

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



**РТТУЛ-4**

**ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ  
ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ.**

Тула, 2010 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ.

Цель работы: исследовать теоретические принципы построения схемы видеоусилителя, экспериментально определить параметры входных и выходных импульсов в контрольных точках схемы.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

#### Введение.

Для усиления видеосигнала служит широкополосный усилитель с полосой пропускания, простирающейся от постоянного тока (0 Гц) до частоты 5,5 МГц. Этот усилитель обеспечивает выходной сигнал для питания катода ЭЛТ. Его частотная характеристика должна быть такой, чтобы сохранялись относительные фазы всех частот по всему диапазону. Другими словами, изменения фаз между входом и выходом на всех частотах должны быть одинаковыми.

#### Частотная характеристика.

Типичная частотная характеристика усилителя с общим эмиттером показана на рис. 1.1. Отсутствие спада на низкочастотном конце полосы пропускания достигается с помощью непосредственной связи. Спад на высокочастотном конце преодолеть труднее. Спад на верхнем конце полосы пропускания обусловлен паразитными емкостями  $C_{bc}$  и  $C_{ce}$  (рис. 1.2). Входная емкость  $C_1$  следующей ступени, сама трубка, оказывают аналогичное действие. Эти емкости можно объединить и представить емкостью одного конденсатора  $C_t$  включенного параллельно выходу (рис. 1.3). Воздействие емкости  $C_t$  на коэффициент усиления усилителя зависит от ее реактивного сопротивления  $X_t$ , которое изменяется с частотой  $f$  входного сигнала:

$$X_t = \frac{1}{2\pi f C_t}$$

На низких и средних частотах сопротивление  $X_t$  достаточно велико и не влияет существенно на коэффициент усиления. С увеличением частоты  $X_t$  уменьшается, начинает шунтировать выход и влиять на коэффициент усиления. На частоте, соответствующей уровню усиления 3 дБ,  $X_t$  равно  $R_L$  и выходная мощность падает до половины мощности на частоте середины полосы пропускания. Можно применять транзисторы с высокими частотами среза, тем не менее необходимую ширину полосы пропускания видеоусилителя нельзя получить, не применяя соответствующих корректирующих цепей для компенсации спада на верхнем конце полосы пропускания. Существуют три широко используемых способа высокочастотной коррекции.

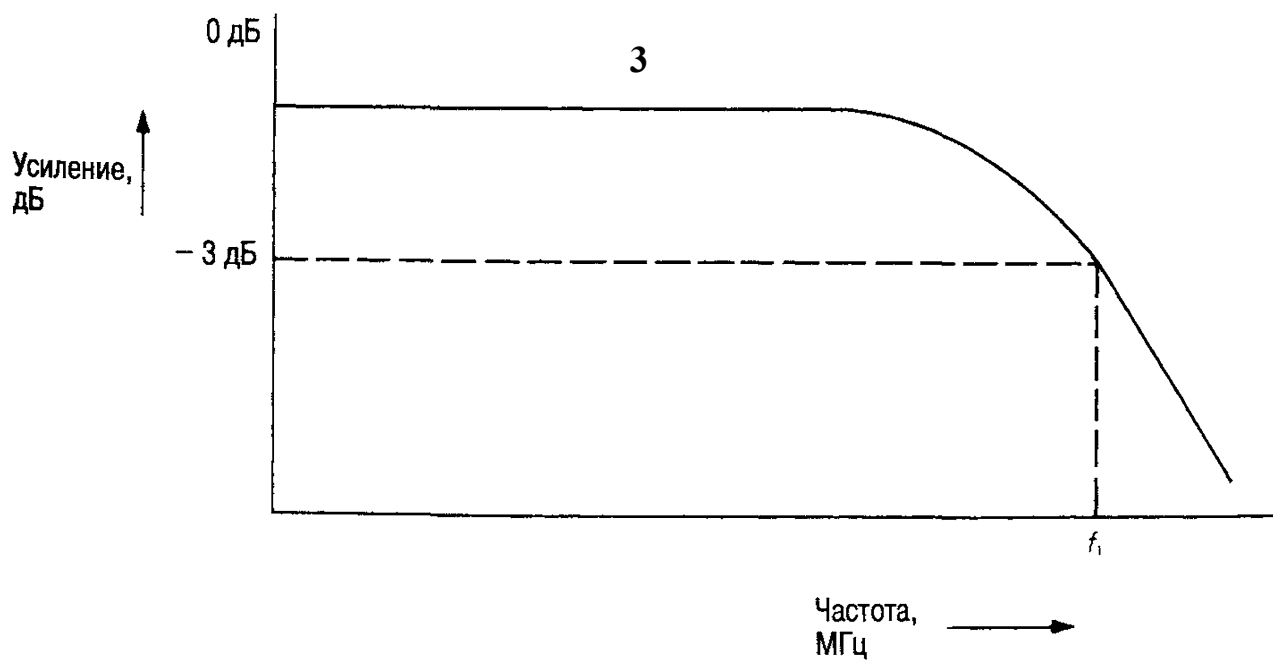


Рис. 1.1 Частотная характеристика усилителя с общим эмиттером.

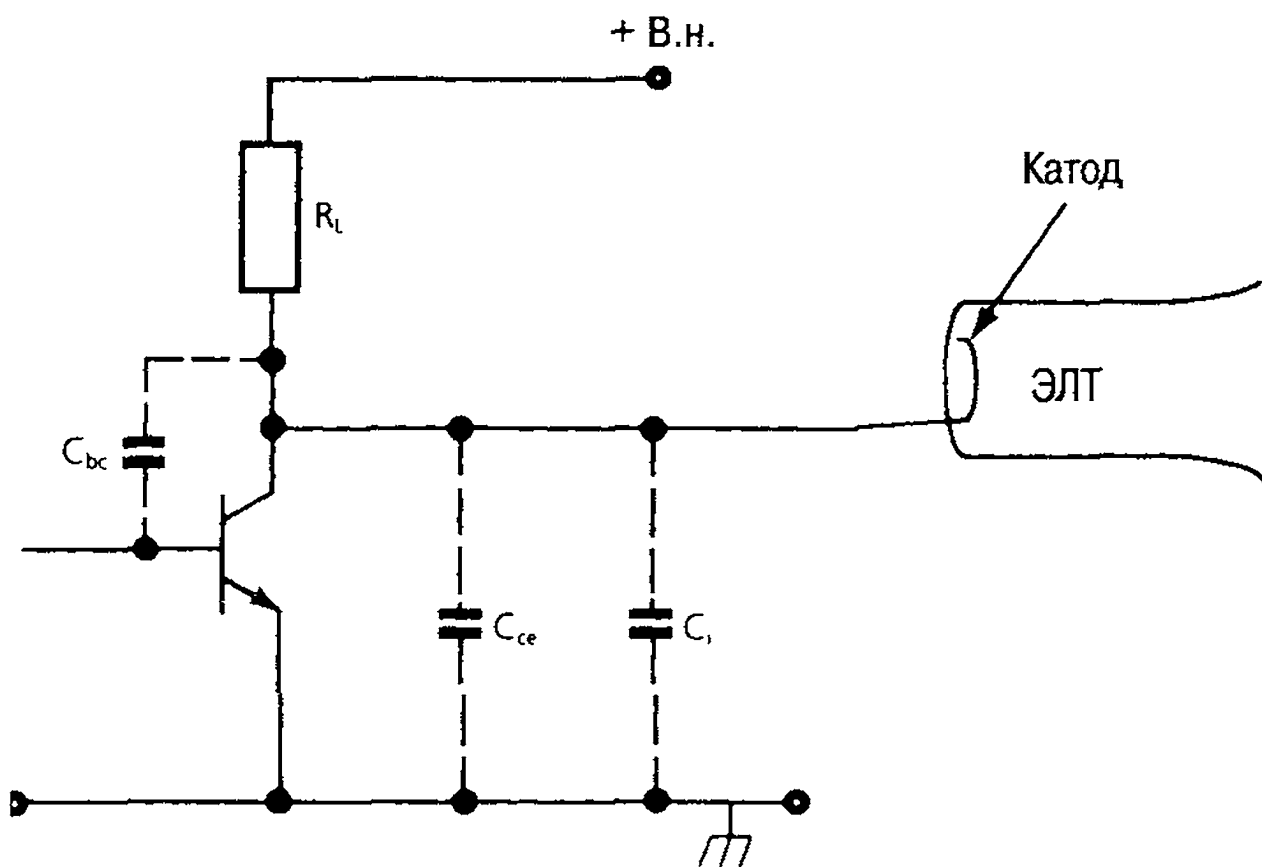


Рис. 1.2

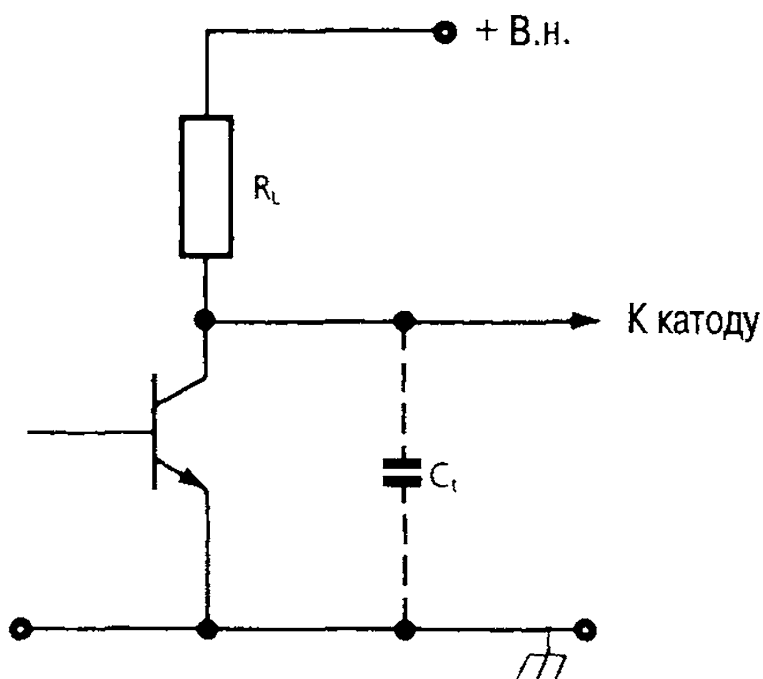


Рис. 1.3

### Коррекция небольшим $R_L$ .

При использовании небольшого нагрузочного резистора  $R_L$  частота  $f_L$  соответствующая уровню усиления 3 дБ, увеличивается, и полоса пропускания усилителя расширяется. Однако этот способ имеет ограниченное применение, поскольку увеличивается мощность, рассеиваемая транзистором:

$$(\text{рассеиваемая мощность}) = (\text{подаваемая мощность постоянного тока}) - (\text{мощность выходного переменного сигнала}).$$

Имеем

$$(\text{подаваемая мощность постоянного тока}) = I_c \times (\text{высокое напряжение}),$$

где  $I_c$  – ток коллектора, высокое напряжение – напряжение питания постоянного тока. Изменение  $R_L$  не влияет на  $I_c$ , и подаваемая мощность постоянного тока не меняется. Однако при уменьшении сопротивления нагрузочного резистора будет уменьшаться мощность выходного переменного сигнала и, следовательно, увеличиваться мощность, рассеиваемая транзистором.

### Индуктивная коррекция.

В этом способе последовательно с нагрузочным резистором включается, как показано на рис. 1.4,а, так называемая катушка индуктивности параллельной коррекции  $L_p$ . Она подключается, по существу, к шунтирующей емкости  $C_b$  (рис. 1.4,б). На низких и средних частотах реактивное сопротивление катушки чрезвычайно мало и не оказывает никакого влияния на

выходной сигнал. На высоких частотах катушка начинает резонировать с емкостью  $C_t$ , поднимая частотную характеристику в соответствии с рис. 1.5. Слишком резкий подъем характеристики подавляется соответствующим выбором индуктивности, а также демпфирующим влиянием нагрузочного резистора  $R_L$  на резонансный контур.

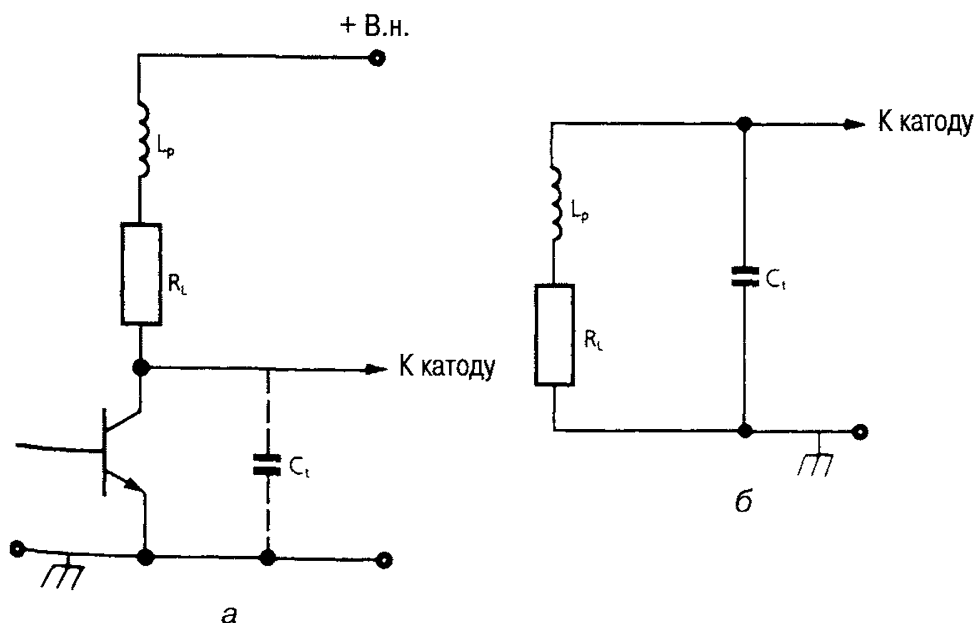


Рис. 1.4 Индуктивная коррекция. *а* — принципиальная схема; *б* — эквивалентная резонансная схема.

Похожий эффект можно получить, используя катушку индуктивности последовательной коррекции  $L_s$  (рис. 1.6). В данном случае корректирующая катушка индуктивности делит весь шунтирующий конденсатор условно на две части:  $C_1$ , которая представляет собой паразитную емкость транзистора; и  $C_2$ , представляющую собой входную емкость ЭЛТ. Цепь  $C_1 L_s C_2$  функционирует как фильтр нижних частот, который можно рассчитать таким образом, чтобы на высокочастотном конце полосы пропускания усилителя бы такой же подъем, как при использовании катушки индуктивности параллельной коррекции.

Во многих практических случаях для обеспечения ровной высокочастотной характеристики используют и параллельную и последовательную коррекцию.

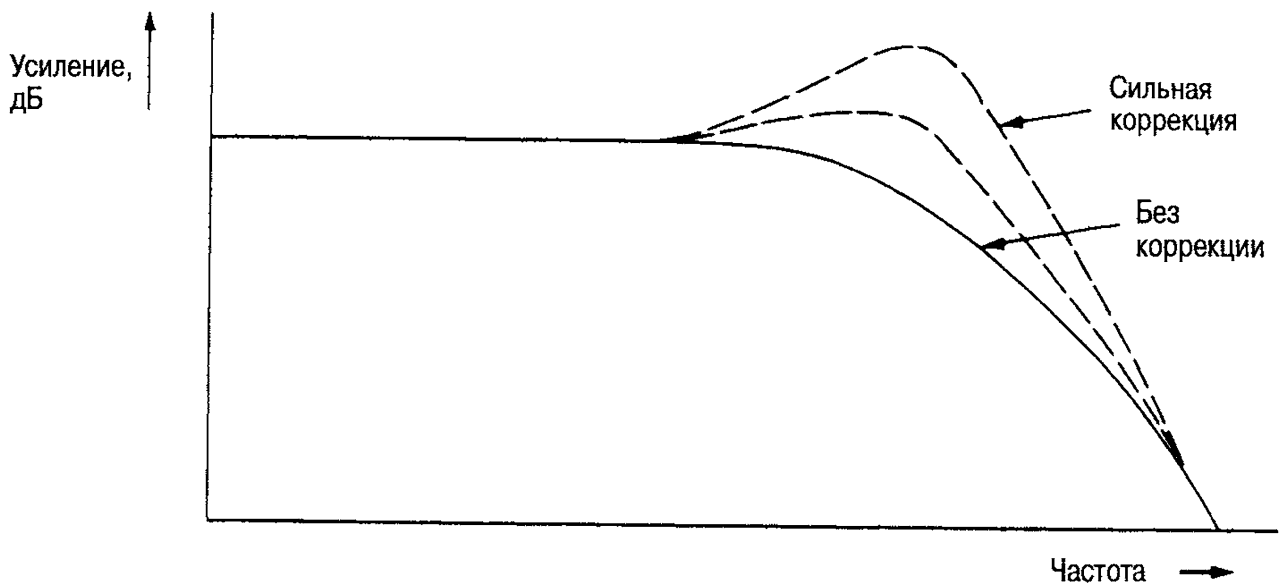


Рис. 1.5 Влияние частотной коррекции на частотную характеристику.

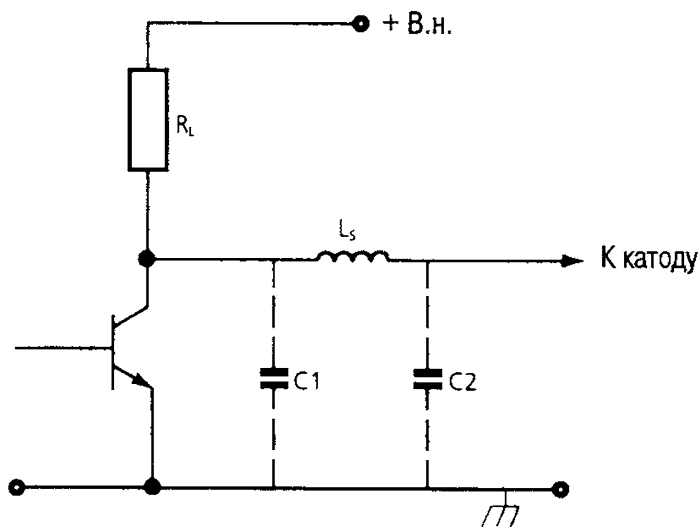


Рис. 1.6 Включение в схему катушки индуктивности последовательной коррекции

### Частотно-зависимая отрицательная обратная связь.

Главный принцип, лежащий в основе этого способа, заключается в том, чтобы устроить отрицательную обратную связь с помощью эмиттерного резистора, которая постепенно исчезает по мере того, как частота приближается к верхнему краю частотной характеристики. Реализация этого способа связана с выбором эмиттерного развязывающего конденсатора, который на низких и средних частотах не обеспечивает достаточной развязки. Частичная развязка очень проста и чрезвычайно популярна. Однако она вызывает снижение общего коэффициента усиления усилителя.

Развязывающий конденсатор  $C1$ , показанный на рис. 1.7,а, должен иметь небольшую емкость (820 пФ вместо обычных 100 мкФ). На высокой частоте реактивное сопротивление  $C1$  весьма мало по сравнению с сопротивлением эмиттерного резистора  $R1$ . Отрицательная обратная связь, следовательно, исчезает, и коэффициент усиления становится высоким. На низких частотах реактивное сопротивление  $C1$  увеличивается, и степень развязки уменьшается. Устанавливается отрицательная обратная связь, которая уменьшает коэффициент усиления. Частотную характеристику можно еще более сгладить, добавляя, как показано на рис. 1.7,б, последовательно с конденсатором  $C1$  резистор  $R2$ .

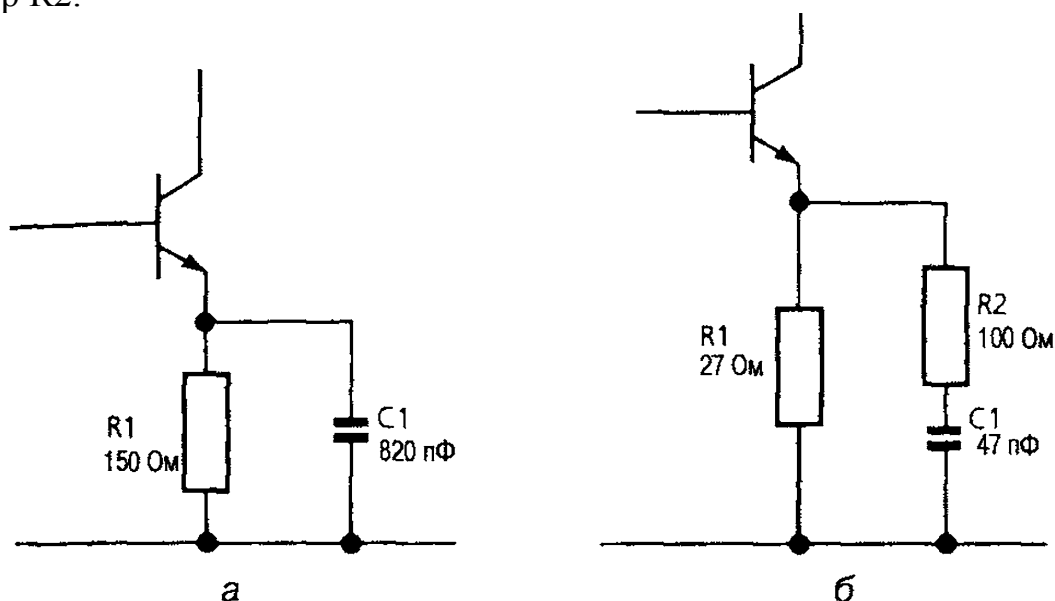


Рис. 1.7 Частотно-зависимая развязка.

### Возбуждение ЭЛТ.

Возбуждение электроннолучевой трубки можно осуществлять с помощью *катодной модуляции*, при которой видеосигнал поступает на катод, или с помощью *сеточной модуляции*, при которой видеосигнал поступает на сетку. Сеточная модуляция менее чувствительна и требует поэтому видеосигнал большей амплитуды по сравнению с катодной модуляцией. В современных ТВ-приемниках используется, как правило, катодная модуляция; для не требуется инверсное представление видеосигнала, при котором пик белого представляется минимальным катодным напряжением.

### Непосредственная связь по видеосигналу.

Для получения инверсного сигнала на выходе на вход усилителя необходимо подавать прямой сигнал. Прямой сигнал формируется посредством детектирования отрицательного полупериода модулированной ПЧ (рис. 1.8). Как можно видеть, детектированный сигнал является полностью отрицательным с пиком белого, находящимся на максимальном уровне или на нуле.

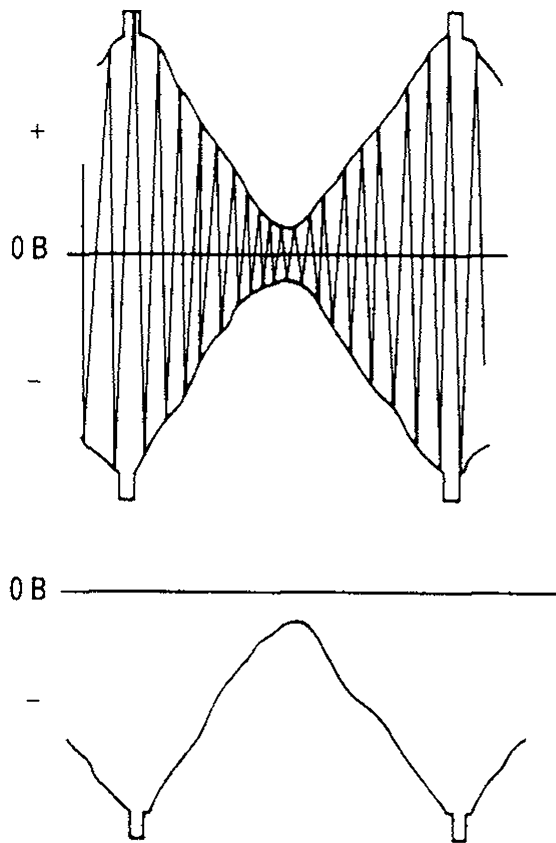


Рис. 1.8

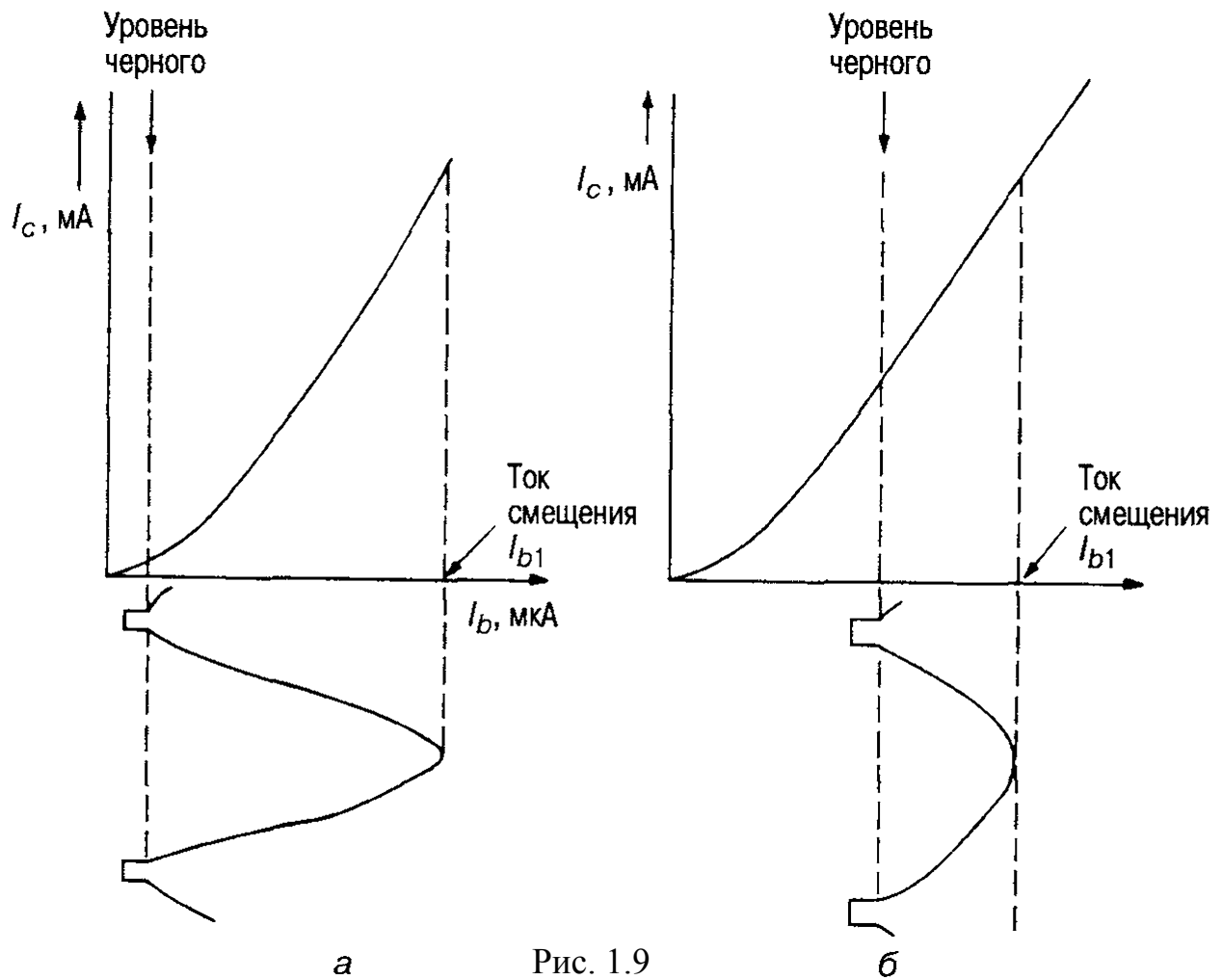


Рис. 1.9



Если этот сигнал непосредственно подается на усилитель видеосигнала, то требуется большое положительное смещение, чтобы транзистор находился в проводящем состоянии на всех уровнях выше черного с максимальным током на пике белого. Это показано на рис. 1.9,а, где  $I_{b1}$  — требуемый ток смещения. Такое устройство потребляет слишком много электроэнергии, выделяет много тепла и имеет малый срок службы транзистора, поскольку транзистор даже в отсутствие сигнала работает на максимальном токе. Непосредственная связь обладает и другим недостатком: низкие амплитуды сигнала, обусловленные снижением контрастности, приводят к полному открытию транзистора (рис. 1.9,б). Несмотря на то что пик белого по-прежнему представляется максимальным током, ток уровня черного увеличивается. Этот недостаток можно устранить, используя устройство управления контрастностью, которое изменяет смещение транзистора таким образом, что ток уровня черного остается постоянным. На рис. 1.10 показана распространенная схема усилителя видеосигнала, в которой RV1 — устройство управления контрастностью, задающее смещение транзистора. Применена частичная эмиттерная развязка R4C1; вместе с катушкой индуктивности параллельной коррекции она обеспечивает высокочастотную коррекцию. Чтобы обеспечить большую амплитуду выходного сигнала, усилитель видеосигнала должен использовать дополнительный источник питания напряжением 60—100 В.

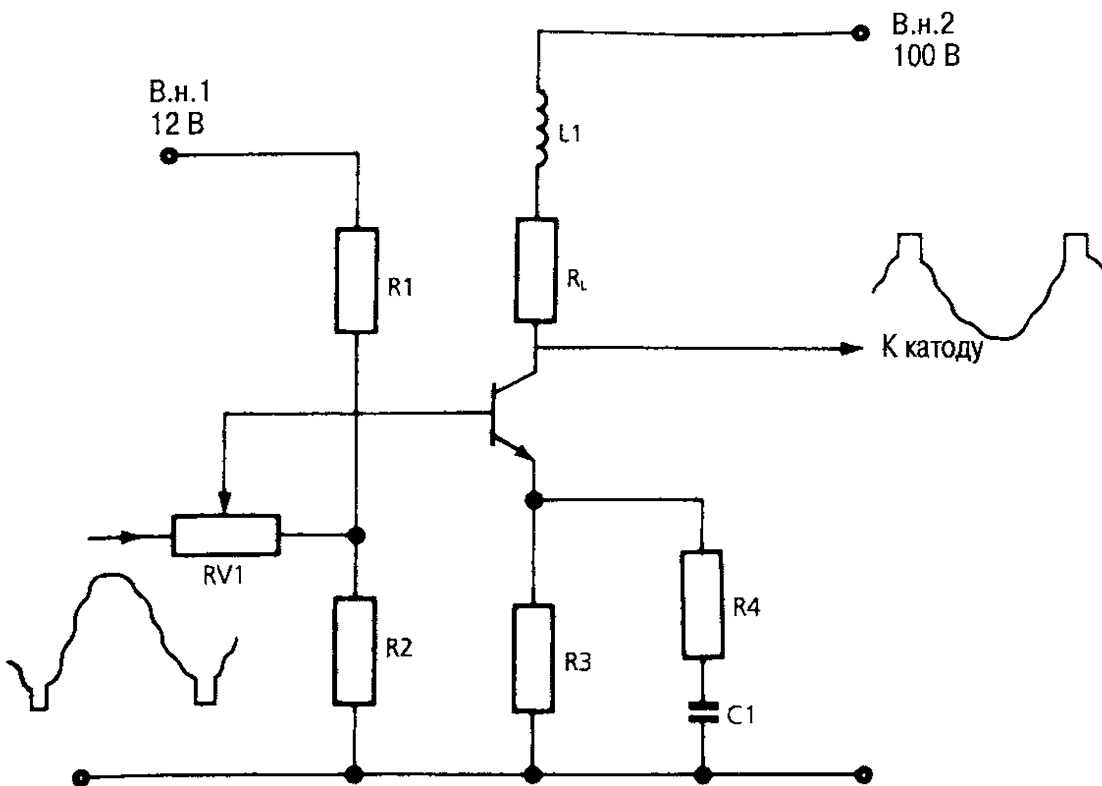


Рис. 1.10 Видеоусилитель с непосредственной связью по видеосигналу.

### Связь по переменному току.

Связь по переменному току позволяет преодолеть недостатки непосредственной связи. Она удаляет постоянную составляющую из видеосигнала, что позволяет перевести транзистор в режим работы со смещением в классе А, т. е. в середину его характеристики. На первый взгляд может показаться, что с точки зрения хода низкочастотной части характеристики недостатком усилителя является постоянная времени, которая образуется в результате введения конденсатора связи. Однако эту постоянную времени можно использовать для уменьшения влияния искажений на сигнал.

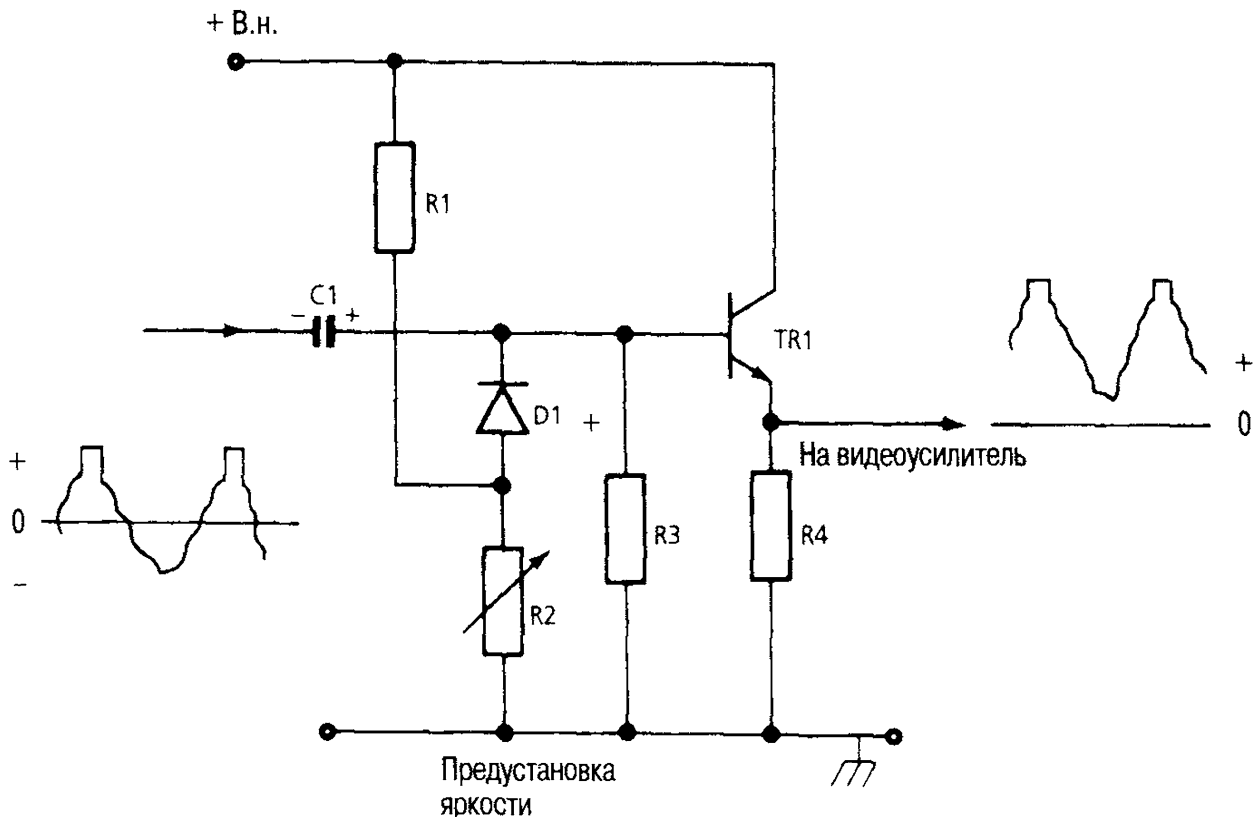


Рис. 1.11 Видеоусилитель со связью по переменному току.

Постоянная составляющая видеосигнала представляет среднюю яркость изображения, и ее следует восстановить перед поступлением сигнала на ЭЛТ. Восстановление постоянной составляющей осуществляется путем использования схемы фиксации уровня черного.

Схема, использующая связь по переменному току, показана на рис. 1.11. На этой схеме TR1 — каскад эмиттерного повторителя, включенный между детектором и усилителем видеосигналов. Видеосигнал от детектора изображения подается на базу видеоусилителя TR1 через конденсатор C1. D1 — фиксирующий диод; уровень постоянной составляющей устанавливается потенциометром R2. Работа схемы восстановления постоянной составляющей основана на том обстоятельстве, что в течение отрицательного полупериода входного сигнала D1 находится в проводящем состоянии, а конденсатор связи C1 заряжается в соответствии с указанной на рисунке полярностью. Во время

положительного полупериода диод D1 смещается в обратном направлении, предотвращая разряд C1 через резистор R2. Этот конденсатор может разряжаться только через R3. Если постоянная времени цепи C1R3 достаточно велика, следующие друг за другом положительные полупериоды создают заряд на C1, придавая сигналу положительный уровень постоянного тока. Цепь резисторов R1/R2 обеспечивает смещение диода D1 в прямом направлении; это поднимает уровень видеосигнала выше 0 В на величину, которая задается резистором предустановки яркости R2.

### Фиксация уровня черного

Описанная выше простая схема восстановления постоянной составляющей имеет один недостаток, который заключается в том, что уровень постоянной составляющей на ее выходе определяется средним значением входного сигнала, зависящим от амплитуды видеосигнала. Следовательно, на уровень черного могут влиять изменения интенсивности сигнала (например, при переключении каналов), а также информационное содержимое видеосигнала. Чтобы избежать этого, фиксация уровня черного выполняется в течение интервала гашения обратного хода луча строчной развертки. Схемы фиксации возбуждаются импульсом строчной развертки, вырабатываемым схемой строчной развертки. Уровень постоянной составляющей устанавливается в начале каждой активной строки изображения и при сравнительно большой постоянной времени остается постоянным независимо от информационного содержимого сигнала. Фиксация уровня черного особенно важна для цветных приемников, в которых для возбуждения трех катодов цветной трубки используются три независимых сигнала — красный, зеленый и синий.

### Регулировка контрастности

Контрастность изображения на экране ЭЛТ может изменяться путем изменения напряжения АРУ. Этот способ связан с изменением коэффициента усиления ступеней ПЧ и усилителя видеосигнала; поэтому он используется только как средство предустановки контрастности. Регулировка контрастности, доступная пользователю, получается посредством изменения амплитуды сигнала, подаваемого на трубку. Это можно осуществить, включая последовательный переменный резистор RV1 на входе усилителя видеосигнала (рис. 1.10). Другой способ заключается в изменении величины эмиттерной развязки (рис. 1.12); полная развязка достигается когда движок перемещается на самый верх переменного резистора R1 для

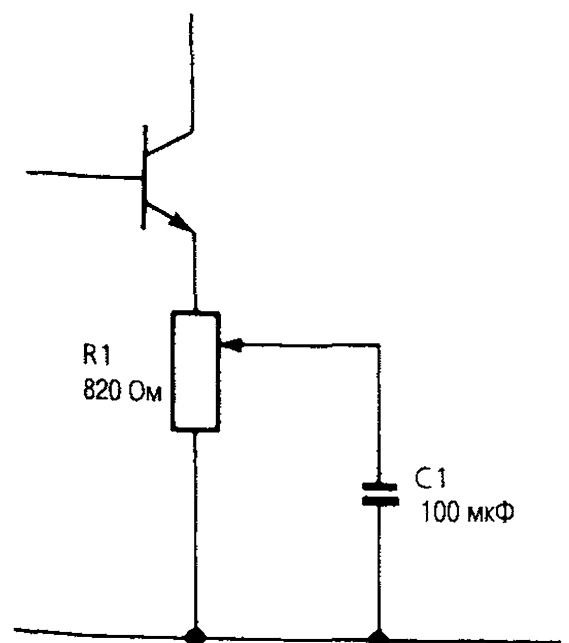


Рис. 1.12

получения максимального коэффициента усиления, максимального выходного сигнала и, следовательно, максимальной контрастности. По мере перемещения движка к земле степень развязки уменьшается, вводится отрицательная обратная связь, уменьшается коэффициент усиления, уменьшается выходной сигнал и уменьшается контрастность.

### **Защита от пробоя**

Появление высокого напряжения внутри трубки иногда приводит к пробоем между электродами. Это явление наиболее вероятно в цветных трубках, где напряжение достигает 25 кВ. Большие переходные токи, возникающие в результате таких пробоев, могут привести к повреждению внешних по отношению к трубке компонентов схемы. Для защиты внешней схемы между высоковольтными электродами, например первым анодом или фокусирующими электродами, и землей включаются конденсаторы или искровые разрядники, отводящие переходной ток.

### **Гашение обратного хода луча**

В идеале строчные и кадровые линии обратного хода луча должны находиться ниже уровня черного видеосигнала, так чтобы они не были видны на экране. Однако при определенных условиях, в частности чрезмерной яркости линия обратного хода луча может стать видимой и должна быть погашена. Подавление обратного хода луча осуществляется путем выключения ЭЛТ на время обратного хода в строке или в кадре. Этот прием называется гашением обратного хода луча. Самый простой способ гашения заключается в подаче инверсных импульсов синхронизации строчной и кадровой разверток на первую сетку ЭЛТ для выключения трубки. Второй способ заключается в подаче импульсов синхронизации на видеоусилитель для выключения транзистора и формирования уровня черного на катоде ЭЛТ в течение обратной хода луча (рис. 1.13). На базу усилителя гашения TR1 через цепи R1C1 и R2C2 поступают инверсные строчные и кадровые импульсы синхронизации. Транзистор TR1 смещается в область насыщения при низком напряжении на его коллекторе (около 1 В), ниже напряжения эмиттера TR2. Диод D2 смещается, таким образом, в обратном направлении, работая как разомкнутая цепь. При поступлении импульса синхронизации напряжение на базе TR1 снижается и транзистор выключается. Напряжение коллектора TR1 поднимается до напряжения питания, диод D2 переходит в проводящее состояние, и на эмиттер видеоусилителя поступают импульсы положительно полярности. На время действия импульса напряжение эмиттера TR2 остается выше, чем его базы, в результате чего напряжение на коллекторе TR2 (и на катоде ЭЛТ) не достигает 120 В. Следовательно, происходит гашение трубки



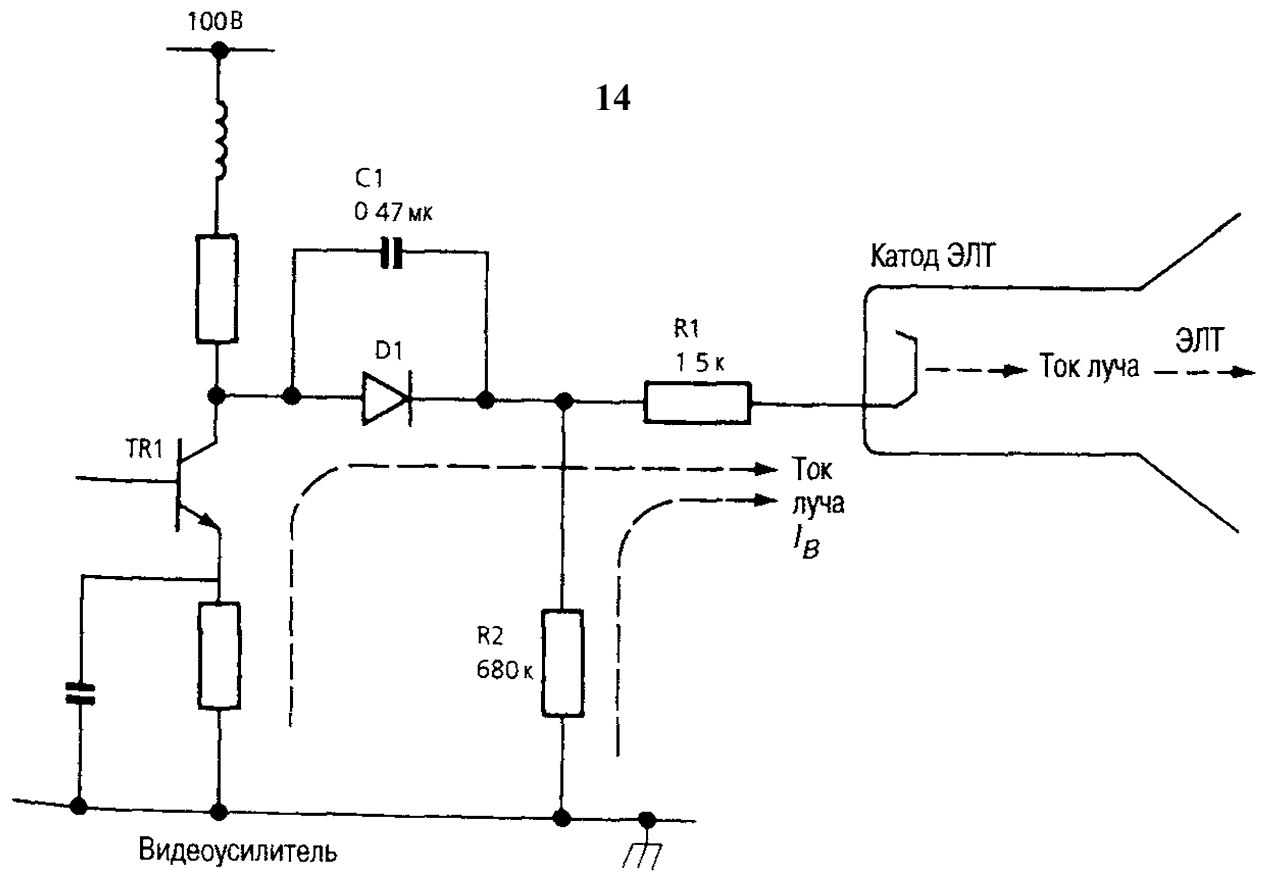


Рис. 1.14 Ограничение тока луча. D1 — ограничительный диод.

### Типы выходных каскадов видеоусилителей.

**Каскад с резистивной нагрузкой.** Обычно усилитель выполняют по схеме с общим эмиттером (Рис. 2.2, а). При подаче на базу положительного скачка напряжения транзистор открывается и разряжает емкость нагрузки  $C_n$ . Длительность фронта в выходном сигнале определяется частотными свойствами транзистора и сокращается при использовании корректирующих цепей и отрицательной обратной связи. Когда же на базу поступает отрицательный перепад напряжения и транзистор закрывается, скорость зарядки  $C_n$  определяется только сопротивлением нагрузки  $R_n$  и напряжением питания  $E_0$  и не зависит от параметров транзистора. Максимальное сопротивление резистора нагрузки определяется следующим соотношением:

$$R_n \leq -t_{\phi} / [C_{вых} \ln(1 - k)], \quad (7.1)$$

где  $t_{\phi}$  — требуемая длительность фронта;  $C_{вых}$  — сумма емкости нагрузки, выходной емкости транзистора и емкости монтажа видеоусилителя;  $k$  — коэффициент, учитывающий, насколько уровень черного  $E_c$  близок к напряжению питания  $E_0$ :

$$k = 1 / [1 + (E_0 - E_c) / U_{mod}]. \quad (7.2)$$

Чем большим выбрано напряжение питания, тем меньше получается  $k$ , а значит, при том же  $R_n$  длительность фронта  $t_{\phi}$  уменьшается.

Пусть, как на Рис. 2.1,  $E_c = 190$  В,  $E_0 = 220$  В,  $U_{mod} = 75$  В, емкость нагрузки  $C_n = 14$  пФ, емкость транзистора 4 пФ, емкость монтажа 3 пФ, требуемая длительность фронта  $t_{\phi} = 150$  нс. Тогда  $k = 0,714$ ;  $R \geq -150 \cdot 10^{-9} / (14 + 4 + 3) \cdot 10^{-12} \ln 0,286 = 5,7$  кОм.

$$R_n \geq -150 \cdot 10^{-9} / (14 + 4 + 3) \cdot 10^{-12} \ln 0,286 = 5,7 \text{ кОм}$$

На Рис. 2.2, б показаны графики зависимости рассеиваемой в элементах усилителя мощности от положения рабочей точки. В транзисторе наибольшая мощность рассеивается, когда напряжение на нем равно половине напряжения питания:

$$P_{\text{тmax}} = E_0^2 / (4R_n) = 220^2 / (4 \cdot 5,7 \cdot 10^3) = 2,12 \text{ Вт.}$$

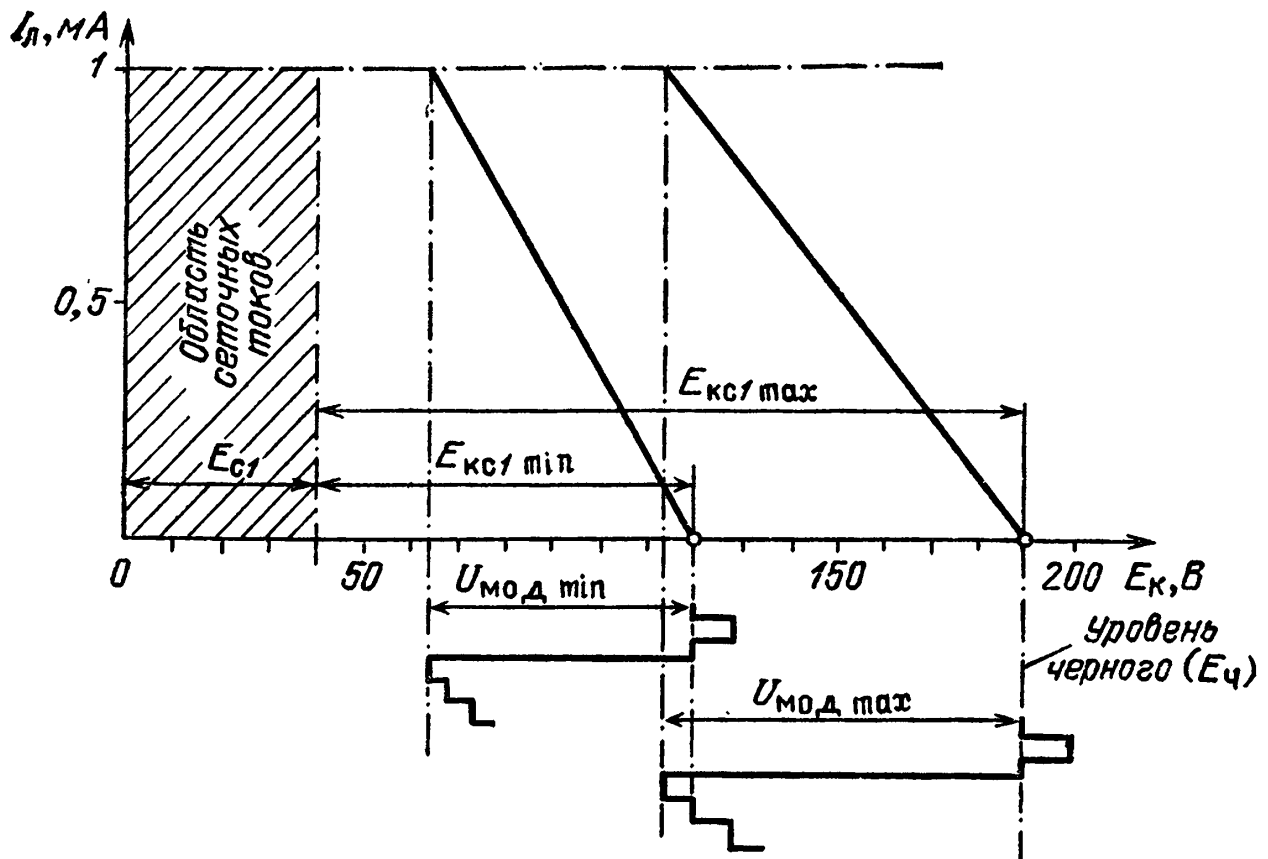


Рис. 2.1

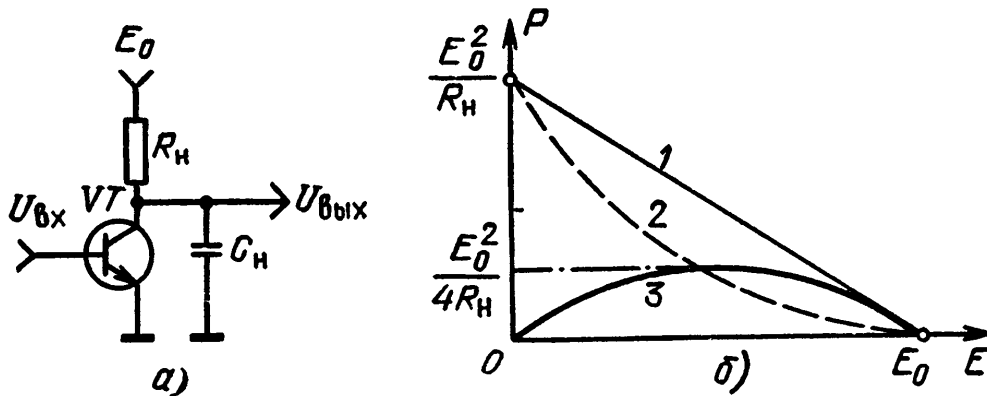


Рис. 2.2. Выходной каскад видеоусилителя с резистивной нагрузкой: а — электрическая схема; б — зависимость рассеиваемой мощности от положения рабочей точки (1 — суммарная мощность потерь; 2 — потери в нагрузке; 3 — потери в транзисторе)



В видеоусилителе в целом максимальная мощность рассеивается при передаче уровня белого:

$$P_6 = E_0 (U_{mod} + E_0 - E_u) / R_H, \quad (7.3)$$

$P_6 = 220(75 + 220 - 190) / 5,7 \cdot 10^3 = 4,05$  Вт, или более 12 Вт для всех трех видеоусилителей. При этом в резисторе нагрузки рассеивается:  $P_R = (U_{mod} + E_0 - E_u) / R_H = 1,93$  Вт. Мощность, потребляемая в режиме передачи черного, находится по формуле (7.3) при условии  $U_{mod} = 0$ :

$$P_u = E_0 (E_0 - E_u) / R_H = 220(220 - 190) / 5,7 \cdot 10^3 = 1,15 \text{ Вт.}$$

Для уменьшения потребляемой усилителем мощности напряжение питания следует выбирать минимально возможным.

**Каскад с активной нагрузкой.** Видеоусилитель выполняется на двух транзисторах *n-p-n* (Рис. 2.3, а). Транзистор *VT1* включен по схеме с общим эмиттером, *VT2* образует эмиттерный повторитель. Так как эмиттерный повторитель отделяет емкость кинескопа  $C_H$  от коллектора *VT1*, сопротивление *R1* может быть существенно увеличено без ущерба для частотных свойств видеоусилителя. В результате снижается потребляемая усилителем мощность. При подаче на вход отрицательного перепада напряжения *VT1* закрывается, напряжение на его коллекторе увеличивается и емкость нагрузки быстро заряжается через малое выходное сопротивление эмиттерного повторителя. Когда на вход усилителя поступает положительный скачок напряжения, *VT1* переходит в режим насыщения, напряжение на его коллекторе падает и  $C_H$  быстро разряжается через диод *VD* и транзистор *VT1*. Поэтому в видеоусилителе с активной нагрузкой длительности фронта и среза выходных импульсов могут быть сделаны одинаковыми. Длительность фронта ограничена скоростью зарядки емкости *C1* (Рис. 2.3 а) через резистор нагрузки *R1*. Конденсатор *C1* состоит из емкостей коллектор — база транзисторов *VT1* и *VT2*, емкости диода *VD* и монтажной емкости точки *a* относительно земли.

Максимальное значение *R1* определяется по формуле (7.1). Пусть коллекторно-базовые емкости транзисторов составляют 1,8 пФ, емкость диода 1 пФ, емкость монтажа 3 пФ, а режим работы усилителя такой

же, как в предыдущем расчете. Тогда

$$R1_{max} \leq - \frac{150 \cdot 10^{-9}}{(1,8 + 1,8 + 1,0 + 3) 10^{-12} \ln 0,286} = 15,7 \text{ кОм.}$$

Ближайшее стандартизованное значение 15 кОм.

Мощность, рассеиваемая в  $VT1$  и  $R1$ , максимальна при малых  $U_{вых}$ . Наоборот, мощность, рассеиваемая в  $VT2$  и  $R2$ , максимальна, когда  $VT1$  закрыт и  $U_{вых} = E_0$  (Рис. 2.3 б). В результате суммарная мощность, рассеиваемая в усилителе с активной нагрузкой, относительно мало зависит от положения рабочей точки. Такая особенность упрощает требования к источнику питания. Максимальные мощности, рассеиваемые транзисторами в статическом режиме, как и для обычного усилителя, получаются при  $U_{вых} = E_0/2$ :

$$P_{T1max} = E_0^2 / 4R1 = 220^2 / (4 \cdot 15 \cdot 10^3) = 0,8 \text{ Вт};$$

$P_{T2max} = E_0^2 / 4R2$ . Резистор  $R2$  обычно используется в качестве верхнего плеча делителя отрицательной обратной связи. Значение его выбирается около 70 кОм. Тогда  $P_{T2max} = 220^2 / (4 \cdot 7 \cdot 10^4) = 0,173 \text{ Вт}$ . Общая мощность потерь в режиме передачи белого

$$\begin{aligned} P_6 &= \frac{E_0}{R1} (E_0 - E_u + U_{mod}) + \frac{E_0}{R2} (E_u - U_{mod}) = \\ &= \frac{220}{15 \cdot 10^3} (220 - 190 + 75) + \frac{220}{70 \cdot 10^3} (190 - 75) = 1,9 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

Транзистор  $VT1$  должен быть более мощным, чем  $VT2$ . Мощность, потребляемая в режиме передачи черного:

$$P_ч = \frac{220}{15 \cdot 10^3} (220 - 190) + \frac{220}{70 \cdot 10^3} 190 = 1,0 \text{ Вт}.$$

Таким образом, в усилителе с активной нагрузкой при одинаковых с обычным усилителем частотных свойствах максимальная мощность, потребляемая в статическом режиме, снижается более чем в 2 раза. Практически при конструировании усилителей с активной нагрузкой значение  $R1$  выбирают бóльшим, чем это следует из формулы (7.1), исходя из того, что амплитуды спектральных составляющих видеосигнала уменьшаются с ростом частоты. В результате достигается дополнительное снижение мощности, потребляемой в статическом режиме.

При воспроизведении быстрых изменений входного сигнала кроме статической мощности в транзисторах рассеивается и так называемая динамическая мощность. Наиболее тяжелый режим получается, когда с видеоусилителя снимается синусоидальный сигнал с максимальной амплитудой и на высшей частоте полосы пропускания. В таком режиме транзисторы  $VT1$  и  $VT2$  работают как ключи, перезаряжающие  $C_n$ .

Пусть на выходе видеоусилителя присутствуют постоянная составляющая  $E_{cp}$  и высокочастотный сигнал  $u = U \cos \omega t$ . Тогда через емкость нагрузки будет протекать ток

$$i = C_n \frac{du}{dt} = -I \sin \omega t, \quad (7.4)$$

где  $I = \omega C_n U$ . Через транзисторы  $VT1$  и  $VT2$  будут поочередно проходить положительные и отрицательные полуволны этого тока. В каждом

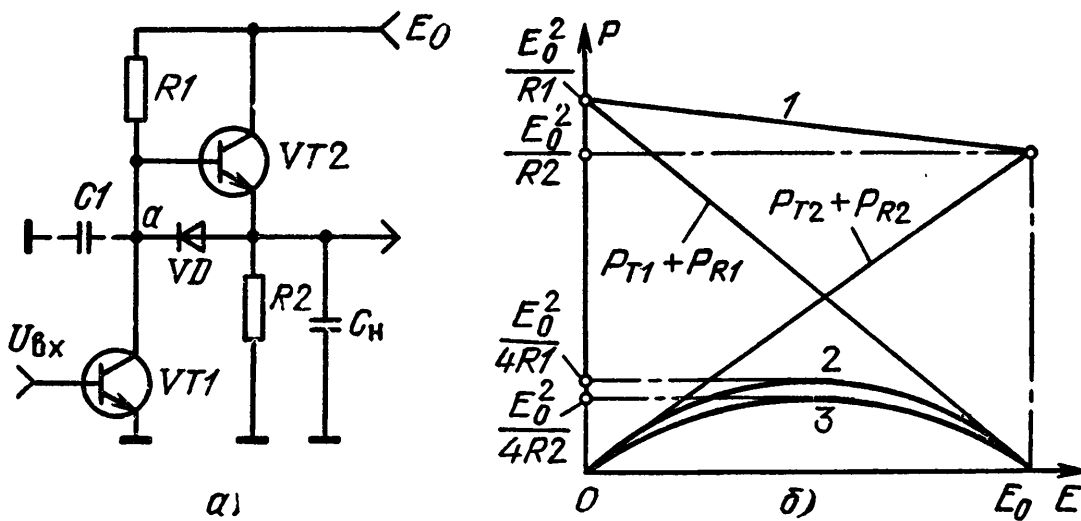


Рис. 2.3 Выходной каскад видеоусилителя с активной нагрузкой: а — электрическая схема; б — зависимость рассеиваемой мощности от положения рабочей точки (1 — суммарная мощность потерь; 2 — потери в  $VT1$  ( $P_{T1}$ ); 3 — потери в  $VT2$  ( $P_{T2}$ ))

транзисторе рассеивается динамическая мощность:

$$P_{\partial} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} I \sin \omega t (E_{cp} + U \cos \omega t) dt = 2C_{\kappa} U E_{cp} f. \quad (7.5)$$

Если  $E_{cp} = 100$  В,  $U = 75$  В,  $C_o = 14$  пФ,  $f = 6$  МГц, то  $P_{\partial} = 2 \cdot 14 \cdot 10^{-12} \times 75/100 \cdot 6 \cdot 10^6 = 1,26$  Вт. Практически высокочастотные составляющие с таким размахом в телевизионном сигнале отсутствуют и динамическая мощность не превышает 200...300 мВт.

Видеоусилитель с активной нагрузкой относительно устойчив к пробоям в кинескопе. Когда в результате пробоя напряжение на выходе видеоусилителя увеличивается, возрастает ток через резистор  $R2$ , входящий в цепь отрицательной обратной связи. Под действием обратной связи транзистор  $VT1$  переходит в режим насыщения и закорачивает катод кинескопа на землю. Поэтому разряд не разрушает элементов устройства. Чтобы при случайных коротких замыканиях нагрузки на корпус не вышел из строя  $VT2$ , в его коллекторную цепь включают защитный резистор 0,5...1,0 кОм.

Мощность, рассеиваемую в элементах видеоусилителя с активной нагрузкой, можно существенно уменьшить, если снизить напряжение источника питания. Это можно сделать, если (см. Рис. 2.1) выбрать  $E_{c1} = 0$  и сократить диапазон регулировки яркости от 25 до 10 В. Тогда напряжение питания снижается от 220 до 170 В. При этом  $P_{T1max} = 170^2 / (4 \cdot 15 \cdot 10^3) = 0,48$  Вт. Статическая мощность, рассеиваемая в транзисторе  $VT1$ , уменьшается почти вдвое.

Как уже было показано, полоса пропускания видеоусилителя с активной нагрузкой в режиме большого сигнала ограничена суммарной емкостью между корпусом и коллектором транзистора  $VT1$ . В режиме малого сигнала полоса пропускания оказывается весьма широкой. На Рис. 2.4 приведена экспериментально измеренная круговая диаграмма коэффициента передачи видеоусилителя с активной нагрузкой в телевизио-

ре «Идеал-кolor 3600» фирмы ИТТ. На этой диаграмме расстояние от центра до текущей точки на кривой соответствует модулю коэффициента передачи, а угол по отношению к положительному направлению горизонтальной оси — фазовому углу коэффициента передачи. Измерения проводились для размаха выходного сигнала 5 В. Фазовый угол коэффициента передачи на низких частотах близок к  $180^\circ$ . С повышением частоты значение фазового угла уменьшается и на частоте около 10 МГц проходит через нуль. Модуль коэффициента передачи при этом остается еще значительным. Поэтому усилители с активной нагрузкой склонны к генерации на частотах 10...20 МГц. Такая генерация не проявляется непосредственно на изображении, но создает помехи радиоканалу как данного телевизора, так и других близко расположенных телевизоров и радиоприемников. Генерация возникает тем легче, чем меньшим выбран ток покоя транзисторов. Борьба с возбуждением сводится к оптимизации монтажа и уменьшению сопротивления  $R_1$ .

**Комплементарные видеоусилители.** Комплементарный видеоусилитель состоит из последовательно включенных транзисторов  $n-p-n$  и  $p-n-p$ . Выходной сигнал снимается с соединенных между собой коллекторов транзисторов. На базы подают синфазные входные сигналы. Положительные полуволны входного сигнала открывают транзистор  $n-p-n$  и разряжают емкость нагрузки  $C_n$ . Отрицательные полуволны входного сигнала открывают транзистор  $p-n-p$  и вызывают зарядку  $C_n$ .

Практически применяют два варианта выполнения комплементарных видеоусилителей. Первый вариант, упрощенная схема которого приведена на Рис. 2.5, а, работает в режиме В. Входной сигнал от предварительного усилителя подается на базу транзистора  $n-p-n$  ( $VT1$ ). Сигнал на базу транзистора  $p-n-p$  ( $VT2$ ) поступает через конденсатор  $C1$ . Смещение на базу транзистора  $VT2$  подается с делителя, образованного резистором  $R1$  и диодом  $VD1$ . Такая схема поддерживает в диапазоне температур начальный ток через  $VT2$ , равный  $I_0 = E_0/R_1$ . Когда на базу  $VT2$  поступает отрицательная полуволна входного сигнала,  $VD2$  закрывается, а ток через  $VT2$  вызывает зарядку  $C_n$  и увеличивает выходное напряжение видеоусилителя. Положительное приращение входного сигнала закрывает  $VT2$  и открывает  $VT1$ , что вызывает уменьшение выходного напряжения. Резисторы  $R2$  и  $R3$  защищают транзисторы при

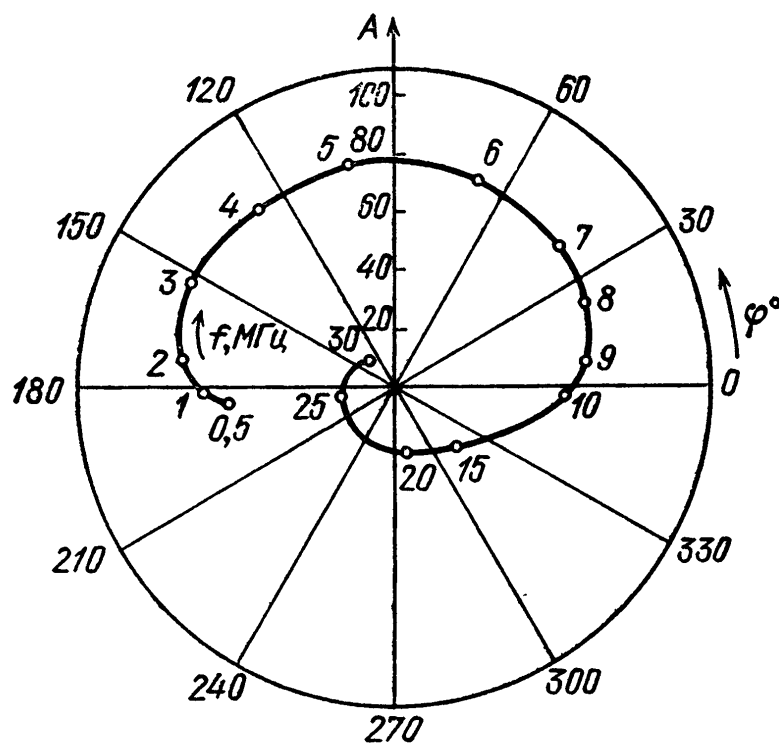


Рис. 2.4. Диаграмма коэффициента передачи видеоусилителя с активной нагрузкой телевизора «Идеал-колор 3600» фирмы ИТТ (транзисторы BF459, предварительный усилитель на микросхеме TDA2530)

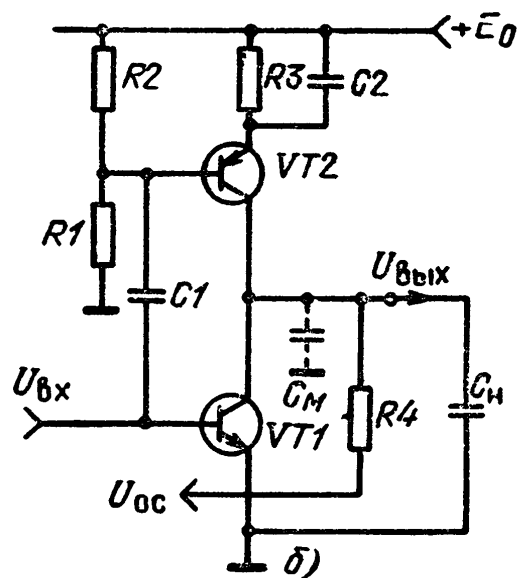
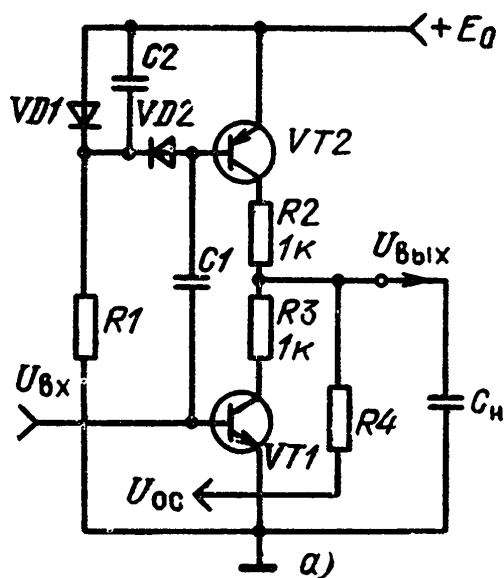


Рис. 2.5 Комплементарные видеоусилители:  
а — усилитель, работающий в режиме В; б — усилитель, работающий в режиме АВ

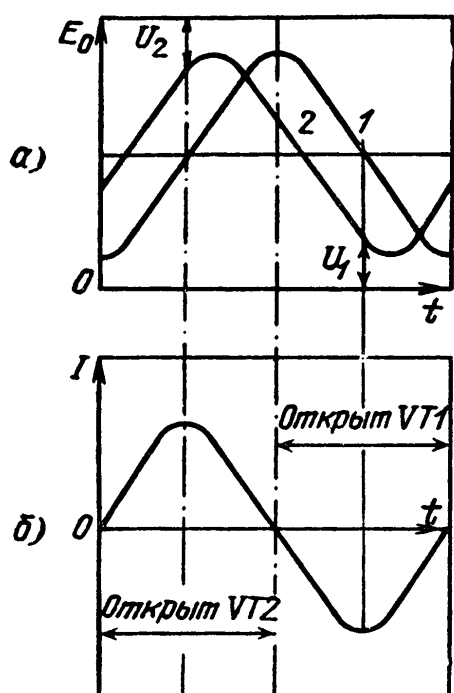


Рис. 2.6 Влияние защитных резисторов на фазу выходного напряжения в комплементарном видеоусилителе:

а — форма напряжения на коллекторах транзисторов (1 — без резисторов, 2 — с резисторами); б — форма тока через нагрузку

случайных замыканий нагрузки на корпус или источник питания.

Введение защитных резисторов  $R2$  и  $R3$  приводит также к некоторому снижению рассеиваемой в транзисторах динамической мощности. Это объясняется тем, что фазовый сдвиг между напряжением на коллекторах транзисторов (Рис. 2.6 а) и током через емкость нагрузки (Рис. 2.6 б) становится меньше  $90^\circ$ . В результате снижается мгновенное значение мощности, рассеиваемой в транзисторах. Для  $VT2$  эта мощность равна произведению мгновенного значения по-

ложительной полуволны тока на мгновенное напряжение, отчитываемое между  $E_0$  и кривой 2, а для  $VT1$  мгновенное значение отрицательной полуволны тока умножается на мгновенное значение напряжения, отчитываемого от нулевого значения до кривой 2 (Рис. 2.6 а).

Через  $R4$  на Рис. 2.5 а на предварительный усилитель подается напряжение отрицательной обратной связи.

Статическая мощность, рассеиваемая в каждом транзисторе, составляет примерно 100 мВт, поэтому транзисторы могут устанавливаться на печатной плате без радиаторов. Динамическая рассеиваемая мощность определяется по формуле (7.5) и при воспроизведении реальных сюжетов не превышает 300 мВт.

Комплементарный видеоусилитель, работающий в режиме В, имеет следующие недостатки: в момент, когда один из транзисторов закрывается, а второй начинает проводить ток, в выходном сигнале образуется «ступенька», создающая искажения; велико паразитное высокочастотное излучение. Поэтому наряду с усилителями класса В получили распространение комплементарные видеоусилители класса АВ [7.2]. Упрощенная схема такого видеоусилителя дана на Рис. 2.5 б. Ток покоя транзистора  $VT2$  задается делителем напряжения  $R1$ ,  $R2$  и резистором  $R3$  в цепи эмиттера. При подаче на вход видеоусилителя синусоидального сигнала через  $VT2$  протекают полуволны тока с амплитудой  $I_{max}$ . Постоянная составляющая тока через  $VT2$   $I_0 = I_{max}/\pi$ . Пусть на выходе усилителя выделяется синусоидальное напряжение  $u = U \cos \omega t$ . Тогда через суммарную выходную емкость  $C_{вых}$  будет проходить ток

$$i = C_{вых} \frac{du}{dt} = -2U\pi f C_{вых} \sin \omega t.$$

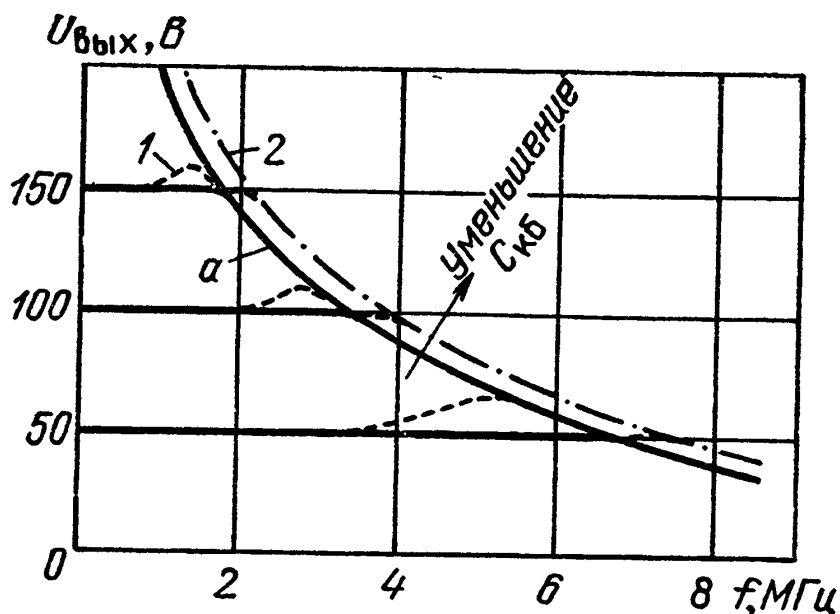
Пиковое значение этого тока составляет  $I_{max} = 2U\pi f C_{вых}$ . Здесь  $2U$  — размах выходного сигнала, который обозначим  $U_{max}$ . Значит,

$$I_0 = I_{max}/\pi = U_{max} f C_{вых}. \quad (7.6)$$

В состав  $C_{вых}$ , как это показано на Рис. 2.5 б, кроме емкости кинескопа с соединительными проводами (14 пФ) входят две емкости коллектор—

Рис. 2.7 Зависимость полосы пропускания комплементарного видеоусилителя от размаха выходного сигнала:

1 — влияние частотной коррекции в цепи отрицательной обратной связи; 2 — влияние уменьшения  $C_{кб}$  транзисторов



база транзисторов ( $2 \cdot 1,8 \text{ пФ}$ ) и монтажная емкость видеоусилителя  $C_m$  ( $3 \text{ пФ}$ ).

Пусть на частоте  $5 \text{ МГц}$  максимальный размах выходного сигнала равен  $50 \text{ В}$ . Тогда ток покоя через  $VT2$  должен составлять

$$I_0 = 50 \cdot 5 \cdot 10^6 (14 + 3,6 + 3) \cdot 10^{-12} = 5,1 \text{ мА}.$$

Длительность фронта и среза в выходном сигнале комплементарного видеоусилителя определяется из соотношения

$$t_{\phi} = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} C_{\text{вых}}. \quad (7.7)$$

При  $U_{\max} = 100 \text{ В}$ ,  $I_{\max} = 15 \text{ мА}$  и  $C_{\text{вых}} = 21 \text{ пФ}$   $t_{\phi} = 140 \text{ нс}$ .

Максимальный размах выходного сигнала в комплементарном видеоусилителе уменьшается с ростом частоты, как это показано на Рис. 2.7. Предельно достижимая полоса пропускания при данном размахе выходного сигнала ограничивается гиперболой  $\alpha$ , ход которой зависит от емкости  $C_{кб}$  примененных в усилителе транзисторов. Чем меньше  $C_{кб}$ , тем больший размах сигнала можно получить. Применение частотно-зависимой отрицательной обратной связи лишь создает подъем в АЧХ, но не меняет полосы пропускания.

### Переходная характеристика видеоусилителя.

Переходная характеристика усилителя показывает, как изменяется напряжение на выходе усилителя при подаче на его вход мгновенного скачка (перепада импульса) напряжения в 1 В. При этом ко входу видеоусилителя подводятся П-образные импульсы (рис. 2.8 а), а усиленный импульс рассматривается на осциллографе (рис. 2.8 б). При его рассмотрении учитываются все искажения, которые вносит видеоусилитель в импульс, и довольно просто оценивается качество работы видеоусилителя.

Каждый импульс характеризуется длительностью, крутизной фронта и спада и вершиной.

По переходной характеристике можно определить:

1. Время нарастания импульса, а следовательно, судить о крутизне фронта. Время нарастания импульса — это то время (рис. 2.8 б,  $t_H$ ), в течение которого напряжение на выходе усилителя нарастает от 0,1 до 0,9 своего установившегося значения  $U_{уст}$ . Понятно, что чем меньше это время, тем круче фронт импульса на выходе усилителя.

2. Время спадания (рис. 2.8 б,  $t_C$ ) обычно равно времени нарастания и характеризует крутизну среза.

3. Выброс выходного напряжения. Выбросом  $h_0$  называется разность между наибольшим и установившимся значениями импульса на выходе усилителя. Чем эта разность больше, тем больше спад вершины и выброс отрицательной полярности  $h_1$ .

По времени нарастания импульса можно судить о качестве воспроизведения границ между деталями различной яркости на изображении: с увеличением времени эти границы размываются и четкость в горизонтальном направлении падает.

Выбросы на переходной характеристике, создаваемые колебательными процессами в схеме, приводят к появлению

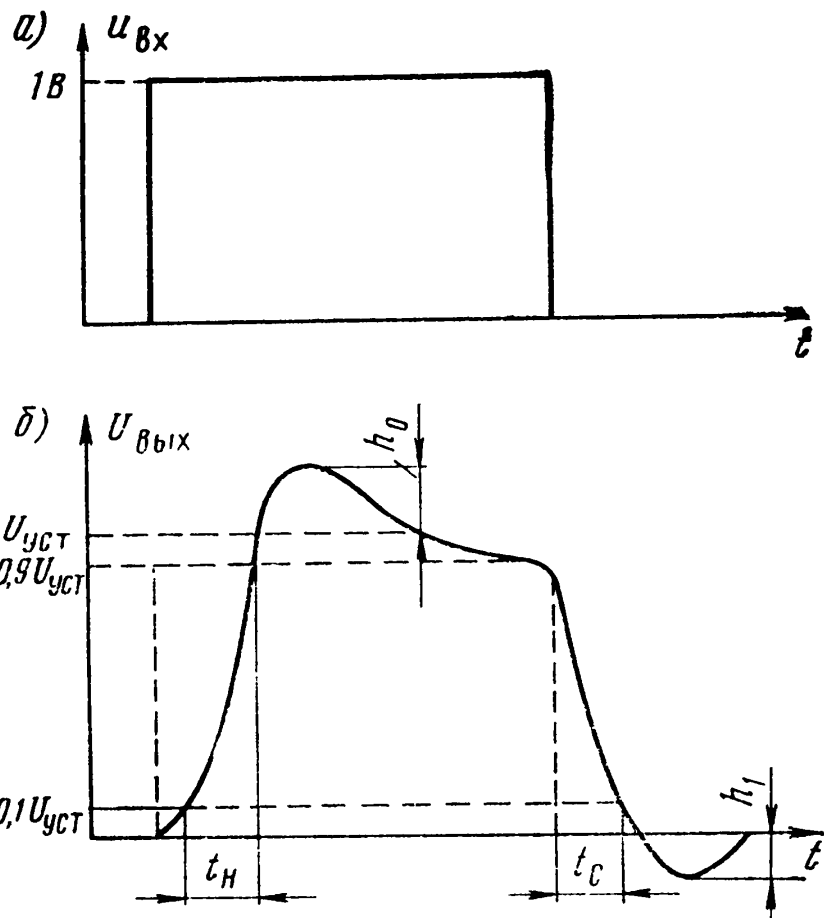


Рис. 2.8 Переходная характеристика усилителя:

а) импульс на входе усилителя; б) импульс на выходе усилителя



окантовок с правой стороны деталей, «пластики» и многоконтурности.

Перекося вершины импульса приводит к искажениям изображения, выражающимся в неравномерном воспроизведении яркостей больших равнотонных участков изображения.

Между методом исследования видеоусилителя по частотной и фазовой характеристикам имеется однозначная связь. Это означает, что данной форме переходной характеристики схемы всегда соответствуют определенные частотная и фазовая характеристики и наоборот.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

### Приборы и оборудование.

Учебная установка представляет собой действующую модель видеусилителя, собранного по типовой схеме рис. 3.1.

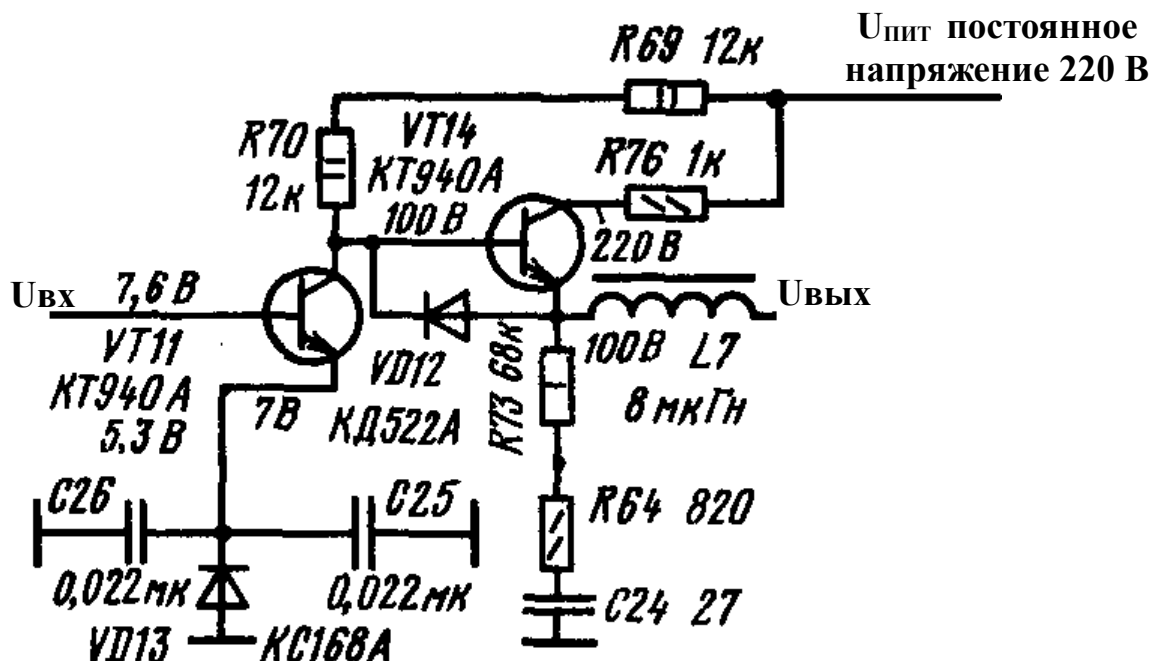


Рис. 3.1 Типовая схема видеусилителя для телевизионных приемников типа ЗУСЦТ.

Видеусилитель является составной частью модуля цветности МЦ-2 цветных телевизоров типа ЗУСЦТ.

Первый каскад ВУ на транзисторе VT11 собран по схеме ОЭ, а второй на транзисторе VT14 — по схеме эмиттерного повторителя. Высокое входное сопротивление каскада на транзисторе VT14 позволило увеличить нагрузку транзистора VT11 (резисторы R70 и R69) до 24 кОм и тем самым уменьшить его коллекторный ток. В то же время малое выходное сопротивление каскада на транзисторе VT14 существенно уменьшило влияние емкости монтажа и междуэлектродной емкости кинескопа на АЧХ ВУ. С нагрузки R73 через дроссель L7 сигнал поступает на катод кинескопа.

Необходимая полоса пропускания и коэффициент усиления выходного каскада обеспечиваются цепью ООС, напряжение которой, снимается с нагрузки транзистора VT14 и поступает через вывод на соответствующую интегральную микросхему в модуле цветности.

Коррекция АЧХ в области ВЧ осуществляется цепью R64C24 и дросселем L7. Диод VD12 обеспечивает быструю разрядку емкости нагрузки, когда транзистор VT11 открыт. Благодаря этому фронт и спад импульсов оказываются примерно одинаковыми. Напряжение в цепи эмиттера первого каскада стабилизировано элементами VD13, C26 и C25.

Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТТУЛ-4 приведена на рис. 3.2.

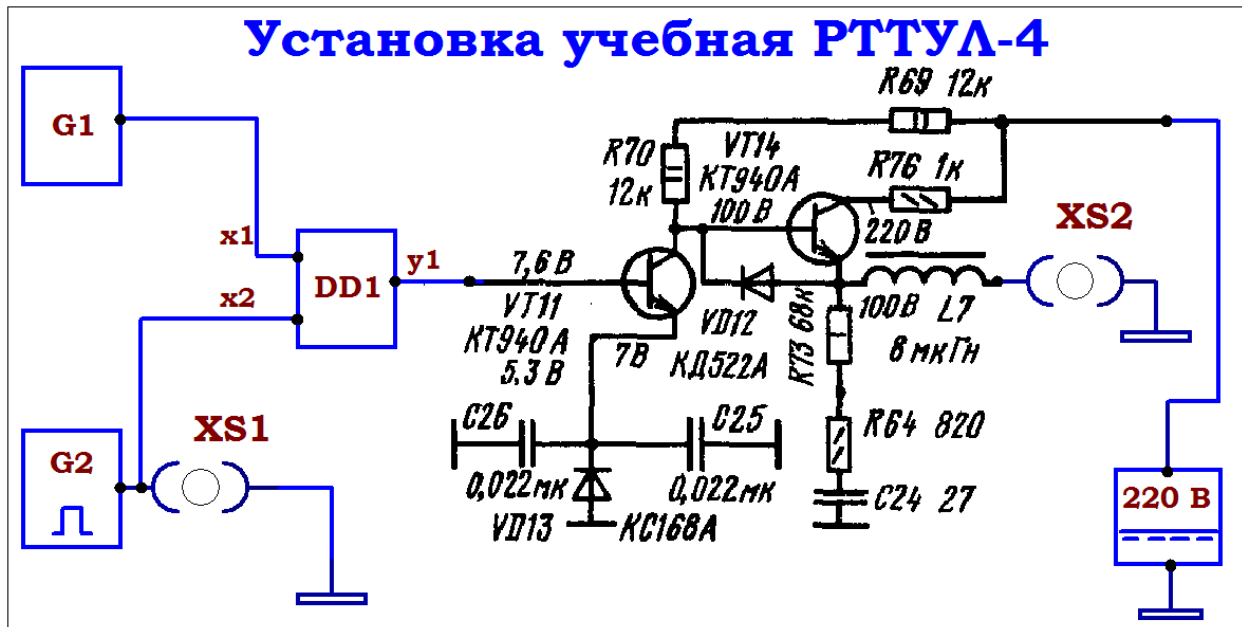


Рис. 3.2. Принципиальная электрическая блок — схема учебной установки РТТУЛ-4.

Сигнал с выхода многофункционального генератора G1 либо генератора прямоугольных импульсов G2 (генераторы подключаются и отключаются автоматически при выборе с помощью меню соответствующего опыта) поступает на коммутатор DD1, откуда, в зависимости от текущего опыта, поступает на базу транзистора VT11 (видеоусилителя). От специализированной микросхемы на базу VT11 одновременно поступает постоянного напряжения +7,6 В.

Установка снабжена микропроцессорной системой управления с выводом необходимых параметров на LCD ЖКД индикатор.

Кнопки управления «INPUT MENU» (кнопки продублированы и выполняют одну и ту же функцию) предназначены для выбора одного из четырех возможных экспериментов, а также для входа в подменю MENU\_1.x основного MENU\_1. Кнопка «ESC» служит для остановки генераторов и перехода в режим выбора опыта либо на один уровень меню вверх для эксперимента MENU\_1.

Переключение между режимами работы (опытами MENU\_1 ... MENU\_4), а также между подменю MENU\_1.x осуществляется кратковременным (~0,5 секунды) нажатием одной из кнопок управления «INPUT MENU». Вход в опыт осуществляется длительным удержанием (~2 секунд) одной из кнопок управления «INPUT MENU»

Доступные режимы работы:

MENU\_1 – режим изучения зависимости полосы пропускания видеоусилителя  $f$  от размаха выходного сигнала  $U=U(f)$ . Вход в эксперимент осуществляется длительным (~2 секунд) удержанием одной из кнопки

управления «INPUT MENU». Данное меню содержит восемь подменю MENU\_1.1; MENU\_1.2, ... MENU\_1.8. При входе в каждое подменю устанавливается соответствующее выходное напряжение  $U_{out}$  видеоусилителя и включается генератор G1. На экране осциллографа при этом генерируется выходная АЧХ видеоусилителя для данного значения  $U_{out}$ , которая имеет вид аналогичный рис. 1.1. Установленное значение  $U_{out}$  отображается на ЖКД LCD индикаторе. Вход в каждое подменю MENU\_1.x осуществляется длительным (~2 секунд) удержанием одной из кнопки управления «INPUT MENU». Для установки другого значения выходного напряжения  $U_{out}$  видеоусилителя (переключение между подменю MENU\_1.1; MENU\_1.2, ... MENU\_1.8) необходимо остановить генератор нажатием кнопки ESC, а затем кратковременным (~0,5 секунды) нажатием одной из кнопки управления «INPUT MENU» выбрать другое подменю. Для выхода в главное меню MENU\_1 следует еще раз нажать кнопку ESC.

MENU\_2 — снятие зависимости полосы пропускания видеоусилителя  $f$  от размаха выходного сигнала  $U=U(f)$  в статическом режиме с одновременным выводом зависимости  $U=U(f)$  на экран осциллографа. Включается генератор G1. В данном режиме работы, плавно вращая ручку, изменяющую полосу пропускания видеоусилителя « $\Delta f$ », изменяется и размах выходного напряжения  $U_{out}$ . На экране осциллографа при этом генерируется кривая  $U=U(f)$ , вид которой аналогичен рис. 2.7. На LCD ЖКД дисплей «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР» при этом выводятся значения установленной полосы пропускания  $f$  и соответствующее ей выходное напряжение  $U_{out}$  для крайней правой точки характеристики.

MENU\_3 — изучение переходной характеристики видеоусилителя. В данном опыте включается генератор G2, генерирующий прямоугольные импульсы на вход видеоусилителя (базу транзистора VT11). Входной прямоугольный сигнал можно наблюдать, подключив к выходу генератора G2 (клемме XS1) осциллографический измерительный щуп типа «тюльпан — BNC». Сигнал на выходе ВУ наблюдается также как и в первых двух опытах — на клемме XS2. Сигнал на входе и на выходе имеет форму аналогичную рис. 2.8.

MENU\_4 — изучение испытательного телевизионного сигнала ступенчатой формы (черно — белые полосы по градациям яркости). На выходе ВУ генерируется испытательный сигнал, аналогичный рис. 3.3.

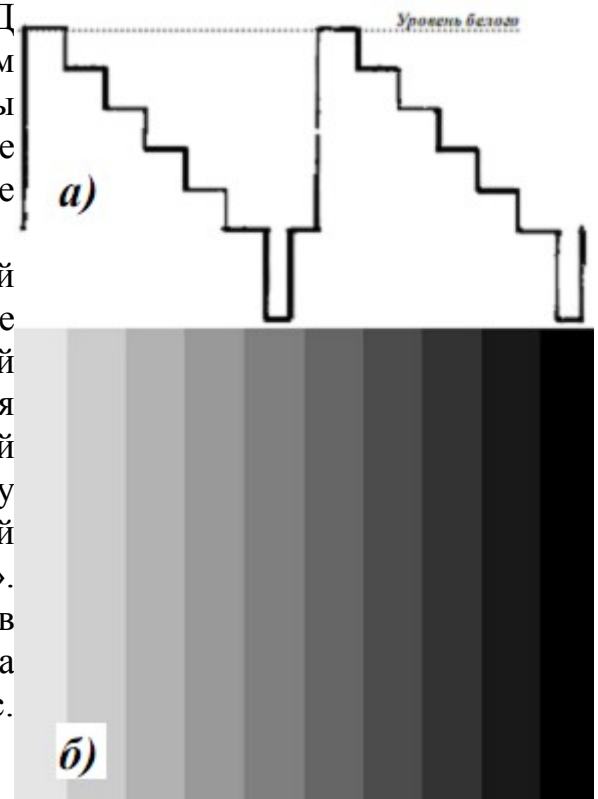


Рис. 3.3. Видеосигнал в опыте MENU\_4 а) и его изображение на экране телевизора б).

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  $\sim 220$  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 выходу видеоусилителя.
4. Кратковременным нажатием ( $\sim 0,5$  секунды) одной из кнопок управления «INPUT MENU» выбрать первый опыт MENU\_1.
5. Длительным удержанием ( $\sim 2$  секунды) кнопки управления «INPUT MENU» войти в режим выбора подменю MENU\_1.x.
6. Длительным удержанием ( $\sim 2$  секунды) кнопки управления «INPUT MENU» войти в подменю MENU\_1.1. При этом на экране осциллографа при этом генерируется выходная АЧХ видеоусилителя для данного значения  $U_{out}$ , которая имеет вид аналогичный рис. 1.1. Установленное значение  $U_{out}$  отображается на ЖКД LCD индикаторе.
7. Установить ручку «AC – GND – DC» осциллографа в положение «AC» либо «DC». 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.**
8. Зарисовать АЧХ по клеткам с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу. Определить полосу пропускания видеоусилителя для данного значения выходного напряжения  $U_{out}$ . В данном режиме измерений ось X осциллографа представляет собой фактически ось частоты, в такой модификации прибор фактически представляет собой АЧХ — измеритель.

В этом режиме устройство откалибровано так, что  $K = 0,35 \frac{\text{МГц}}{\text{mS}}$ . Т.

е. для правильного определения полосы пропускания  $\Delta f$  [МГц] видеоусилителя необходимо измерить длительность импульса кривой  $T_{и}$

(в миллисекундах mS) на экране осциллографа, а затем произвести пересчет в Меггерцы по формуле  $\Delta f = K \cdot T_{\text{и}}$  (см. поясняющий рис. 3.4).

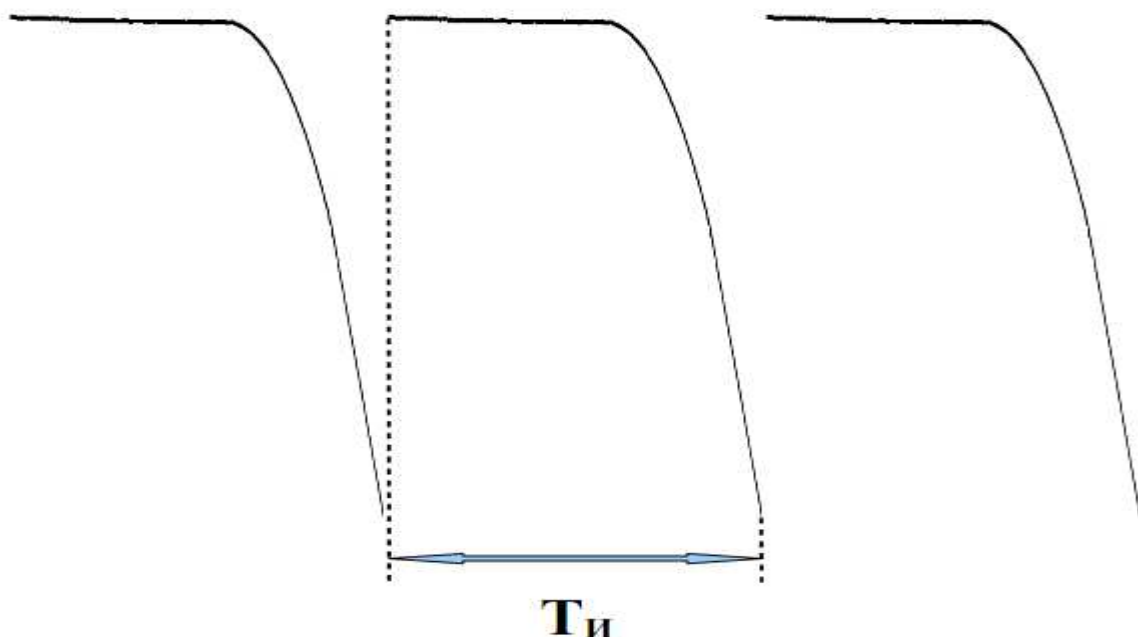


Рис. 3.4. К определению полосы пропускания ВУ с помощью электронного осциллографа.

Полоса пропускания оценивается как  $\Delta f = K \cdot T_{\text{и}}$ , где  $K \approx 0,35$  МГц/мС пересчетный коэффициент,  $T_{\text{и}}$  — длительность импульса в миллисекундах по показаниям электронного осциллографа.

**Следует помнить, что прибор откалиброван правильно только при повернутой до упора ручки плавной регулировки TIME VAR.**

9. Остановить генератор нажатием кнопки ESC, а затем кратковременным (~0,5 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» выбрать другое подменю MENU\_1.2

10. Повторить действия, аналогичные пп. 6 — 9.

11. Прodelать измерения для всех возможных значениях  $U_{\text{out}}$  (MENU\_1.1 – MENU\_1.8).

12. Построить итоговую зависимость полосы пропускания видеоусилителя  $f$  от размаха выходного сигнала  $U=U(f)$  и проверить соответствует экспериментально полученный вами график рис. 2.7.

13. По окончании измерений АЧХ, выйти в главное меню MENU\_1. Из подменю MENU\_1.x это делается нажатием кнопки «ESC» два раза.

14. Кратковременным (~0,5 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» выбрать второй эксперимента MENU\_2.

15. Длительным (~2 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» войти в эксперимент MENU\_2 – снятие зависимости полосы пропускания видеоусилителя  $f$  от размаха выходного сигнала  $U=U(f)$  в статическом режиме с одновременным выводом зависимости  $U=U(f)$  на экран осциллографа.

16. Вращением ручки « $\Delta f$ » снять зависимость полосы пропускания

видеоусилителя  $f$  от размаха выходного сигнала  $U=U(f)$  в статическом режиме. На экране осциллографа при этом генерируется кривая  $U=U(f)$ , вид которой аналогичен рис. 2.7. На LCD ЖКД дисплей «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР» при этом выводятся значения установленной полосы пропускания  $f$  и соответствующее ей выходное напряжение  $U_{out}$  для крайней правой точки характеристики.

17. Остановить генератор нажатием кнопки ESC.

18. Кратковременным (~0,5 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» выбрать третий эксперимент MENU\_3.

19. Длительным (~2 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» войти в эксперимент MENU\_3 - изучение переходной характеристики видеоусилителя. В этом режиме подключается генератор прямоугольных импульсов G2.

20. Входной прямоугольный сигнал можно наблюдать, подключив к выходу генератора G2 (клемме XS1) осциллографический измерительный щуп типа «тюльпан — BNC». Зарисовать импульс по клеткам с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу. Определить период, частоту, длительность импульса и амплитуду сигнала.

21. Подключить осциллографический измерительный щуп типа «тюльпан — BNC» к выходу XS2 видеоусилителя. Наблюдать импульс на выходе устройства. Зарисовать выходной импульс по клеткам с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу. Определить период, частоту, длительность импульса и амплитуду сигнала, а также согласно рис. 2.8: время нарастания импульса  $t_H$ , время спада  $t_C$ , выброс выходного напряжения  $h_0$  и выброс отрицательной полярности  $h_1$ .

22. Остановить генератор нажатием кнопки ESC.

23. Кратковременным (~0,5 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» выбрать третий эксперимент MENU\_4.

24. Длительным (~2 секунды) нажатием кнопки «INPUT MENU» войти в эксперимент MENU\_4 — изучение испытательного телевизионного сигнала ступенчатой формы (черно — белые полосы по градациям яркости).

25. Выходной сигнал должен соответствовать рис. 3.3. Зарисовать выходной видеосигнал по клеткам с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу. Определить основные параметры видеосигнала, период и частоту строчного импульса, количество градаций яркости и длительность каждой градации по времени.

26. По окончании работы отключить электронный осциллограф и учебную установку от сети, поставить все сетевые переключатели в положение «ВЫКЛ».

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Объясните назначение в усилителе видеосигнала
  - а) частотной коррекции;
  - б) гашения обратного хода луча.
2. Приведите одно достоинство и один недостаток связи по переменному току по отношению к связи по постоянному току в усилителе видеосигнала.
3. Объясните назначение ограничения тока луча и покажите, как его можно достичь.



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Кириллов Л. Р., Бродский М. А. Телевидение. Учебное пособие. Минск: Высш. школа, 1977.
2. Бриллиантов Д. Новое в телевизионной технике. Радио-ежегодник-87/ Сост. А. В. Гороховский. М.: ДОСААФ, 1987.
3. Зарубежные перспективные системы телевидения. Учебное пособие. *Ерганжиев Н. А.* и др. — Л.: ЛЭИС им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 1988.
4. Бриллиантов Д. П., Куликов Б. Н., Роксман М. А. Переносные цветные телевизоры. Справочник (под ред. Д. П. Бриллиантова). — М.: Радио и связь, 1989.
5. Онищенко И. П. Приемные телевизионные антенны. — М.: ДОСААФ, 1989.
6. Условные обозначения в описаниях бытовой РЭА: Справ. пособие/ *Р. Г. Варламов, В. Р. Варламов, С. Ф. Егоров* и др.; под общ. ред. *Р. Г. Варламова*. — М.: Легпромбытиздат, 1990.
7. Красносельский И., Метелица В. Телетекст — шаг к информатизации. — Радио, 1990, № 6, с. 7–10.
8. Ельяшкевич С. А. Цветные телевизоры ЗУСЦТ. Справ. пособие. — М.: Радио и связь, 1989.
9. Динабургский Ю., Гордеев А. Работа телевизора с замыканием в кинескопе. — Радио, 1991, № 12. С. 46.
10. Ельяшкевич С. А., Юкер А. М. Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и ЦУСЦТ. Справочное пособие. — М.: Радио и связь, 1992.
11. Хохлов Б. Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1992.
12. Никитин В. А. Как добиться хорошей работы телевизора. — М.: Патриот, 1993.
13. Ельяшкевич С. А., Пескин А. Е. Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировка, ремонт. Изд. 1-е. — М.: «Символ-Р» (Приложение к журналу «Радио»). 1993.
14. Осциллограф универсальный сервисный С1-94. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
15. Гапличук Л. С. ГИС — помощник телемастера (генераторы испытательных сигналов для ремонта и настройки телевизоров): Справочное пособие — Минск: «СЭА»: «Радио Аматор». — 1993.

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