторе VT3, то этот каскад по энергетическим показателям существенно уступает двухтактным каскадам. Однако, уступая в экономичности, он обеспечивает высокую линейность отклоняющего тока.

Коллекторный ток транзистора VT3 во время прямого хода остается практически неизменным. Это достигается включением блокирующего конденсатора C2 сравнительно большой емкости, поддерживающего постоянное напряжение база-эмиттер транзистора VT3. Резистор R3 повышает сопротивление база-эмиттер VT3 и способствует снижению необходимой емкости блокирующего конденсатора.

Постоянная составляющая тока протекает через транзистор VT3, а переменная составляющая, вследствие высокого входного сопротивления VT3 - через отклоняющие катушки.

Для повышения стабильности работы выходного каскада и уменьшения нелинейных искажений используется обратная связь через резистор R5. Согласование низкого входного сопротивления каскада с сопротивлением формирователя пилообразного напряжения осуществляется с помощью эмиттерного повторителя на транзисторе VT1.

На транзисторе VT3 рассеивается значительная мощность, уменьшить которую можно за счет включения в его коллекторную цепь диода VD1, зашунтированного конденсатором C4. Во время прямого хода развертки диод VD1 открыт и обеспечивает нормальную работу схемы. В начале обратного хода транзистор VT2 закрывается. Быстрое изменение направления отклоняющего тока приводит к возникновению на индуктивности отклоняющих катушек интенсивного импульса напряжения. Как только амплитуда этого импульса превысит напряжение источника питания, диод VD1 закрывается, и C4 подключается параллельно отклоняющим катушкам через инверсно включенный транзистор VT3 и источник питания, образуя с индуктивностью  $L_{ок}$  резонансный контур. В нем за счет энергии, накопленной в

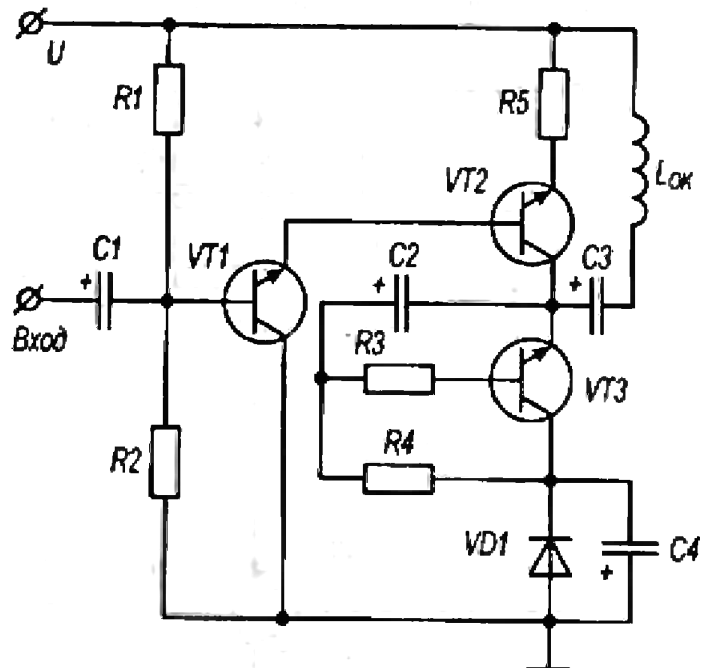


Рис. 3.1 Выходной каскад кадровой развертки с токостабилизирующим транзистором

индуктивности катушек, возникает колебательный процесс, Благодаря ему часть энергии возвращается в источник питания.

### Квазиключевой выходной каскад.

Квазиключевой принцип формирования отклоняющего тока используется в схеме, приведенной на рис. 3.2. Он содержит следующие основные элементы:

- основной транзистор VT1;
- демпферный транзистор VT2;
- отклоняющие катушки  $L$ ;
- накопительный конденсатор C1;
- конденсатор обратного хода C2.

Для работы каскада на базу транзистора VT1, во время прямого хода развертки, подается управляющее напряжение от предвыходного каскада. Под действием напряжения транзистор VT1 запирается, во время первой половины прямого хода, и открывается во время второй. На резисторе R1 этот ток создает падение напряжения, запирающее транзистор VT2. Режим транзистора VT1 по постоянному току определяется резистором R3. Таким образом, во время работы транзистора VT1, демпферный транзистор VT2 закрыт и не влияет на процесс формирования тока во время второй половины прямого хода.

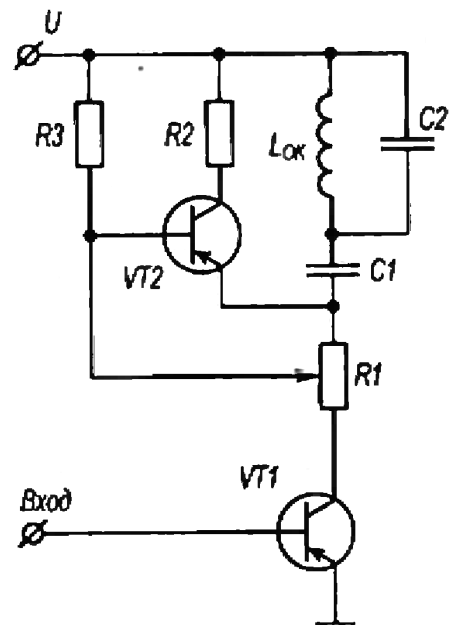


Рис. 3.2 Квазиключевой выходной каскад кадровой развертки

Процесс нарастания отклоняющего тока, во время второй половины прямого хода, определяется последовательной цепью, состоящей из индуктивности  $L_{ок}$ , конденсатора C1 и резистора R1, к которой через открытый транзистор VT1 приложено напряжение U источника питания. На характер изменения отклоняющего тока оказывает влияние заряд конденсатора C1, напряжение на котором достигает максимума к концу прямого хода. В это время ток транзистора VT1 и отклоняющий ток достигает максимального значения. Влияние конденсатора C2 на процесс формирования отклоняющего тока во время прямого хода луча можно пренебречь.

К концу прямого хода на базу транзистора VT1 поступает запирающий скачок напряжения и в контуре, образованном отклоняющей катушкой и конденсатором C2, возникают колебания, обусловленные запасом энергии в индуктивности катушки. Величины индуктивности и емкости подобраны таким образом, что половина периода колебаний в контуре равна длительности обратного хода кадровой развертки. Вследствие колебательного процесса на

контуре возникают импульсы напряжения, которые в сумме с напряжением на конденсаторе  $C1$  прикладываются между коллектором и эмиттером демпферного транзистора  $VT2$ , который запирается.

По окончании половины периода колебаний, когда напряжение на контуре изменит знак и превысит напряжение на накопительном конденсаторе  $C1$ , открывается транзистор  $VT2$  небольшим отпирающим напряжением, образованном на резисторе  $R1$  за счет разряда конденсатора  $C1$  через делитель на резисторах  $R1$ ,  $R3$ . Дальнейший процесс обусловлен разрядом конденсатора  $C1$  через открытый транзистор  $VT2$ , резистор  $R2$  и индуктивность катушки. При этом формируется отклоняющий ток первой половины прямого хода.

Переменный резистор  $R1$ , включенный в коллекторную цепь транзистора  $VT1$ , влияет на процесс заряда конденсатора  $C1$  и, следовательно, на линейность отклоняющего тока по второй половине прямого хода. Резистор  $R2$  влияет на заряд конденсатора  $C1$ , определяя линейность тока первой половины прямого хода. В рассмотренном каскаде кадровой развертки формирование тока производится в два этапа двумя различными цепями (заряда и разряда).

Основное преимущество рассмотренного каскада состоит в его экономичности. Из приведенного описания работы схемы видно, что каскад потребляет энергию от источника питания только в течение второй половины прямого хода, когда происходит заряд накопительного конденсатора. При одинаковой амплитуде отклоняющего тока квазиключевой каскад потребляет в 2 раза меньшую мощность, чем двухтактный.

Положительным качеством рассматриваемого выходного каскада является то, что в нем, в отличие от двухтактного каскада с симметричным входом, используются транзисторы одинаковой проводимости.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

### Методика эксперимента.

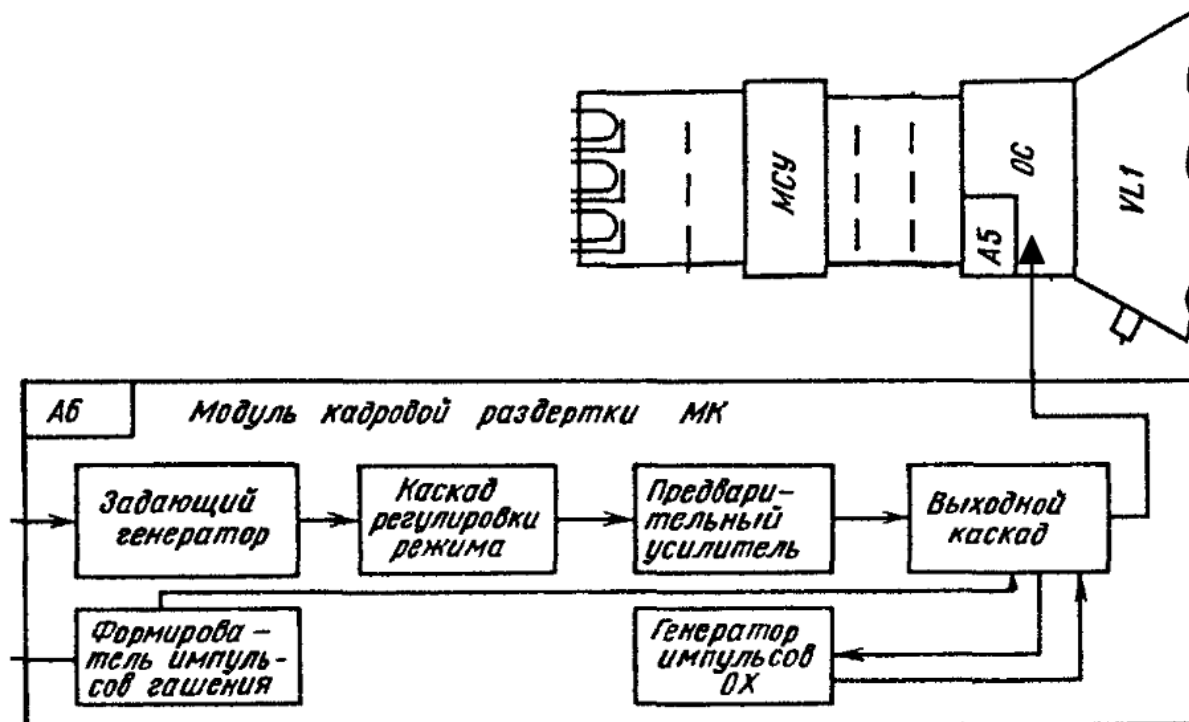


Рис. 4.1. Блок схема модуля кадровой развертки МК-1-1.

Учебная установка представляет собой действующую модель модуля кадровой развертки телевизора МК-1-1. Блок схема модуля кадровой развертки приведена на рис. 4.1.

Принципиальная электрическая схема модуля кадровой развертки МК-1-1 приведена на рис. 4.3. Осциллограммы в контрольных точках схемы представлены на рис. 4.2.

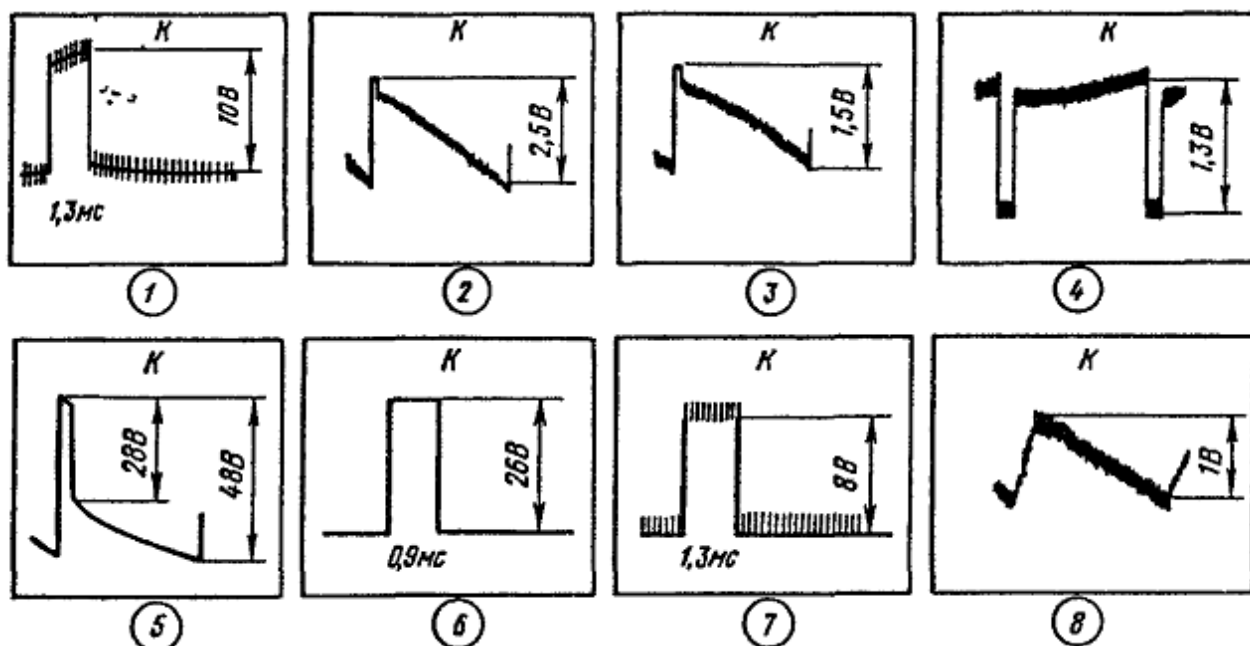


Рис. 4.2. Осциллограммы в контрольных точек схемы модуля МК-1-1 согласно схеме рис. 4.3.

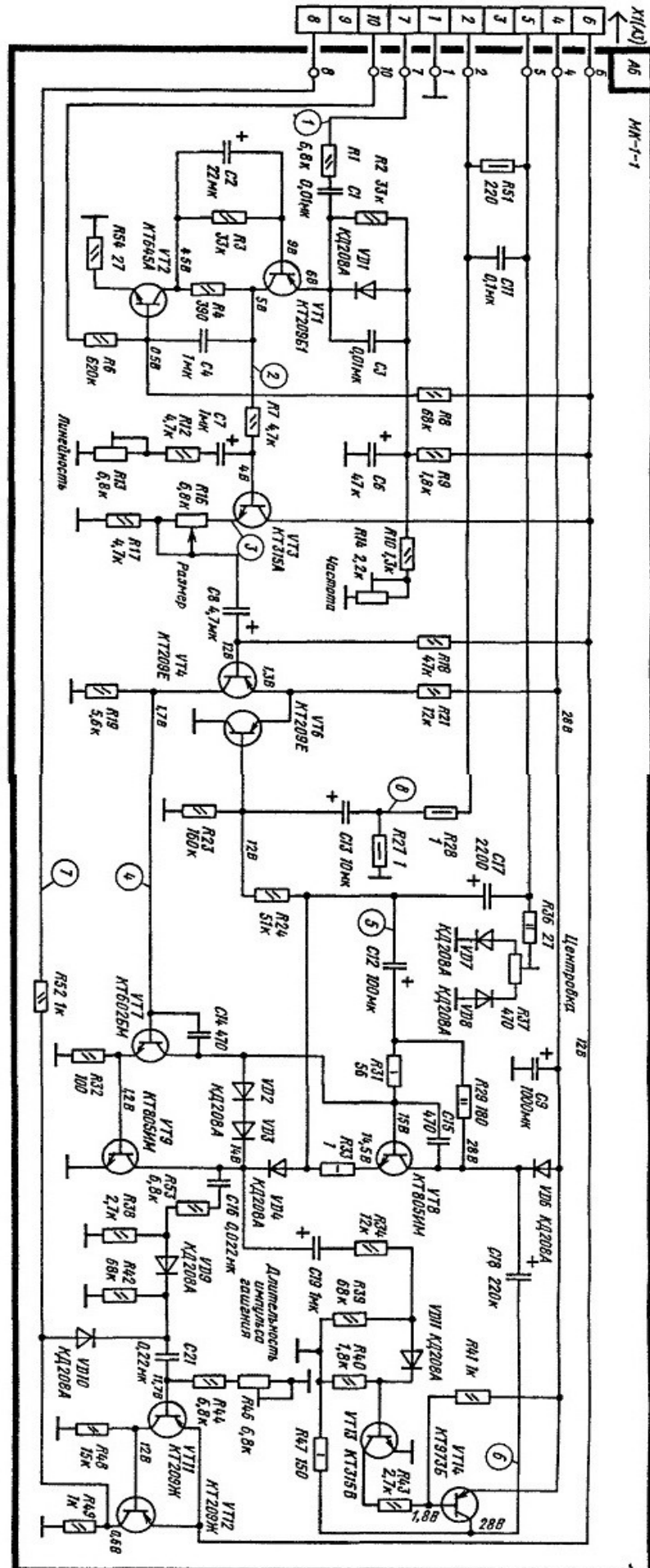


Рис. 4.3. Принципиальная электрическая схема модуля кадровой развертки МК-1-1.

Модуль кадровой развертки МК-1-1 предназначен для телевизоров типа ЗУСЦТ на кинескопах с углом отклонения  $90^0$ .

Основные параметры модуля приведены в таблице 1.

Таблица 1.

|                                                                                                                                               |          |                                                                                               |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Коэффициент искажений, %, не более                                                                                                            | $\pm 8$  | Нестабильность размера изображения по вертикали от прогрева, %, не более                      | $\pm 3$       |
| Устойчивость синхронизации кадровой развертки должна сохраняться при вращении регулятора частоты кадров в пределах угла, в градусах, не менее | 90       | Диапазон перестройки собственной частоты определяется нижней граничной частотой, Гц, не более | 40            |
| Нестабильность размера изображения по вертикали при изменении тока лучей кинескопа от 100 до 900 мкА, %, не более                             | $\pm 3$  | верхней граничной частотой, Гц, не менее                                                      | 57            |
| Пределы центровки раstra относительно центра кинескопа, мм, не менее                                                                          | $\pm 12$ | Длительность обратного хода кадровой развертки мс, не более                                   | 0,95          |
| Ток потребления мА, не более                                                                                                                  |          | Параметры кадрового гасящего импульса                                                         |               |
| источник 28 В                                                                                                                                 | 400      | амплитуда, В, не менее                                                                        | 10            |
| источник 12 В                                                                                                                                 | 20       | диапазон регулировки длительности, мс, не менее                                               | $0,9 \pm 1,4$ |

В состав модуля кадровой развертки МК-1-1 (рис. 4.3) входит задающий генератор (VT1, VT2) эмиттерный повторитель (VT3), дифференциальный усилитель (VT4, VT6), предварительный усилитель (VT7) выходной каскад (VT8, VT9), генератор напряжения обратного хода (VT13, VT14) и каскад формирования импульсов гашения (VT11, VT12).

Задающий генератор выполнен на разнополярных транзисторах с последовательным питанием по схеме генератора линейно изменяющегося напряжения. Частота ЗГ регулируется переменным резистором R14, с помощью которого в небольших пределах изменяется напряжение питания транзисторов VT1 и VT2. На эмиттере транзистора VT1 с контакта 7 соединителя XI (A3) через цепь R1, C1 поступают синхронизирующие импульсы положительной полярности. Транзистор VT1 открывается, и ЗГ переходит в режим формирования обратного хода кадровой развертки, что и обеспечивает синхронизацию развертки по кадрам.

На базу транзистора VT2 с контакта 10 соединителя X1 через резистор R6 поступает напряжение, пропорциональное току лучей кинескопа. Под влиянием этого напряжения изменяется размах пилообразных импульсов и стабилизируется размер изображения по вертикали при изменении тока лучей. С конденсатора C4 через резистор R7 пилообразное напряжение поступает на базу эмиттерного повторителя, собранного на транзисторе VT3. Цепь C7, R12 и R13, подсоединенная к базе транзистора VT3, предназначена для регулировки линейности. Пилообразное напряжение снимается с резистора R16 и через конденсатор C8 поступает на один из входов дифференциального усилителя — базу транзистора VT4. На другой вход усилителя — базу транзистора VT6 поступают сигналы обратной связи по переменному и постоянному токам.

Дифференциальный усилитель с отрицательной обратной связью по переменному и постоянному токам упрощает регулировку линейности по кадрам и улучшает термостабилизацию выходных транзисторов. Для создания отрицательной обратной связи по переменному току пилообразное напряжение через конденсатор C13 и резистор R23 подается на базу транзистора VT6. Это напряжение, пропорциональное значению пилообразного тока в кадровых отклоняющих катушках, находится в противофазе с напряжением на базе транзистора VT4 и при увеличении тока через кадровые катушки уменьшает усиление дифференциального усилителя, т. е. стабилизирует размер по кадру. Не менее важным является и то обстоятельство, что наличие отрицательной обратной связи по переменному току позволяет получить на базах транзисторов выходного каскада напряжение пилообразно-параболической формы, в котором параболическая составляющая предназначена для компенсации индуктивной части полного сопротивления кадровых отклоняющих катушек. При такой форме управляющего напряжения (Осциллограмма 4) через отклоняющие катушки протекает линейно нарастающий ток.

Отрицательная обратная связь по постоянному току осуществляется путем подачи на базу транзистора VT6 напряжения со средней точки выходного усилителя — через резистор R24, что повышает стабильность выходного каскада.

Предварительный усилитель на транзисторе VT7 выполнен по схеме с разделенной нагрузкой — на резисторах R31 и R29 в коллекторе и R32 в эмиттере. С нагрузок в эмиттерной и коллекторной цепях транзистора VT7 сигналы в противофазные поступают на базы транзисторов VT8 и VT9.

Выходной каскад выполнен по двухтактной бестрансформаторной схеме с переключающим диодом. Транзисторы VT8 и VT9, включенные последовательно через диод VD4 и резистор R33, работают поочередно. В первую половину прямого хода (от верха экрана до середины) ток протекает через транзистор VT8, во вторую (от середины до нижней части экрана) — через VT9.

Падение напряжения на диоде VD4, создаваемое током отклонения во время второй половины прямого хода развертки, обеспечивает закрытое состояние транзистора VT8 в тот промежуток времени, когда открыт транзистор VT9. Диоды VD2 и VD3 служат для создания начального закрывающего напряжения и одновременно обеспечивают его термокомпенсацию.

При использовании кинескопа с дельтаобразным расположением ЭОП последовательно с кадровыми отклоняющими катушками включается обмотка корректирующего трансформатора T1 (выводы 1—6) и резистор.

Центровка по вертикали осуществляется за счет выпрямления импульсов прямого и обратного хода кадровой развертки. Элементы центровки — диоды VD7, VD8 и переменный резистор R37 — подключены через резистор R36 и контакт 5 соединителя X1 к кадровым отклоняющим катушкам. В среднем положении движка переменного резистора R37 выпрямленные токи равны и



направлены навстречу друг другу. При этом постоянное напряжение в кадровые катушки не поступает. При сдвиге движка переменного резистора R37 от среднего положения напряжение на резисторе становится однополярным и через кадровые отклоняющие катушки на корпус протекает ток положительного или отрицательного знака, отчего растр смещается вверх или вниз.

Как уже упоминалось, транзисторы выходного каскада VT8 и VT9 работают поочередно. Обратный ход кадровой развертки начинается после резкого закрывания одного из транзисторов. Однако из-за того, что время начала обратного тока совпадает с открыванием другого транзистора, индуктивность кадровых отклоняющих катушек оказывается шунтированной его малым входным сопротивлением. Как во всяком колебательном контуре, увеличение затухания сопровождается уменьшением крутизны фронта нарастания импульса. В данном случае это приводит к значительному увеличению длительности обратного хода по кадру. Эту длительность можно уменьшить повышением напряжения на время обратного хода кадровой развертки.

В модуле МК-1-1 для этой цели используется специальный генератор, выполненный на транзисторах VT13, VT14. Во время прямого хода кадровой развертки транзисторы закрыты. В этот период развертки конденсатор C18 заряжается от источника напряжения 28 В через диод VD6 и резистор R47 на корпус. К концу прямого хода, когда на левом (по схеме на рис. 4.3) выводе конденсатора C18 и на катоде диода VD6 напряжения уравниваются, диод закрывается, отключая источник питания 28 В.

Во время обратного хода кадровой развертки импульсы обратного хода положительной полярности с коллектора транзистора VT9 через конденсатор C19, делитель на резисторах R34, R39 и диод VD11 поступают на базу транзистора VT13. Транзисторы VT13 и VT14 открываются. Через открытый до насыщения транзистор VT14 и резистор R41 напряжение источника 28 В оказывается приложенным последовательно с напряжением на конденсаторе C18, из-за чего напряжение на коллекторе транзистора VT8 возрастает вдвое. Соответственно уменьшается время обратного хода.

Генератор импульсов гашения обратного хода по кадрам собран по схеме, мультивибратора на транзисторах VT11, VT12 (см. рис. 4.3). Моновибратор в период формирования выходным каскадом тока прямого хода находится в ждущем режиме. При этом транзистор VT11 открыт до насыщения током базы от источника 12 В по цепи: переход эмиттер — база транзистора VT11, резисторы R44, R46 — корпус. Напряжение на коллекторе транзистора VT11 равно 12 В. Поэтому транзистор VT12 закрыт и на его коллекторе напряжение равно нулю.

В начале обратного хода развертки на коллекторе транзистора VT9 возникает положительный импульс, который через конденсатор C16, резистор R53, диод VD9 и конденсатор C21 поступает на базу транзистора VT11 и закрывает его. При этом транзистор VT12 открывается до насыщения и на его

коллекторной нагрузке — резисторе R49 — возникают прямоугольные импульсы.

Длительность импульса можно регулировать в пределах 0,8 ... 1,6 мс изменением постоянной времени цепи базы транзистора VT11 с помощью подстроечного резистора R46.

Типовая конструкция модуля кадровой развертки представлена на рис. 4.4.

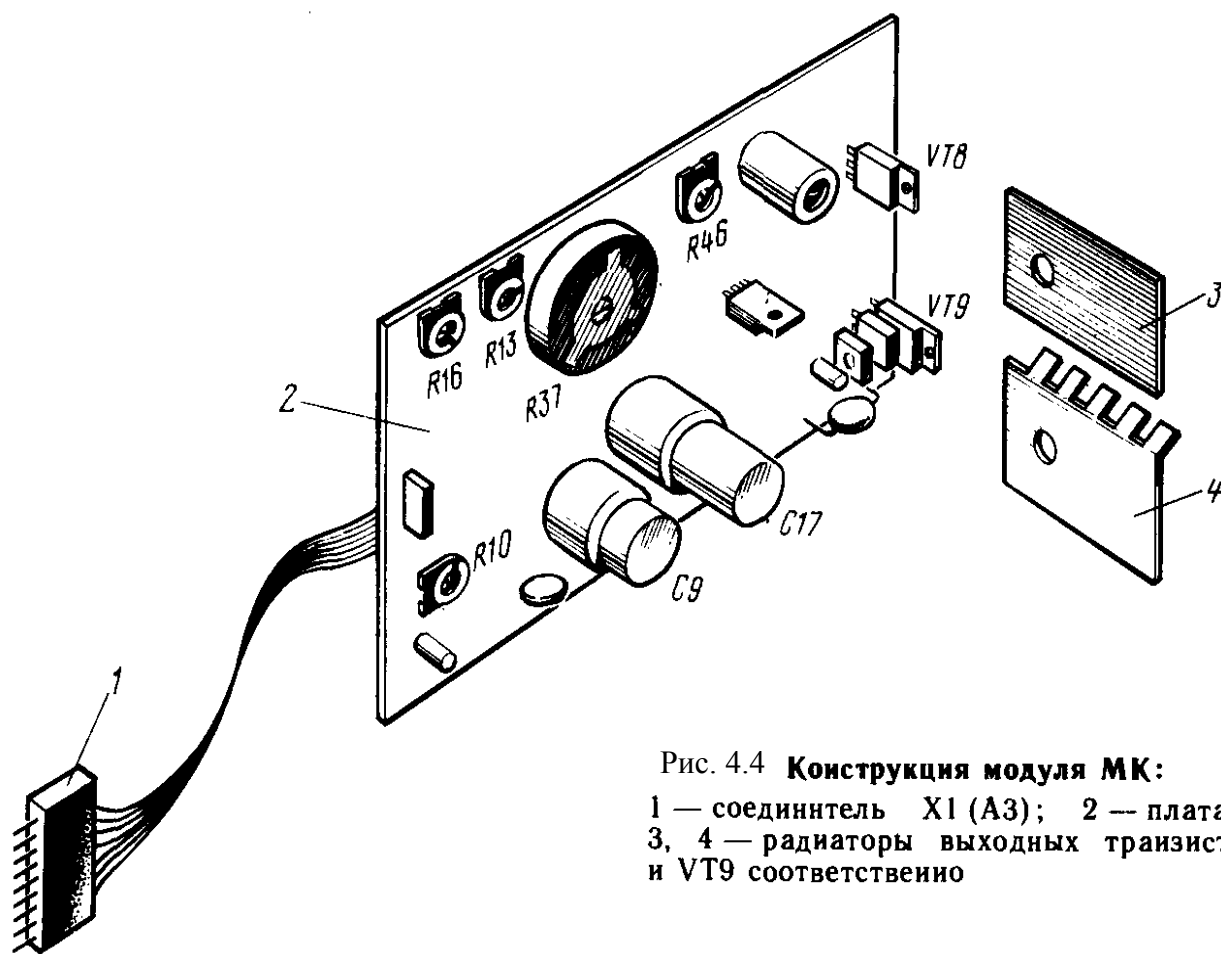


Рис. 4.4 Конструкция модуля МК:

1 — соединитель X1 (A3); 2 — плата модуля;  
3, 4 — радиаторы выходных транзисторов VT8  
и VT9 соответственно

### **Приборы и оборудование.**

Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТТУЛ-7 приведена на рис. 5.1.

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 XS2). Переключение входов  $x_1 \dots x_8$  осуществляется кратковременным ( $\sim 0,5$  секунд) нажатием кнопки К. Запуск схемы осуществляется длительным ( $\sim 2$  секунды) удержанием кнопки К, при этом, подключив к выходу XS2 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 предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5 Вольт.

# Установка учебная РТТУА-7

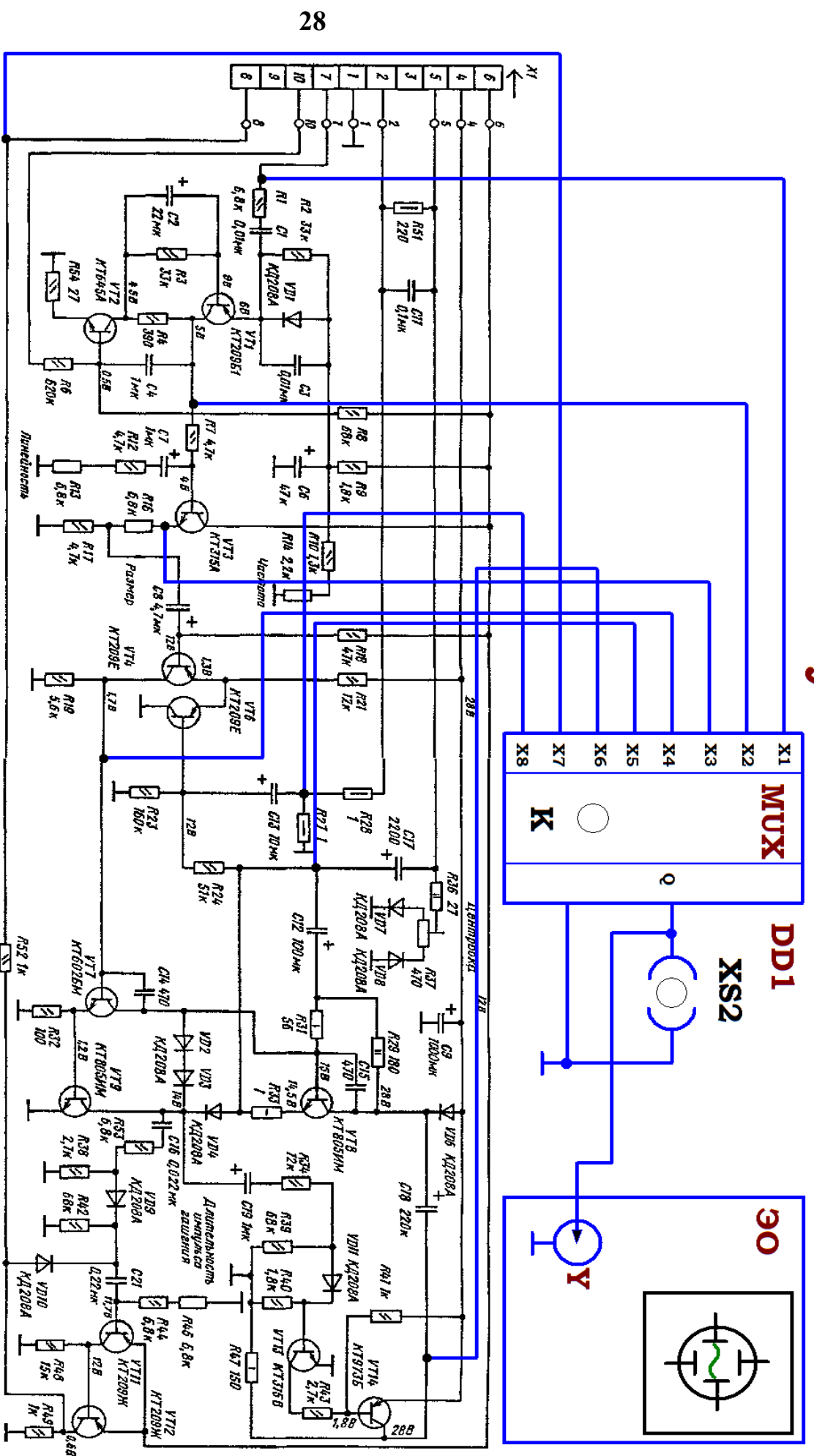


Рис. 5.1. Принципиальная электрическая схема учебной установки РТТУД-7.

### 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  $\sim 220$  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 XS2 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 ( $\sim 2$  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 кадровой развертки МК-1-1, сигнал должен иметь вид, аналогичный рис. 4.2 (1). Зарисовать сигнал с экрана осциллографа по клеткам на миллиметровую бумагу.
8. Определить амплитуду (размах), период, частоту сигнала, а также длительность импульса кадрового импульса. Учтите, что для предохранения входного каскада осциллографа от порчи все сигналы подаются через специальные делители, ограничивающие амплитуду до 5

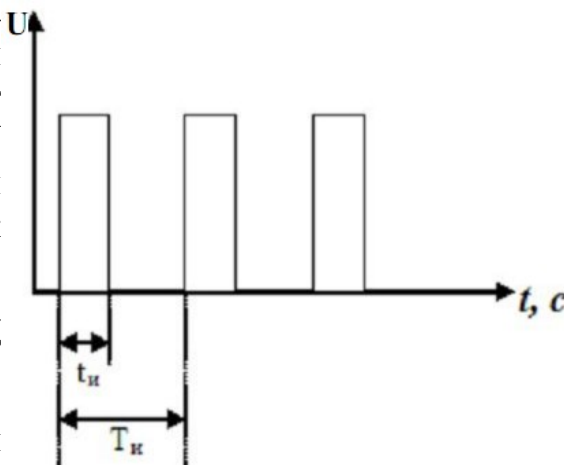


Рис. 5.2. К определению скважности импульсов.

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

где  $t_u$  – длительность импульса,  $T_u$  – период следования импульсов (см. рис. 5.2).

9. Сравните определенные вами экспериментально параметры сигнала с рис. 4.2 (1). Обратите внимание на период кадровых 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 (XP2 по показаниям LCD ЖКД индикатора).
12. Запустить схему длительным (~2 секунды) удержанием кнопки К.
13. Повторить действия аналогичные пп. 6 — 8. Для пилообразных сигналов, например рис. 4.2 (2), целесообразно определять с помощью электронного осциллографа коэффициент наклона прямой  $K$ , т. е. отношение амплитуды сигнала (размаха) оси Y осциллографа в Вольтах к длительности импульса по X осциллографа (mS)  $K = \frac{A_{max}}{t_u}$  [B/mS].
14. Прodelать аналогичные действия для других контрольных точек схемы, коммутируя поочередно соответствующий вход электронным коммутатором (контрольные точки x1 ... x8) и сравнить полученные сигналы с теоретическими сигналами для модуля кадровой развертки МК-1-1 рис. 4.2, отмечая наиболее характерные точки сигналов.
15. По окончании работы отключить электронный осциллограф и учебную установку от сети, поставить все сетевые переключатели в положение «ВЫКЛ».

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Перечислите основные элементы кадровой развертки телевизионного приемника. Приведите блок — схему кадровой развертки.
2. Каким образом осуществляется генерация пилообразного сигнала?
3. Расскажите о применении тиристорного генератора в схемах кадровой развертки. Поясните работу принципиальной схемы рис. 1.8
4. Расскажите об особенностях формы сигнала кадровой развертки. Для чего необходима S – коррекция?
5. Поясните работы схем рис. 2.2 — 2.8 выходных каскадов кадровой развертки.
6. Расскажите о работе выходного каскада кадровой развертки с токовой стабилизацией.
7. Поясните работу принципиальной схемы модуля кадровой развертки МК-1-1 рис. 4.3 и 5.1, используемого в качестве объекта исследования в учебной установке.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1 Ельяшкевич С. А. Цветные стационарные телевизоры и их ремонт. — М. Радио и связь, 1986 — 223 с

2 Бриллиантов Д. П. Экономичные генераторы телевизионной развертки — М. Радио и связь, 1982 — 212 с

3 Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника — М. Мир, 1982 — 397 с

4 Ельяшкевич С. А., Кишиневский С. Э. Блоки и модули цветных телевизоров — М. Радио и связь, 1982 — 181 с

5 Ельяшкевич С. А., Мосолов А. Ф., Пескин А. Е., Филлер Д. Я. Ремонт и регулировка цветных телевизоров блочно-модульной конструкции — М. Изд-во ДОСААФ СССР, 1985 — 128 с

6 Баскир И. Н. Бестрансформаторные транзисторные схемы кадровой развертки — М. Радио и связь, 1983 — 62 с

7 Телевизоры «Электрон Ц» типа ЗУСЦТ «Электрон Ц-280Д» (280) «Электрон Ц 380Д/380» «Электрон Ц-275Д/275», «Электрон Ц-3-Д/382», «Электрон Ц 383Д/383» Инструкция по ремонту — Львов. Облпрофиздат, 1987 — 232 с

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»