

# ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ

---

К телевизионным измерениям относятся измерения электрических параметров узлов и модулей телевизионных приемников, а также величин, характеризующих режимы их работы и техническое качество изображения.

Необходимость в измерениях возникает в процессе производства, когда телевизионные приемники подвергаются многочисленным испытаниям и контролю, а также при ремонте. В том и другом случае измерения позволяют оценить результирующие характеристики приемников с учетом особенностей телевизионных стандартов и систем телевизионного вещания.

Для проведения измерений в телевизоре, с целью отыскания неисправностей или контроля его работоспособности, необходимо руководствоваться знаниями физических основ телевидения, принципов построения телевизионных приемников и методов измерений.

В данной главе приводится описание доступных методов измерения и контроля, как телевизионного приемника в целом, так и отдельных его узлов.

При описании методов уделяется большое внимание учету погрешностей искажающих результаты измерений. При выборе приборов необходимо руководствоваться классификатором измерительных приборов (Приложение 5.) и рекомендациями, приводимыми при описании процессов контроля.

В эксплуатации находится обширный класс телевизоров, насчитывающий множество различных моделей. Они отличаются принципами получения цветного изображения, схемными и конструктивными решениями. Все они нуждаются в настройке, ремонте и модернизации.

Наряду с этим схемотехника современных телевизоров сориентирована на специализированные интегральные микросхемы с высокой степенью интеграции, что позволяет свести к минимуму число внешних навесных элементов, упростить схему и тем самым значительно повысить надежность.

При настройке мультистандартных импортных телевизоров необходимы знания международных стандартов телевидения и комплектующих изделий зарубежных фирм.

Настройка и ремонт телевизионных приемников может выполняться следующим минимальным набором приборов.

При мелком ремонте вполне достаточно комбинированного прибора. Им можно измерить постоянные и переменные напряжения и токи с частотой до 20 кГц.

Для более серьезной наладки необходим осциллограф и генератор испытательных сигналов. Осциллографы для телевизионных измерений – немногочисленны и дороги.

Измерение многих параметров и характеристик телевизионных приемников связаны с детальным анализом формы видео- и испытательных сигналов. Приставка, позволяющая любой осциллограф превратить в телевизионный, несложна и с лихвой окупит затраты на ее изготовление (см.п. 3.2.2).

Генератор с ограниченным набором испытательных сигналов можно изготовить самостоятельно (см.п. 3.3.2), однако для комплексной проверки телевизоров следует использовать промышленные образцы.

При наладке высокочастотных узлов перечень приборов увеличивается. Так, измерение индуктивностей и емкостей можно выполнять с помощью мостов переменного тока, настройку отдельных узлов – характериографом и т. д.

Измерения на высоких частотах осложняется тем, что начинает сказываться влияние емкости вольтметра и индуктивности проводников, соединяющих прибор с исследуемой цепью.

При измерении сигналов частотой до 1 МГц можно считать, что погрешность измерения определяется точностью вольтметра (обычно в пределах 1...5%). На более высоких частотах появляются погрешности, которые по мере приближения к предельным, для данного прибора, частотам достигают 10...15%.

В связи с этим, необходимо правильно выбирать приборы для измерений.

В процессе передачи сигналы подвергаются воздействию помех, порождаемых многочисленными природными явлениями и возникающих в тракте передачи телевизионного сигнала.

По этому признаку помехи можно разделить на естественные и искусственные.

Источниками искусственных помех являются, например, электрические приборы непрерывно излучающие шумовые сигналы.

Естественными источниками помех служат атмосферные электрические явления.

Эти процессы вызывают случайные флуктуации, которые называются шумом. Шум определяет нижний предел для сигналов, которые могут быть обработаны электронными средствами.

Шум также устанавливает нижние пределы для всех видов измерений. При измерениях важно научиться оценивать отношение сигнал/шум и правильно интерпретировать результаты измерений.

Если к выходу усилителя подключить милливольтметр, то окажется, что даже в отсутствии сигнала на входе усилителя, на его выходе имеется некоторое переменное напряжение.

С помощью чувствительного осциллографа шумы можно наблюдать на экране. Шум представляет собой хаотические всплески, обрывки колебаний и т. п.

Шумы есть в любом усилителе. Они появляются в результате случайных, чаще всего, тепловых процессов.

Основную долю в создании шума вносят активные элементы, особенно транзистор первого каскада, потому что его шум усиливается всеми остальными каскадами. Транзистор «шумит» тем сильнее, чем больше напряжение и ток коллектора. Поэтому стараются обеспечить облегченный режим работы транзистора, но чтобы резко не снижался коэффициент передачи по току. Шум зависит и от обратного тока коллектора транзистора, поэтому следует проверять, не превышает ли он нормы для данного транзистора.

Шумы усилительного устройства характеризуются их уровнем — отношением напряжения шумов  $U_{ш}$  к номинальному напряжению полезного сигнала  $U_{н}$  на выходе усилителя.

Уровень шума  $N_{ш}$  принято выражать в децибелах:

$$N_{ш} = 20 \lg \frac{U_{ш}}{U_{н}}$$

Так как напряжение шумов всегда несинусоидально, то для измерения их уровня пользуются милливольтметром со среднеквадратичным детектором. При измерении напряжения шумов милливольтметром с пиковым детектором его показания будут больше действительного напряжения шума.

Усилитель, при измерениях, должен быть в рабочем режиме. Последовательность операций для определения  $N_{ш}$  следующая:

- ко входу усилителя подключают генератор;
- измеряют номинальное выходное напряжение усилителя ( $U_{н}$ );
- отключают генератор;
- вместо генератора, ко входу усилителя, подключают резистор, сопротивление которого равно выходному сопротивлению генератора;
- измеряют выходное напряжение усилителя ( $U_{ш}$ ).

Форму шумов следует контролировать осциллографом. Это особенно важно при испытании усилителя с питанием от источников с преобразованием частоты питающего напряжения. В случае плохой фильтрации выпрямленного напряжения, вольтметр на выходе усилителя будет измерять не шумы, а, главным образом, напряжение фона переменного тока. На экране осциллографа это проявляется в виде амплитудной модуляции исследуемого сигнала.

При оценке отношения сигнал-шум ( $N_{ш}$ ) практически оказывается возможным измерение только отношения  $N_{(с+ш)/ш}$ . Это связано с тем, что при измерении уровня шума сигнал легко устраним, в то время как при изменении уровня сигнала, устранить шум невозможно [1].

По измеренному отношению  $N_{(с+ш)/ш}$  можно определить  $N_{ш}$ . Так, например, если измеренное значение  $N_{(с+ш)/ш}$  равно 5 дБ, то значение  $N_{ш}$  получим после следующих преобразований:

$$N_{(с+ш)/ш} = 10 \lg \frac{U_{с+ш}}{1},$$

$$5 \text{ дБ} = 10 \lg \frac{U_{с+ш}}{1};$$

$$3,16 = U_{с+ш};$$

отсюда

$$N_{ш} = 10 \lg U_{с+ш/1} = 10 \lg (3,16 - 1) = 3,34 \text{ дБ}.$$

## 3.1. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Амплитудное, среднеквадратичное и средневыпрямленное значения приняты для характеристики переменного напряжения и тока.

- Амплитудное значение напряжения  $2U_m$  характеризует максимально возможное значение напряжения данной формы – максимальное отклонение от нуля (иногда называют пиковым).
- Размах синусоидального напряжения равен  $2U_m$ .
- Среднеквадратичное значение напряжения  $U$ . Его еще называют эффективным или действующим.

Среднеквадратичное значение переменного напряжения численно равно значению постоянного напряжения или тока, развивающего на некотором активном сопротивлении такую же мощность, как и данное переменное напряжение или ток.

Для синусоидальной формы среднеквадратичное значение в  $\sqrt{2}$  раз меньше  $U_m$ , т.е.

$$U = 0,707U_m \text{ или } U_m = 1,41U.$$

Для других форм переменного напряжения это соотношение иное (см. табл. 3.1).

Применительно к симметричному синусоидальному напряжению говорят о средневыпрямленном значении напряжения  $U_{\text{ср.в.}}$  за полупериод. Для синусоидального напряжения оно имеет следующие соотношения:

$$U_{\text{ср.в.}} = 0,637U_m;$$

$$U_{\text{ср.в.}} = 0,9U;$$

$$U = 1,11U_{\text{ср.в.}}$$

Переменное напряжение характеризуется тремя значениями. Если при синусоидальной форме напряжения измеренное среднеквадратичное значение  $U = 1$  В, то  $U_{\text{ср.в.}} = 0,9$  В, а размах напряжения  $2U_m = 2,8$  В.

### 3.1.1 ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Структурная схема, показанная на рис. 3.1, лежит в основе переносных многопредельных вольтметров не требующих дополнительного питания.

Переменные напряжения звуковых частот (50...20000 Гц) измеряют вольтметрами выпрямительной системы. Их еще называют детекторными, так как они представляют собой сочетание микроамперметра с детектором на полупроводниковых диодах.

Выпрямители могут быть однополупериодными рис. 3.2б или двухполупериодными рис. 3.2а. Вольтметры с двухполупериодными выпрямителями вдвое чувствительнее вольт-

метров с однополупериодными выпрямителями. Отклонение стрелки микроамперметра пропорционально средневыпрямленному значению измеряемого переменного напряжения. В подавляющем большинстве случаев шкалу прибора выпрямительной системы градуируют в среднеквадратичных значениях.

При несинусоидальной форме напряжения следует пользоваться средневыпрямленным значением измеряемого напряжения.

При этом, показания прибора следует умножить на коэффициент 0,45 (при однополупериодном) или 0,9 (при двухполупериодном выпрямлении).



Рис. 3.1. Структурная схема вольтметров выпрямительной системы

При измерении вольтметром выпрямительной системы пульсирующих синусоидальных напряжений приборы будут реагировать не на переменную, а на постоянную составляющую  $U_0$ , равную средневывпрямленному значению напряжения:  $U_{\text{ср.в.}} = U_0$ .

Чтобы измерить переменную составляющую пульсирующего напряжения, вольтметр выпрямительной системы подключают к измеряемой цепи через разделительный конденсатор, который «отрежет» постоянную составляющую  $U_0$ . Емкость такого конденсатора должна быть порядка 1 мкФ.

Вольтметр выпрямительной системы является составной частью всех комбинированных приборов. Диапазон измерений выбирают путем переключения добавочных или шунтирующих резисторов.

### Измерение переменного напряжения электронными вольтметрами

Электронные вольтметры переменного тока могут быть классифицированы.

- По назначению:
  - вольтметры переменного напряжения (широкополосные, селективные, фазочувствительные);
  - вольтметры импульсного напряжения;
  - универсальные.
- По характеру измеряемого значения напряжения, вольтметры измеряющие:
  - средневывпрямленное значение;
  - действующее значение;
  - амплитудное (пиковое) значение.
- По частотному диапазону:
  - низкочастотные;
  - высокочастотные;
  - сверхвысокочастотные.
- По схеме входа:
  - с открытым входом;
  - с закрытым входом.
- По типу отсчетного устройства:
  - стрелочные;
  - световые;
  - цифровые.
- По способу измерения:
  - вольтметры непосредственного измерения;
  - вольтметры сравнения.

Для электронных вольтметров согласно ГОСТ 9781-75 установлены классы точности: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0.

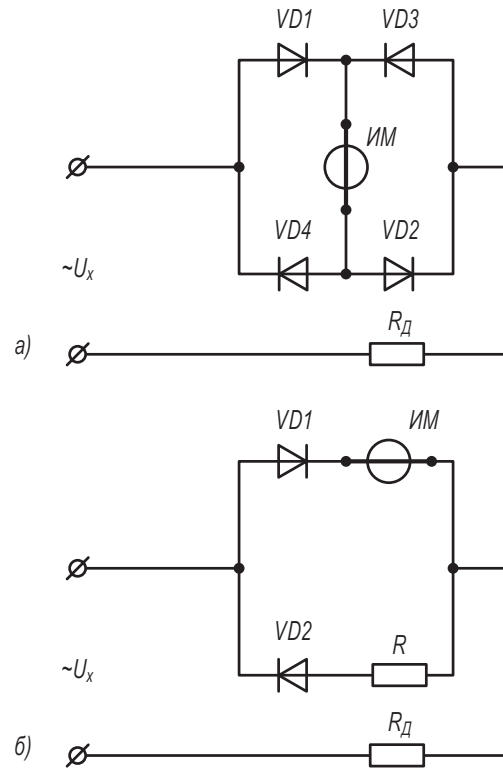


Рис. 3.2. Схемы вольтметров выпрямительной системы

По сравнению с вольтметрами выпрямительной системы они обладают большей чувствительностью (1 мкВ), большим входным сопротивлением (более 1 МОм) и значительно более широким частотным диапазоном — до сотен мегагерц. Входное устройство обеспечивает значение активной составляющей входного сопротивления в пределах от 0,5 до 100 МОм (типичное значение 1...10 МОм).

Регулирование пределов измеряемых напряжений выполняется с помощью делителей напряжения или изменением отрицательной обратной связи в усилителях.

При измерении напряжений 100...200 В после первого каскада усиления устанавливают частотно-компенсированные делители с низкоомным входом.

При измерении напряжений до 1 кВ высокоомные частотно-компенсированные резистивные делители включаются перед первым усилительным каскадом.

При напряжениях порядка 1 кВ и выше применяются внешние емкостные делители.

Входные устройства электронных вольтметров выполняются с симметричным, но чаще всего с несимметричным входом относительно точки с нулевым потенциалом.

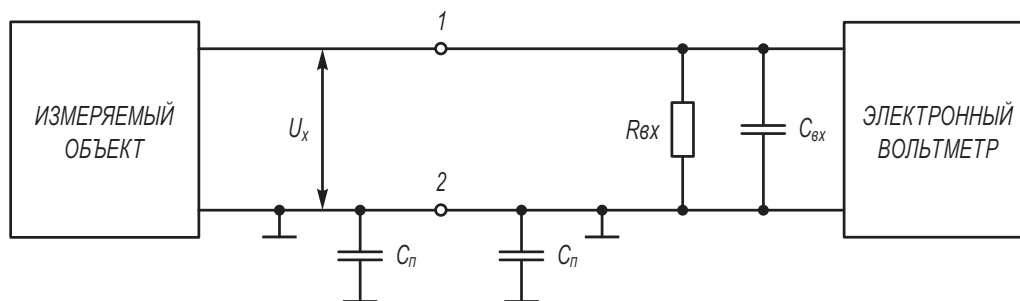


Рис. 3.3. **Схема подключения вольтметра с несимметричным входом**

Использование симметричного входа позволяет проводить относительные измерения напряжения в одной точке относительно другой.

При использовании несимметричного входа, при подключении вольтметра, вывод соединенный с корпусом прибора следует подключать к точке наименьшего или нулевого потенциала. Несоблюдение этого может привести к тому, что измеряемый объект будет нагружен паразитной емкостью корпуса  $C_{п}$  вольтметра относительно земли (рис. 3.3).

Широко используются две основные системы электронных вольтметров переменного напряжения (рис. 3.4).

Первая – детектор-усилитель (рис. 3.4а).

В таких вольтметрах происходит преобразование (выпрямление) измеряемого переменного напряжения в постоянное, которое затем усиливается и измеряется микроамперметром.

Они позволяют измерять напряжения частотой до 300 МГц, так как их детектор выполнен в виде выносного пробника.

Недостатком таких вольтметров является низкая чувствительность (примерно такая же, как у вольтметров постоянного тока).

Вторая – усилитель-детектор рис. 3.4б. В таких вольтметрах измеряемое переменное напряжение сначала усиливается, а затем выпрямляется и измеряется. Такие приборы обладают высокой чувствительностью – до единиц микровольт, однако их частотный диапазон редко превышает несколько мегагерц.

Сочетание схем, приведенных на рис. 3.2 и рис. 3.4, позволяет создать универсальный вольтметр для измерения постоянных и переменных напряжений. Такие вольтметры имеют общий усилитель постоянного тока, отсчетное устройство и переключатель в цепи постоянного и переменного тока.

Для измерений напряжения на частотах выше 100 кГц применяются схемы с удвоением напряжения (рис. 3.5).

Вольтметры с удвоением напряжения могут применяться только тогда, когда цепи разрядного тока не содержат конденсаторов.

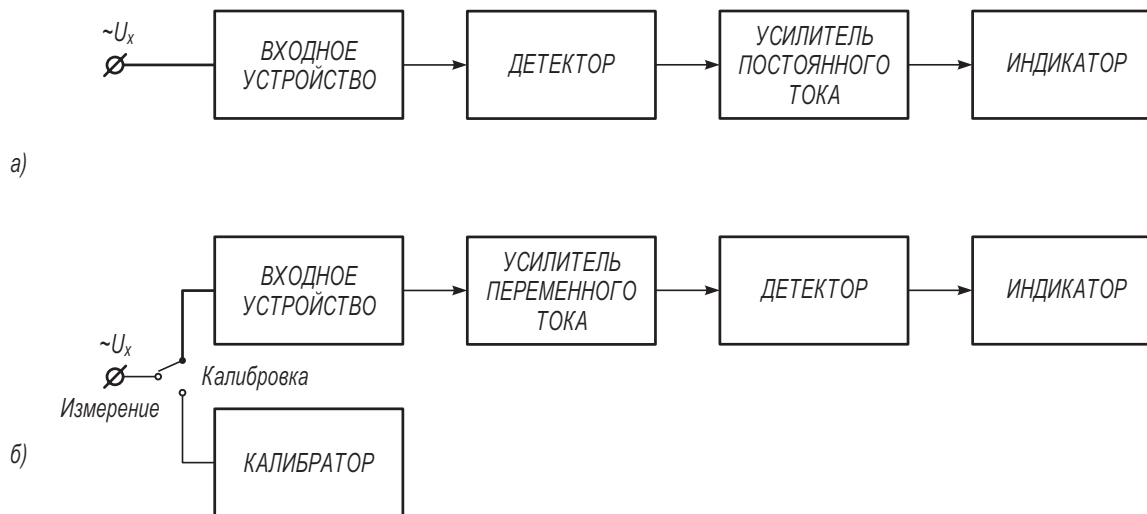


Рис. 3.4. **Структурные схемы электронных вольтметров**

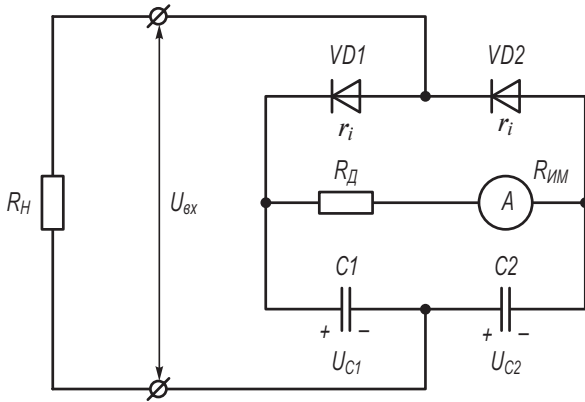


Рис. 3.5. **Схема вольтметра с удвоением напряжения**

При положительном полупериоде входного напряжения  $U_{вх}$  конденсатор  $C1$  заряжается через диод  $VD1$  до амплитудного значения  $U_m$ . При отрицательном полупериоде диод  $VD1$  закрыт и конденсатор  $C1$  разряжается через  $R_d$ ,  $R_{им}$ ,  $VD2$  и  $R_n$ . При отрицательном полупериоде конденсатор  $C2$  заряжается через диод  $VD2$ . Разрядный ток протекает через аналогичную цепочку в том же направлении.

Электронные вольтметры могут иметь два пиковых детектора:

- высокочастотный, с емкостью конденсатора 30...100 пФ;
- низкочастотный, с конденсатором большой емкости для измерения на низких частотах.

Для правильной интерпретации показаний импульсного вольтметра сигналы следует наблюдать осциллографом.

Входное сопротивление вольтметра (рис. 3.6) с пиковым детектором примерно равно  $R/2$ .

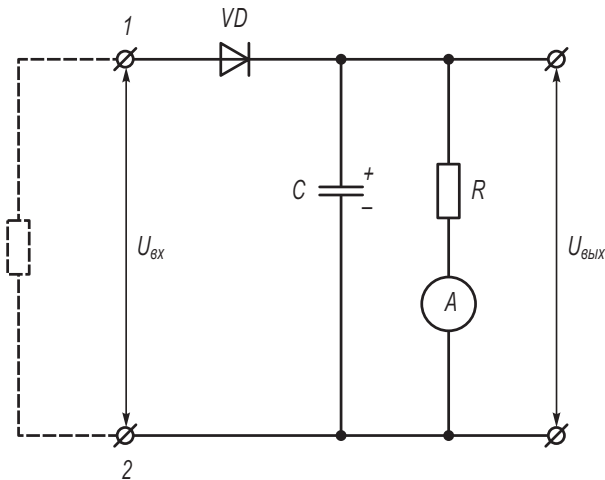


Рис. 3.6. **Схема амплитудного детектора с открытым входом**

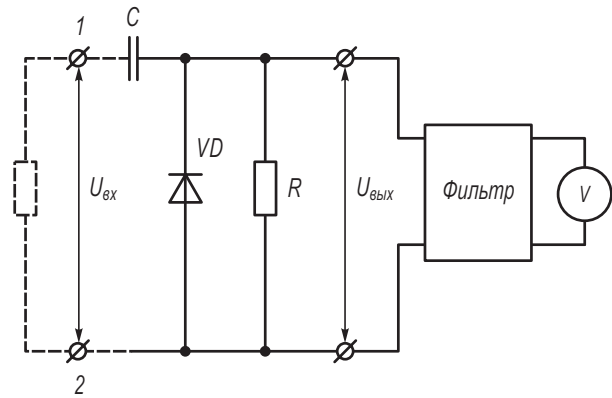


Рис. 3.7. **Схема амплитудного детектора с закрытым входом**

### Вольтметр с квадратичным детектором

Вольтметр с квадратичным детектором реагирует на среднеквадратичное значение измеряемого напряжения. Показания вольтметра соответствуют его градуировке, при измерении напряжения произвольной формы. Квадратичное детектирование получают при работе полупроводникового диода на нижнем криволинейном участке его вольт-амперной характеристики или, используя термопреобразователи.

Градуировка импульсных вольтметров выполняется в амплитудных значениях.

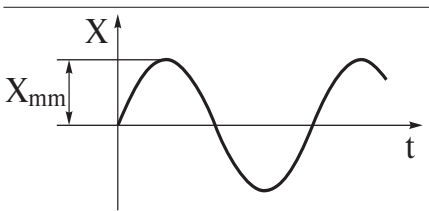
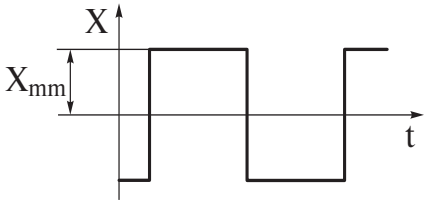
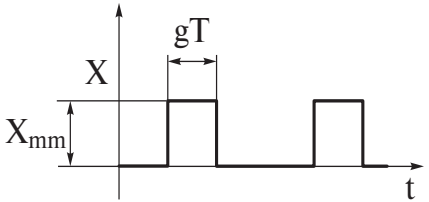
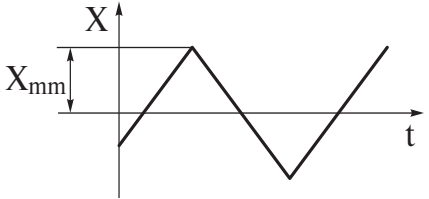
Детектор имеет открытый вход, т. е. он не защищен от прохождения по его цепям постоянной составляющей измеряемого тока. Таким вольтметром нельзя измерить переменное напряжение. Детектор с открытым входом присоединять к цепям, в которых есть постоянная составляющая напряжения, можно только через конденсатор емкостью 0,01...0,1 мкФ.

Для измерения в таких цепях удобнее использовать пиковый детектор с закрытым входом (рис. 3.7), работа которого аналогична работе детектора с открытым входом. Входное сопротивление вольтметра с закрытым входом несколько меньше входного сопротивления вольтметра с открытым входом и составляет около  $0,3R$ .

При измерении пульсирующего напряжения пиковый детектор с закрытым входом не реагирует на постоянную составляющую и отклонение стрелки вольтметра пропорционально превышению переменной составляющей измеряемого напряжения над постоянной составляющей.

Соотношения для часто используемых несинусоидальных напряжений приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Формулы для расчета значений некоторых форм сигналов		
Форма сигнала	Соотношения между эффективным и амплитудным значениями	Соотношения между средневыпрямленным и амплитудным значениями
	$\tilde{X} = \frac{X_{mm}}{\sqrt{2}} \approx 0,71X_{mm}$ $X_{mm} = \sqrt{2}\tilde{X} \approx 1,41\tilde{X}$	$ \bar{X}  = \frac{2}{\pi} X_{mm} \approx 0,64X_{mm}$ $X_{mm} = \frac{\pi}{2}  \bar{X}  \approx 1,57 \bar{X} $
	$\tilde{X} = X_{mm}$	$ \bar{X}  = X_{mm}$
	$\tilde{X} = \sqrt{g}X_{mm}$ $X_{mm} = \frac{\tilde{X}}{\sqrt{g}}$	$ \bar{X}  = gX_{mm}$ $X_{mm} = \frac{ \bar{X} }{g}$
	$\tilde{X} = \frac{X_{mm}}{\sqrt{3}} \approx 0,58X_{mm}$ $X_{mm} = \sqrt{3}\tilde{X} \approx 1,73\tilde{X}$	$ \bar{X}  = \frac{X_{mm}}{2}$ $X_{mm} = 2 \bar{X} $

### 3.1.2 ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ

Любой высокочастотный электронный вольтметр имеет так называемый пробник. Назначение пробника – исключить дополнительные соединительные провода, являющиеся источником погрешностей при измерении напряжений на высоких частотах.

Пробник – это либо пиковый детектор вольтметра, либо первый каскад (обычно катодный или эмиттерный повторитель) высокочастотного усилителя вольтметра.

Вывод пробника подключают непосредственно к той точке цепи исследуемой схемы, напряжение в которой следует измерить.

В ряде конструкций прямо к исследуемой точке припаивают пистон и в него вставляют штырек пробника или, если этого сделать не удастся, следует воспользоваться коротким соединительным проводником (длиной не более 30 мм).

Соединительные проводники вносят погрешности. Они обладают индуктивностью и емкостью и тем самым образуют колебательный контур. Чем короче соединительный провод, тем меньше его распределенная индуктивность и емкость, тем выше резонансная частота паразитного колебательного контура и тем на более высоких частотах начинают сказываться резонансные явления. Следовательно, тем шире частотный диапазон вольтметра.

Вторая причина, заставляющая уменьшать длину соединительных проводников – паразитные наводки. Они сказываются при измерении малых напряжений.

Для исключения паразитных наводок следует правильно подключить вольтметр: штырек пробника следует подключить непосредственно к измеряемой точке, а корпус пробника соединить коротким проводником с общим проводом.

При этом контакты должны иметь минимальное сопротивление.

При измерении малых напряжений следует вообще исключить источники паразитных наводок — обесточить блоки или каскады устройства, не влияющие на работу исследуемой цепи. Сетевой провод следует отнести на возможно большее расстояние или заэкранировать. При питании прибора от сети необходимо заземлить корпус вольтметра.

С увеличением частоты уменьшается входное сопротивление вольтметра. Если на низких частотах (до 1 МГц) оно составляет обычно несколько мегаом, то на частотах 50...100 МГц оно измеряется всего несколькими десятками килоом.

Зависимость входного сопротивления электронного вольтметра от частоты объясняется тем, что оно имеет емкостной характер.

### Емкостной делитель

Уменьшить влияние на исследуемый каскад можно подключением вольтметра через конденсатор  $C$ , емкостью 2...3 пФ. В этом случае влияние вольтметра на исследуемую цепь значительно уменьшится.

При этом, измеренные значения будут меньше действительных, так как дополнительный конденсатор образует с входной емкостью вольтметра емкостной делитель измеряемого напряжения.

Истинное значение напряжения вычисляется по формуле:

$$U = U_{\text{в}} \left( 1 + \frac{C_{\text{вх}}}{C} \right),$$

где  $U_{\text{в}}$  - показания вольтметра;

$C_{\text{вх}}$  - входная емкость вольтметра;

$C$  - емкость конденсатора.

## 3.1.3 ИЗМЕРЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВА

Измерить входное сопротивление отключенного блока или измерительного прибора можно высокочастотным генератором и электронным милливольтметром. Для этого на генераторе устанавливают частоту, сопротивление на которой необходимо измерить, и к выходу генератора через резистор  $R_0$  подключают милливольтметр. Сопротивление резистора  $R_0$  может быть от нескольких килоом до нескольких мегаом. Чем выше частота генератора, тем это сопротивление меньше. Замечают показания

милливольтметра  $U_1$ , а затем параллельно ему подключают блок, входное сопротивление которого хотят измерить. Милливольтметр при этом отметит напряжение  $U_2$ . Тогда искомое сопротивление  $Z$  входной цепи на рабочей частоте определяется из выражения

$$Z = \frac{U_2}{U_1 - U_2} R_0.$$

Таким способом можно измерить входное сопротивление каскада на частотах до 300 МГц.

Таблица 3.2.

Соотношения между коэффициентами передачи, выраженными в децибелах	
$A(\text{дБ}) = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \lg \frac{U_2^2/R_2}{U_1^2/R_1} = 10 \lg \left( \frac{U_2}{U_1} \right) \frac{R_1}{R_2} = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} + 10 \lg \frac{R_1}{R_2}$ <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 150px;">Кoeffициент усиления по мощности</span> <span style="margin-right: 50px;">Кoeffициент усиления по напряжению</span> <span>Кoeffициент усиления по полному сопротивлению (при <math>R_2=R_1</math> равен нулю)</span> </p>	
$A(\text{дБ}) = 10 \lg \frac{I_2^2 R_2}{I_1^2 R_1} = 20 \lg \frac{I_2}{I_1} + 10 \lg \frac{R_2}{R_1}$ <p style="text-align: center;"> <span style="margin-right: 100px;">Кoeffициент усиления по мощности</span> <span style="margin-right: 50px;">Кoeffициент усиления по напряжению</span> <span>Кoeffициент усиления по полному сопротивлению (при <math>R_1=R_2</math> равен нулю)</span> </p>	



## 3.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ВИДЕОСИГНАЛА

---

Электрические процессы, протекающие в схемах телевизионных приемников, являются весьма сложными и определяются большим числом параметров, непосредственное измерение которых стрелочными приборами не всегда возможно и рационально.

Для полной характеристики таких процессов необходимо знать закон их изменения во времени.

Электроннолучевые осциллографы применяются как в виде отдельных приборов, так и в качестве компонентов измерительных установок, позволяющих воспроизводить на экране трубки вольт-амперные, частотные, амплитуд-

ные, фазовые, переходные и прочие характеристики исследуемых цепей.

Помимо универсальных электроннолучевых осциллографов широкого применения, существуют специальные виды осциллографов, например телевизионные, предназначенные для исследования телевизионного сигнала при его прохождении через тракт телевизора (см. Приложение 5.).

Электроннолучевые осциллографы облегчают проверку, регулировку и отыскание неисправностей в электронной аппаратуре. Они позволяют по форме кривой колебаний судить о качестве работы, как телевизионного приемника в целом, так и отдельных его узлов.

### 3.2.1 ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Электроннолучевой осциллограф — универсальный измерительный прибор широкого применения. С его помощью можно наблюдать непрерывные и импульсные электрические процессы, непериодические, случайные и одиночные явления.

Исследуемый процесс отображается на экране осциллографа в виде светящейся линии или фигуры называемых осциллограммами.

Осциллограмма представляет собой функциональную зависимость двух или трех величин. Электроннолучевые осциллографы применяются также для измерения напряжения, частоты, фазового сдвига, временных интервалов.

Полоса пропускания усилителя вертикального отклонения луча — пожалуй, самый важный параметр осциллографа. Для того, чтобы увидеть на экране истинную форму исследуемого напряжения, необходимо равномерно усилить все составляющие, из которых складывается данная форма напряжения.

Любое несинусоидальное напряжение можно представить в виде постоянной и суммы гармонических составляющих. Чем больше число составляющих, тем ближе форма результирующей кривой к форме данного колебания.

На рис. 1.20 показано, как результирующая кривая получается при суммировании составляющих спектра (1 и 2-й гармоник).

Усилитель вертикального отклонения для воспроизведения на экране осциллографа прямоугольного импульса (а это наиболее «тяжелый» случай) должен обладать верхней границей полосы пропускания  $F_v$ :

$$F_v \geq \frac{0,4}{\tau_\phi},$$

где  $\tau_\phi$  — длительность фронта прямоугольного импульса (в секундах).

Основное достоинство осциллографического метода измерения — наглядность.

На базе осциллографа созданы приборы для измерения частотных, временных и амплитудных характеристик различных электро- и радиотехнических устройств.

Осциллографы подразделяют на универсальные, стробоскопические, запоминающие и специальные. Они могут быть одно- и двухлучевые.

В дальнейшем, под осциллографом будем понимать универсальный осциллограф.

Структурная схема однолучевого осциллографа представлена на рис. 3.8.

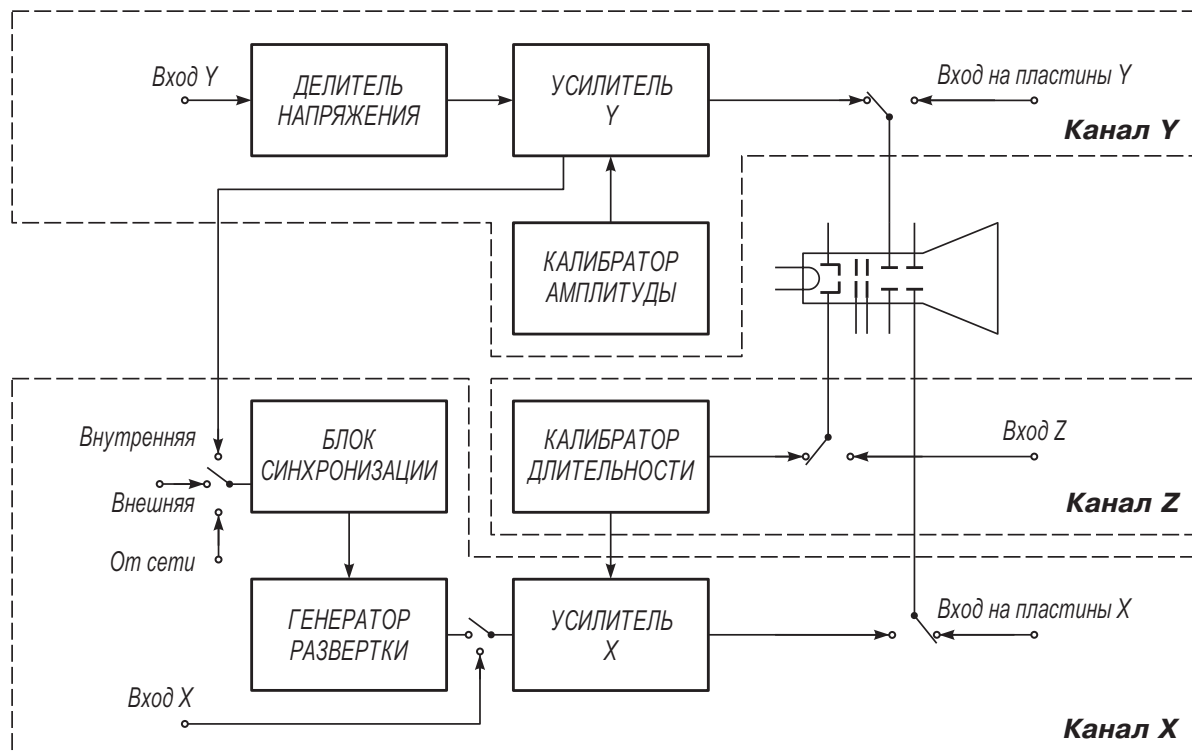


Рис. 3.8. Структурная схема осциллографа

Осциллограф состоит из электроннолучевой трубки, трех электрических каналов управления лучом, измерительных устройств и блока питания.

Канал  $Y$  — канал вертикального отклонения луча осциллографа. По нему подается исследуемое напряжение. Канал  $X$  — канал горизонтального отклонения.

Одновременное воздействие напряжений  $U_x$  и  $U_y$  по двум каналам вызывает появление осциллограммы. Напряжение  $U_x$  называется развертывающим напряжением, а канал  $X$  — каналом развертки. Канал  $Z$  — предназначен для управления яркостью луча.

Основными техническими характеристиками осциллографа являются:

- полоса пропускания усилителей  $X$  и  $Y$ ;
- время установления в канале  $Y$ ;
- чувствительность или величина обратная чувствительности — коэффициент отклонения;
- частота и длительность развертки;
- погрешности амплитудных и временных измерений;
- входные сопротивления и емкости;
- максимально допустимое входное напряжение.

## Виды разверток, применяемых в осциллографах

### Непрерывная развертка

Наиболее распространенным видом развертки является линейная периодическая развертка. Напряжение этой развертки имеет форму пилообразного импульса, аналогичную телевизионному.

Частота развертки определяет количество перемещений луча по экрану трубки в течение одной секунды. Применяется частота развертки от единиц герц до десятков мегагерц.

Скоростью развертки называется путь прямого хода луча в единицу времени.

На практике используют обратную величину, т. е. время, необходимое для перемещения луча единицы длины экрана.

Универсальные осциллографы характеризуются временем пробега от 10 с/см до 10 нс/см, высокочастотные — от 10 мкс/см до 0,1 нс/см.

Линейная непрерывная развертка пригодна для наблюдения периодических непрерывных сигналов и последовательностью импульсов с малой скважностью, т. е. с большим коэффициентом заполнения.

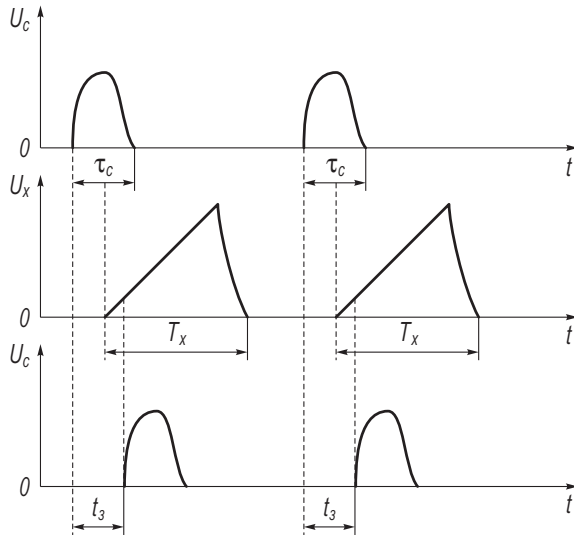


Рис. 3.9. **Задержка сигналов в режиме ждущей развертки**

**Ждущая развертка**

При исследовании импульсов с большой скважностью, при непрерывной развертке, когда период следования много больше длительности импульса, может быть два случая:

- период развертки установлен равным периоду следования;
- период развертки близок к длительности импульса.

В обоих случаях непрерывная развертка не пригодна для исследования импульсов. В первом – изображение импульса будет слишком коротким, во втором – бледным и неустойчивым.

Причина малой яркости и неустойчивости заключается в том, что из многих пробогов луча за интервал времени между соседними импульсами только один пробог луча отображает исследуемый импульс.

При исследовании телевизионных сигналов пользоваться периодической разверткой так же не удобно. Это связано с тем, что при исследовании отдельных фрагментов телевизионного сигнала нет уровня для привязки синхронизации осциллографа в исследуемом фрагменте.

Осциллографирование импульсов большой скважности, а также непериодических и однократных процессов осуществляют, применяя линейную ждущую развертку.

При ждущей развертке исследуемый сигнал и напряжение развертки, в виде одиночного пилообразного импульса, синхронно поступают на вертикально и горизонтально отклоняющие пластины соответственно (рис. 3.9).

Длительность и скорость развертки должна соответствовать аналогичным параметрам сигнала.

Для того, чтобы на экране осциллографа воспроизводился передний фронт исследуемого сигнала, импульс развертки необходимо подать несколько раньше, чем исследуемый сигнал.

Если генератор ждущей развертки запускается исследуемым сигналом, то последний нужно задержать на некоторое время  $t_3$  (рис. 3.9).

Задержка осуществляется при помощи линии задержки, включенной в канал Y. Из рис. 3.9 видно, что длительность развертки следует устанавливать несколько большей длительности исследуемого импульса.

В режиме ждущей развертки, при отсутствии сигнала, на экране осциллографа видна яркая точка. Луч гасится ручкой регулировки яркости, а при развертке – на управляющий электрод трубки, по каналу Z, подается положительный импульс. При этом, увеличивается интенсивность луча и на экране появляется яркое изображение. Такой импульс называется подсветкой.

**Канал вертикального отклонения луча**

Канал вертикального отклонения луча состоит из входного делителя напряжения, входного каскада, линии задержки, предварительного и оконечного усилителей.

Посредством входного делителя устанавливается допустимое входное напряжение, не перегружающее входной каскад.

Основным требованием, предъявляемым к входному делителю, является независимость коэффициента деления от частоты в заданной полосе частот. Этому требованию отвечает резистивно-емкостной делитель напряжения, показанный на рис. 3.10.

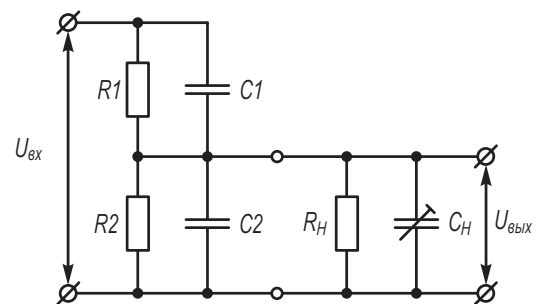


Рис. 3.10. **Делитель напряжения**

В осциллографах используется декадное деление входного напряжения, деление в отношениях: 1:2, 1:3, 1:5 и др. Максимальный применяемый коэффициент деления равен 1:1000.

Осциллограф может иметь дополнительный выносной делитель. При включении внешнего делителя, входное сопротивление осциллографа увеличивается, а входная емкость уменьшается.

Высокочастотные и широкополосные импульсные сигналы подаются на вход осциллографа по коаксиальному кабелю, волновое сопротивление которого равно 50 или 75 Ом.

Вход канала вертикального отклонения может быть открытым и закрытым. При открытом входе возможно прохождение как постоянного тока, так и переменного. При закрытом — только переменного.

Величина коэффициента усиления определяется чувствительностью осциллографа.

В осциллографах с низким коэффициентом отклонения, например с  $K_0 = 1$  В/см, коэффициент усиления равен 25...30, с высоким — достигает  $(30...50) \cdot 10^3$ .

Полоса пропускания усилителя  $\Delta f$  определяет спектр частот, составляющие которого ослабляются не более чем на 3 дБ.

С полосой частот связано время установления изображения осциллографа  $\tau_{\gamma}$ :

$$\tau_{\gamma} = \frac{0,35}{\Delta f},$$

которое определяет степень пригодности данного осциллографа для исследования импульсных процессов.

В универсальных и запоминающих осциллографах полоса пропускания колеблется от 1 до 80 МГц, а время установления от 350 до 4 нс.

В высокочастотных осциллографах:

$$\Delta f = 0,35...5 \text{ ГГц, а } \tau_{\gamma} = 1,2...0,07 \text{ нс.}$$

Усилители универсальных осциллографов предназначены для работы в полосе частот от единиц герц до 15 МГц.

В большинстве современных универсальных осциллографов применяют усилители постоянного тока. Полоса пропускания таких усилителей составляет 0...5 МГц.

В высокочастотных осциллографах с полосой пропускания более 500 МГц усилители вертикального отклонения не применяются.

### Делители напряжения

Для уменьшения влияния осциллографа на исследуемую цепь используют делители напряжения. В этом случае влияние входной емкости осциллографа уменьшается.

В комплект осциллографов входят выносные делители — коаксиальный кабель с пробником на конце, в который вмонтирован делитель входного напряжения от 1:10 до 1:1000. Эти делители предназначены для подключения осциллографа к высоковольтным цепям.

Делителем 1:10 можно воспользоваться и для подключения к низковольтным исследуемым цепям для уменьшения влияния входной цепи осциллографа.

При отсутствии делителя последовательно со входом осциллографа включают резистор сопротивлением 40...50 кОм.

Применение делителя предпочтительнее, чем подключение осциллографа к исследуемой цепи через резистор, так как делитель частотно-компенсирован: на входе делителя включена RC-цепочка, емкостью конденсатора которой можно устранить частотные искажения исследуемого сигнала (рис. 3.10).

В случае применения делителя входное напряжение уменьшается. Поскольку осциллограф обладает большим запасом усиления в канале вертикального отклонения луча, то даже ослабленное в 10 раз, исследуемое напряжение оказывается достаточно для развертывания осциллограммы на весь экран и ее синхронизации.

При слишком большой амплитуде входного напряжения происходит ограничение сигнала в каскадах вертикального отклонения луча.

Если такое ограничение происходит в первом каскаде усилителя, то осциллограмма будет искажена даже при очень малой амплитуде исследуемого сигнала.

Поэтому, измеряя амплитуду входного напряжения, следует выбирать положение переключателя входного и выносного делителей такими, чтобы необходимая высота осциллограммы на экране была при среднем положении ручки регулировки усиления канала вертикального отклонения луча.

### **Канал управления яркостью луча**

Канал Z предназначен для формирования прямоугольных импульсов, регулируемых по амплитуде и положению, а также для подачи их в цепь модулятор — катод ЭЛТ.

В канале предусматривают устройство, состоящее из фазоинверсного каскада, усилителя-ограничителя и эмиттерного повторителя.

На вход фазоинверсного каскада поступает синусоидальное или импульсное напряжение в любой полярности. На его выходе образуется два противофазных напряжения, которые подаются на потенциометр с заземленной средней точкой. С этого потенциометра на вход усилителя-ограничителя подается напряжение, величину и фазу которого можно регулировать перемещением движка потенциометра. В усилителе-ограничителе формируются прямоугольные импульсы, амплитуда которых достаточна для управления яркостью луча. Для расширения полосы пропускания усилителя предусмотрена простая коррекция.

В осциллографах предусмотрена возможность измерения величины отклонения луча в вертикальном и горизонтальном направлениях.

При измерении по вертикали определяется амплитуда синусоидального напряжения или амплитуда импульса в единицах напряжения.

При измерениях временных параметров, по горизонтали определяется период синусоидального напряжения, период следования импульсов, их длительность и т. п. в единицах времени.

Измерение амплитуды выполняется с помощью калибраторов амплитуды, а по горизонтали — калибраторов длительности.

В некоторых осциллографах имеются калиброванные фиксированные значения усиления вертикального отклонения и длительности развертки. Это упрощает соответствующие измерения.

### Калибратор амплитуды

Калибратор амплитуды представляет собой источник вспомогательного напряжения, с которым сравнивается значение измеряемого сигнала. Калибраторы амплитуды бывают активные и пассивные.

В первом, напряжение снимается с повышающей обмотки трансформатора питания и ограничивается двумя стабилитронами (рис. 3.11).

Во втором, напряжение такой же формы формируется ждущим мультивибратором, работающим на частоте 1...2 кГц.

На выходе калибратора включается резистивный делитель для регулирования величины калибровочного напряжения.

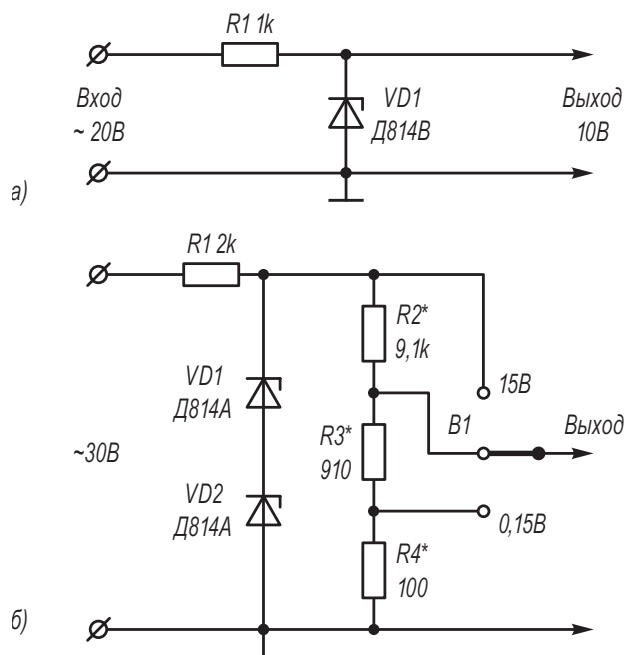


Рис. 3.11. Калибратор амплитуды осциллографа

Применение пассивного калибратора обеспечивает диапазон измерений от 0,05 до 200 В, с погрешностью не хуже 10%. Активного — от 0,05 до 150 В, с погрешностью не более 5%.

Большинство осциллографов имеют собственные калибраторы амплитуды отклонения луча. С их помощью можно откалибровать усилитель вертикального отклонения луча осциллографа на заданную чувствительность. Для этого напряжение калибратора, имеющее вид прямоугольных импульсов подают на вход усилителя вертикального отклонения.

### Калибратор длительности

Калибратор длительности представляет собой генератор синусоидального напряжения, запускаемый на время прямого хода луча.

Подав в канал Z напряжение от калибратора длительности, и, установив регулятором яркости такую интенсивность луча, при которой отрицательные полупериоды гасят луч, на осциллограмме получают темные штрихи, называемые метками.

Количество меток определяется длительностью развертки и частотой генератора меток.

Подсчитав количество меток, можно определить длительность измеряемого интервала. Абсолютная погрешность измерения длительности с использованием меток не превышает половины цены деления одной метки.

### 3.2.2 СИНХРОНИЗАТОР К ОСЦИЛЛОГРАФУ

При наблюдении осциллограмм видеосигналов невозможно исследование сигналов без устойчивой синхронизации.

При линейной периодической развертке осциллограммы строк накладываются друг на друга и контроль формы и параметров видеосигнала невозможен.

В режиме ждущей развертки запуск развертки затруднен, а исследование кадрового гасящего промежутка недоступно.

Устройство, вырабатывающее импульсы запуска развертки осциллографа для отображения выбранной строки видеосигнала, называется селектором строк.

Он обеспечивает устойчивую синхронизацию осциллографа, когда требуется наблюдать фрагменты или небольшие участки видеосигнала, составляющие одну или часть одной строки.

При анализе сигналов цветности, с использованием селектора строк, синхронизация осциллографа должна осуществляться через кадр, что позволяет исследовать сигналы цветности.

Контролировать уровни видеосигнала, форму строчных и гасящих импульсов следует при таких длительностях развертки, при которых на рабочей части экрана осциллографа помещается один-три периода строк.

Видеосигнал подается одновременно на селектор строк и телевизионный приемник (рис. 3.12). На селектор строк всегда подается полный видеосигнал.

На телевизор может подаваться как радиосигнал, так и полный видеосигнал. Так как сигналы подаются от одного тест-генератора, то радиосигнал и полный видеосигнал синхронны.

При этом возможно наблюдение засинхронизированного радиосигнала и измерение, например, коэффициента модуляции.

Структурная схема селектора строк представлена на рис. 3.13.

Он состоит из submodule синхронизации, схемы выделения полей, счетчика, переключателя выбора строк, формирователя и блока питания (блок питания не показан на рис. 3.13).

Одной из особенностей селектора является использование доработанного submodule синхронизации телевизоров ЗУСЦТ. Переделка submodule заключается в добавлении цепи имитации синхроимпульса обратного хода.

Принципиальная схема селектора строк представлена на рис. 3.15.

Переделка submodule синхронизации заключается в следующем. Цепь имитации состоит из: R16, C14, R20 и R17. Они устанавливаются взамен соответствующих элементов модуля синхронизации телевизора. Резистор R20 устанавливается в свободные отверстия рядом с разъемом submodule.

Видеосигнал подается на вход submodule синхронизации, который вырабатывает строчные и кадровые синхроимпульсы.

Схема выделения полей содержит эмиттерные повторители, которые приводят сигналы строчных и кадровых синхроимпульсов к уровням транзисторно-транзисторной логики.

При выделении первого полукадра используется то обстоятельство, что в кадровый синхроимпульс первого поля попадает три синхроимпульса, а второго – два (рис. 3.14).

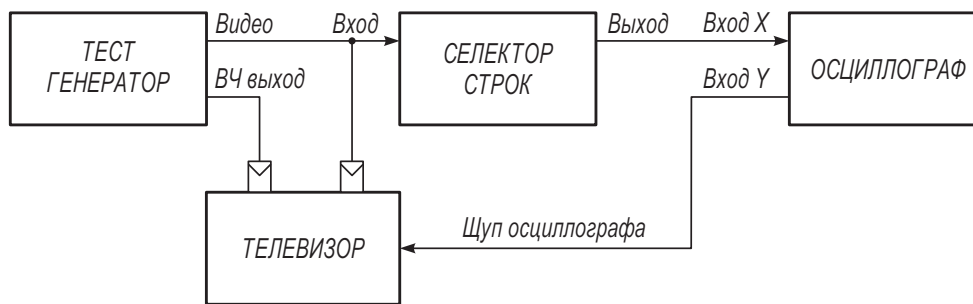


Рис. 3.12. Схема подключения селектора строк

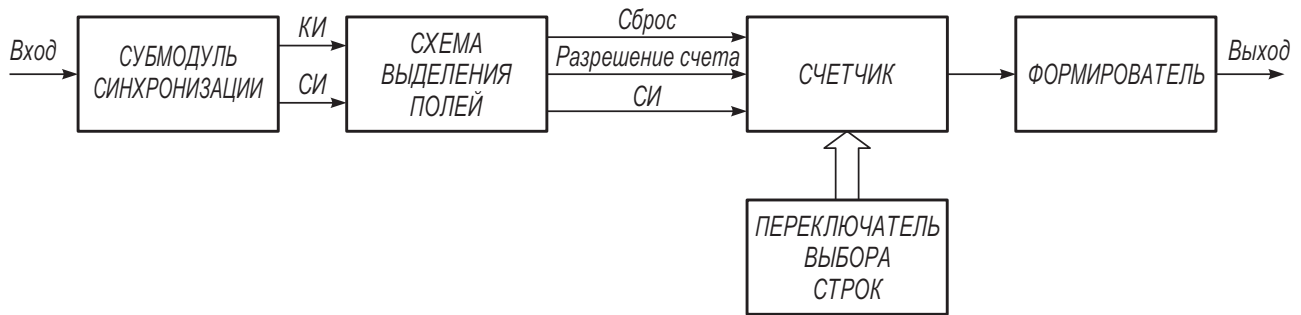


Рис. 3.13. Структурная схема селектора строк

Схема выделения полей вырабатывает сигналы разрешения счета (выход 8 DD5.2) на счетчик и нормированные по уровню синхроимпульсы на вход элемента 2И-НЕ (DD1.4). Разрешение на счет выдается после каждого первого полукадра.

В селекторе использованы счетчики импульсов с предварительной записью. На входы предустановки счетчиков (DD2, DD6, DD7) блока счетчиков поступают сигналы с переключателей установки номера строки (В1...В3).

Селектор работает следующим образом. Сигналом с выхода 6 DD3.3 в счетчики DD2, DD6, DD7 записывается число строк, набранное на переключателях В1...В3. После разрешения счета с выхода 11 DD1.4 на вычитающий вход счетчика DD2 поступают синхроимпульсы.

При нулевом состоянии выхода 13 счетчика DD7 вырабатывается импульс сброса и стробим-

пульс, который через инвертор DD3.4 подается на синхронизирующий вход осциллографа. Импульс сброса записывает набранное число на переключателях В1...В3 и процесс счета повторяется. Таким образом осциллограф будет запускаться каждый раз с номера выбранной строки.

Двоично-десятичные переключатели В1...В3 работают в коде 8-4-2-1. Код номера строки записывается непосредственно в счетчики.

Блок переключателей набран из трех галетных переключателей, что обеспечивает синхронизацию осциллографа импульсами от нулевого до 999-го. Это обусловлено тем, что, при наблюдении сигналов цветности, синхронизироваться следует с номеров строк больших 625. При этом не накладываются друг на друга сигналы цветности красных и синих строк. При необходимости увеличения числа переключателей в схему соответственно добавляются счетчики.

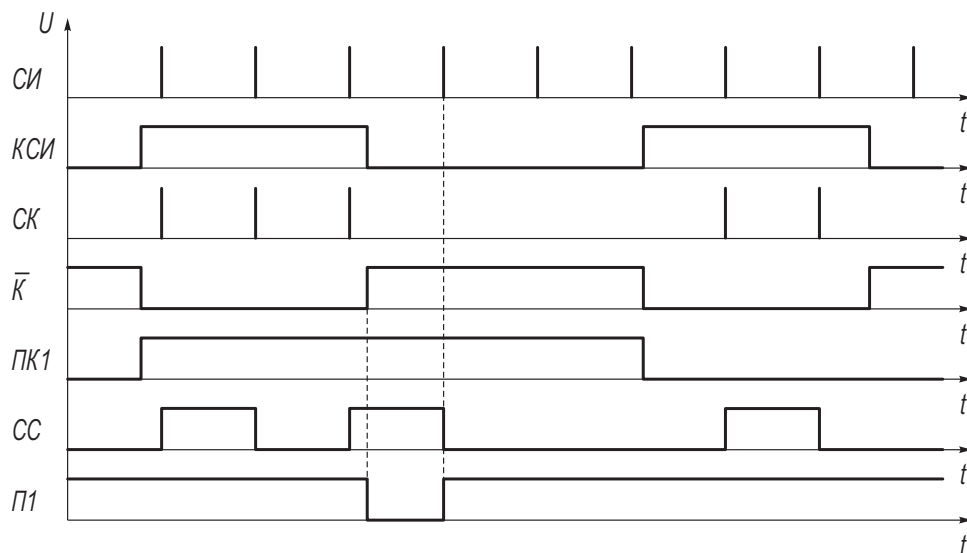
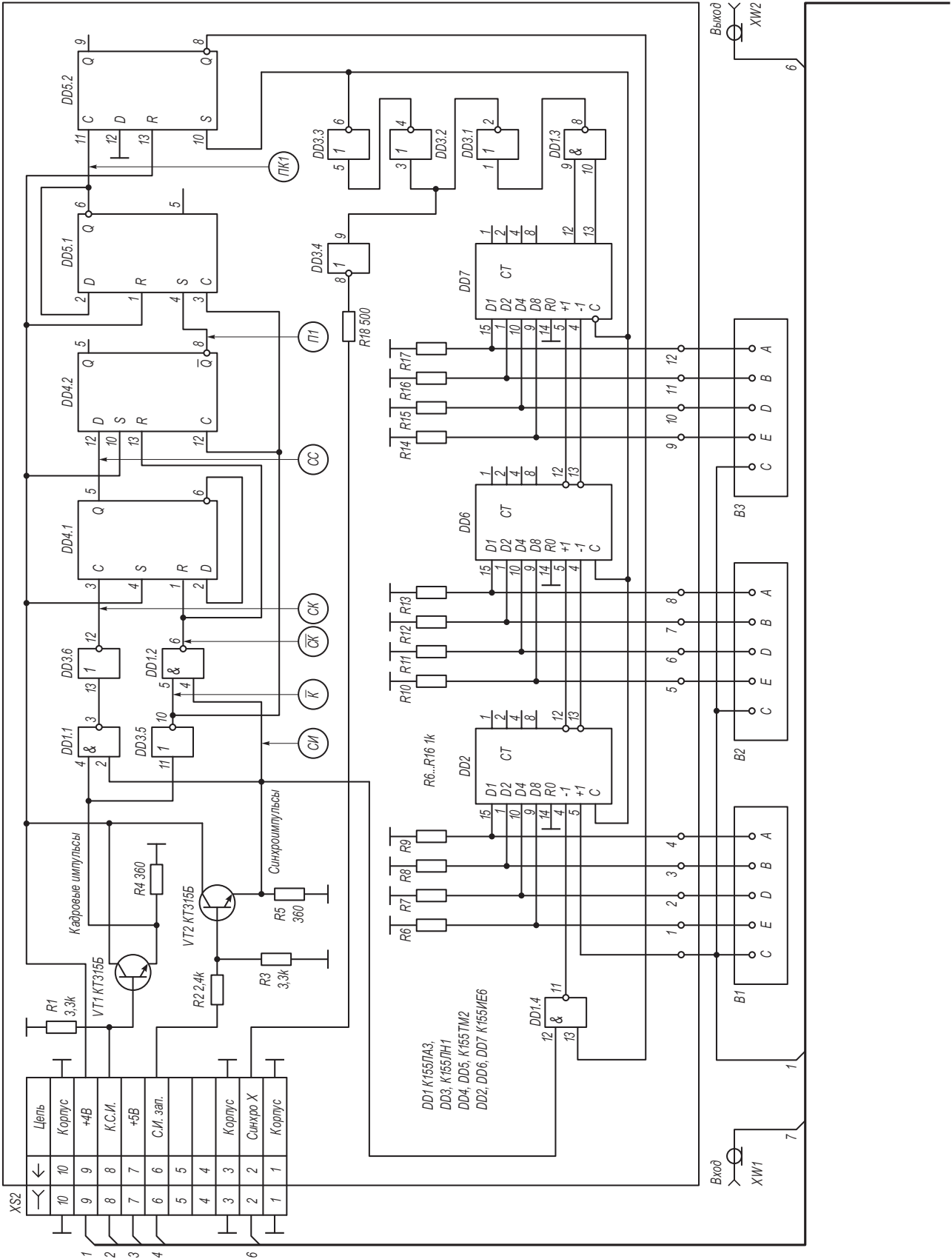


Рис. 3.14. Осциллограммы работы селектора строк





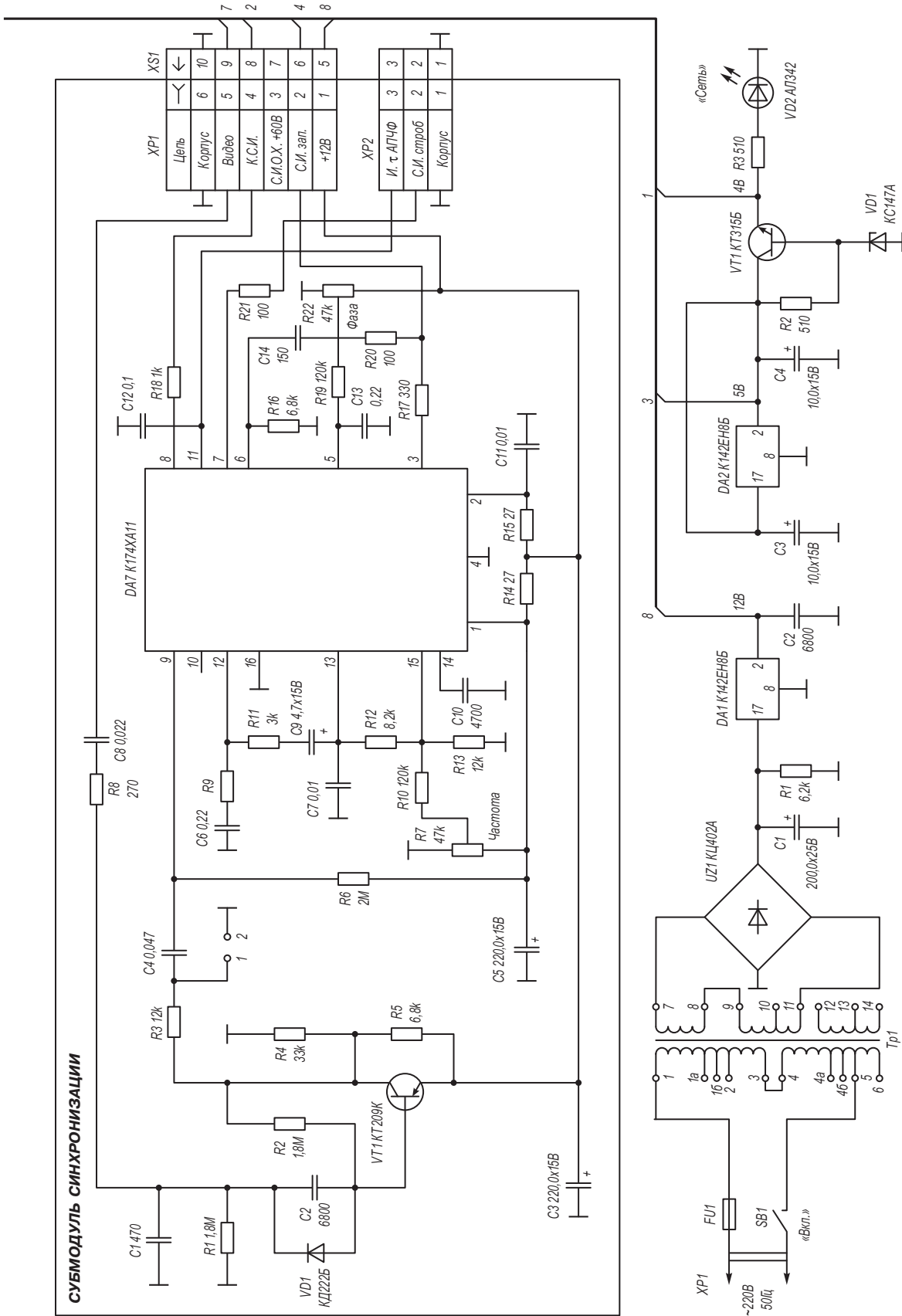


Рис. 3.15. Принципиальная схема селектора строк

### 3.2.3 СОГЛАСОВАНИЕ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ

Подключая осциллограф к исследуемой цепи, не следует забывать о том, что мы находимся в окружении электромагнитных полей. Эти поля создают «наводки» во входных цепях электронных приборов. Если наводки значительные, то осциллограмма окажется настолько «размытой», что понять что-либо будет невозможно.

Чтобы устранить наводки на соединительные проводники электронных приборов, все соединения, особенно на высоких частотах, выполняют коаксиальным кабелем. Коаксиальный кабель обладает емкостью и увеличивает общую входную емкость измерительных приборов.

При настройке отдельных блоков или одиночных каскадов осциллограф, подключенный к выходу исследуемого блока, играет роль последующего за ним каскада или блока.

Чтобы, при таком включении, осциллограмма отражала действительные процессы в налаживаемом блоке, входное сопротивление осциллографа должно быть таким же, как входное сопротивление последующего отключенного блока.

Так как в большинстве случаев входное сопротивление осциллографа много больше входного сопротивления отключенного каскада, выход настраиваемого блока шунтируют резистором  $R_{ш}$  (рис. 3.16) такого сопротивления, чтобы общее сопротивление было равно входному сопротивлению отключенного блока

$$R_{ш} = \frac{R_o R_{вх}}{R_o - R_{вх}},$$

где  $R_o$  — входное сопротивление осциллографа;  
 $R_{вх}$  — входное сопротивление отключенного блока.

Если входное сопротивление осциллографа меньше входного сопротивления последующего отключенного блока, то между выходом ис-

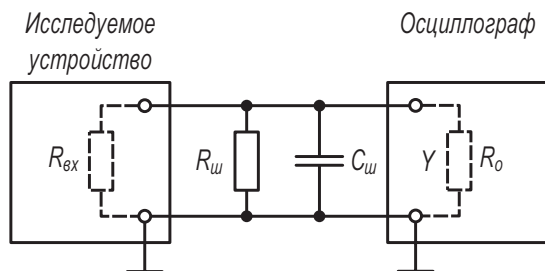


Рис. 3.16. Параллельная согласующая ячейка

следуемого блока и входом осциллографа включают добавочный резистор  $R_d$  (рис. 3.17)

$$R_d = R_{вх} - R_o,$$

где  $R_o$  — входное сопротивление осциллографа;  
 $R_{вх}$  — входное сопротивление отключенного блока.

При измерении высокочастотных напряжений большую роль играет согласование емкостей. Если входная емкость осциллографа  $C_o$  меньше выходной емкости отключенного блока, то параллельно шунтирующему резистору подключают шунтирующий конденсатор  $C_{ш}$  (рис. 3.16), емкость которого равна

$$C_{ш} = C_{вх} - C_o,$$

где  $C_o$  — входная емкость осциллографа;

$C_{вх}$  — входная емкость отключенного блока.

Если входная емкость осциллографа больше входной емкости отключенного блока, то следует уменьшить шунтирующее действие входа осциллографа, т. е. отделить его от исследуемого блока конденсатором  $C_d$  (рис. 3.17), емкость которого равна:

$$C_d = \frac{C_o C_{вх}}{C_o - C_{вх}},$$

где  $C_o$  — входная емкость осциллографа;

$C_{вх}$  — входная емкость отключенного блока.

Приведенные формулы позволяют ориентировочно рассчитывать согласующую ячейку, однако для точных измерений высокочастотного напряжения сопротивление  $R_d$  и емкость  $C_d$  следует уточнить с помощью электронного вольтметра.

Заметив показания вольтметра, когда к его выходу подключен следующий блок, отключают этот блок и вместо него подключают осциллограф с согласующей ячейкой.

Если показания электронного вольтметра при этом не изменятся, то, следовательно, элементы согласующей ячейки подобраны правильно, в противном случае подбирают их более точно.

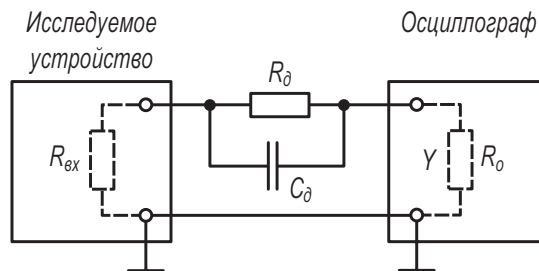


Рис. 3.17. Последовательная согласующая ячейка

### 3.2.4 ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Прямоугольный импульс содержит в себе спектр частотных составляющих – основную гармонику (она совпадает с частотой следования импульсов) и ряд частотных составляющих, хорошо выраженных, по крайней мере, до десятой гармоники.

Подав на вход исследуемого устройства прямоугольные импульсы, и, подключив к выходу осциллограф, на его экране получим изображение испытательного импульса. Если форма импульса на выходе искажена, то по характеру искажения можно определить причину неисправности. Чувствительность этого метода даже к незначительным искажениям достаточно высока.

На практике в усилителе может быть одновременно несколько видов искажений, и поэтому осциллограмма испытательного прямоугольного импульса окажется достаточно сложной.

Осциллограммы наиболее типичных искажений представлены на рис. 3.18. На первой из них (рис. 3.18а) показана форма испытательного прямоугольного напряжения, подаваемого на вход исследуемого устройства.

Перед началом испытаний необходимо проверить усилитель осциллографа – подать на его вход испытательное прямоугольное напряжение и зафиксировать форму импульсов. Именно эта форма и будет тем эталоном, с которым следует сравнивать форму импульсов на выходе.

На рис. 3.18б представлена осциллограмма, свидетельствующая об ослаблении усиления колебаний наиболее высоких частот.

Осциллограмма (рис. 3.18в) – результат ослабления усиления колебаний высоких частот, но значительно большего: фронт импульса настолько удлинился, что занял весь полупериод.

Осциллограмма (рис. 3.18г) характеризует искажения прямоугольного импульса при ослаблении усиления сигналов низких частот.

Осциллограмма (рис. 3.18д) свидетельствует о снижении усиления колебаний не только низких, но и средних частот.

Осциллограммы (рис. 3.18е, ж) говорят о подъеме усиления на низких частотах.

Осциллограмма (рис. 3.18з), получается в случае, если мала постоянная времени одной из переходных цепочек между каскадами усилителя.

Осциллограмма (рис. 3.18и) означает подъем усиления на высоких частотах.

Если в усилительном каскаде происходит ослабление усиления в узком диапазоне средних или низких частот, то на горизонтальной вершине импульса видна впадина (рис. 3.18к).

Осциллограммы (рис. 3.18л, м) – свидетельствуют о наличии в усилителе резонирующих цепей и паразитных колебаний, частоты которых выше верхней граничной частоты испытываемого усилителя.

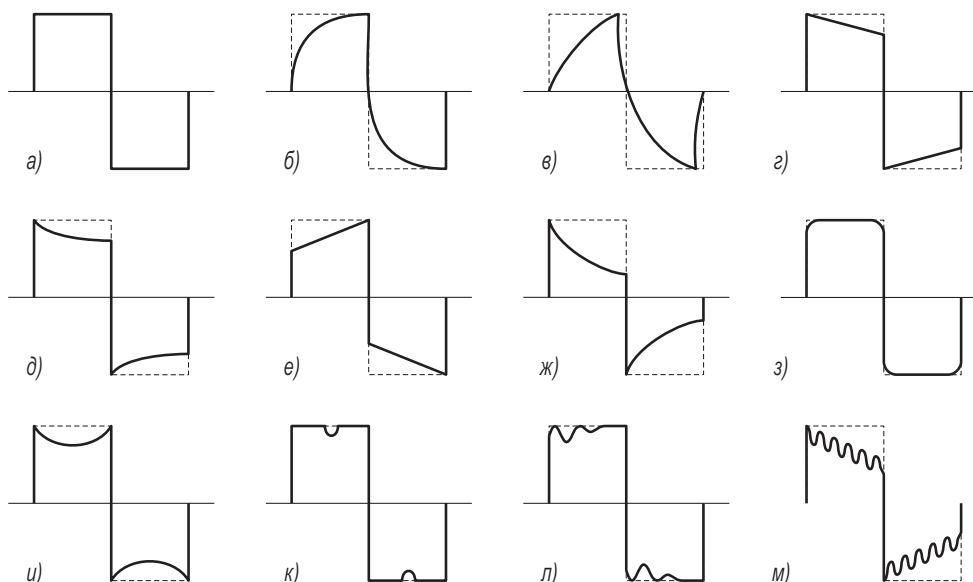


Рис. 3.18. Искажения прямоугольного импульса

### 3.2.5 ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОДУЛЯЦИИ

Телевизионный сигнал, модулированный по амплитуде, характеризуется коэффициентом модуляции  $M$ .

Коэффициент модуляции  $M$  равен отношению изменения амплитуды  $\Delta U$  высокочастотного колебания, при модуляции последнего, к ее значению  $U$ , в отсутствии модуляции:

$$M = \frac{\Delta U}{U}.$$

Максимальное изменение амплитуды не должно превышать ее значения, и поэтому максимальная величина коэффициента модуляции  $M = 1$ . Коэффициент модуляции выражается в процентах.

Кроме того, все модулированные колебания характеризуются глубиной модуляции. Она равна отношению коэффициента модуляции или индекса модуляции к максимальному значению коэффициента модуляции, принимаемому за 100%. При амплитудной модуляции коэффициент и глубина модуляции совпадают.

На рис. 3.19 показан амплитудно-модулированный сигнал.

Коэффициент модуляции вычисляется по формуле:

$$M = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}}.$$

При линейной развертке в канал вертикального отклонения подают высокочастотный модулированный сигнал, а частоту развертки устанавливают в 2...3 раза ниже модулирующей частоты. Для получения неподвижной осциллограммы генератор развертки синхронизируют модулирующим напряжением (см. п. 3.2.2).

Для определения коэффициента модуляции, при синусоидальной развертке, в канал вертикального отклонения подают модулированный

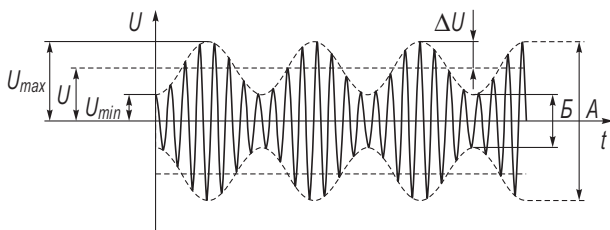


Рис. 3.19. Амплитудно-модулированный сигнал

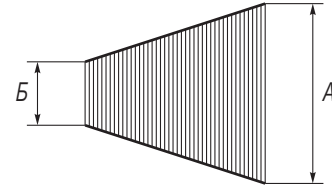


Рис. 3.20. Осциллограмма модулированного сигнала при синусоидальной развертке

сигнал, а в канал горизонтального отклонения — модулирующее напряжение.

Верхний и нижний края изображения ограничены прямыми линиями, наклон которых зависит от значения  $M$ .

При этом на экране осциллографа появляется осциллограмма в виде трапеции (рис. 3.20).

Усилитель осциллографа может создавать фазовый сдвиг. При этом осциллограмма примет вид, показанный на рис. 3.21.

Вместо прямых, ограничивающих фигуру, появляются эллипсы (см. рис. 3.21а). Такая осциллограмма свидетельствует о том, что в исследуемом устройстве между огибающими модулированного колебания и модулирующим напряжением возникает фазовый сдвиг.

Осциллограмма, изображенная на рис. 3.21б означает наличие нелинейных искажений в одном из сигналов. Величину этих искажений по осциллограмме оценить невозможно.

По виду осциллограммы, получаемой на экране осциллографа, при отсутствии искажений и фазового сдвига, способ синусоидальной развертки называют способом трапеции.

Данный способ прост, нагляден и удобен. Он применяется при проверке модулируемых генераторов, тест-генераторов и передатчиков.

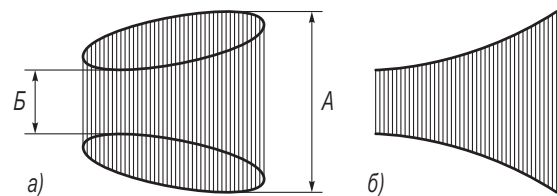


Рис. 3.21. Искажения модулированного сигнала

## 3.3. ТЕСТ-ГЕНЕРАТОРЫ

Тест-генератор предназначен для контроля работоспособности и настройки телевизионных приемников, мониторов, видеомагнитофонов и т. п.

Генератор позволяет контролировать прохождение видеосигнала от антенного входа до кинескопа, производить статическое и динамическое сведение лучей кинескопа, регулировать

однородность первичных цветов кинескопа и линейность изображения по вертикали и горизонтали и т. д.

Прибором можно оценить устойчивость работы узлов синхронизации кадровой и строчной разверток, а также величину геометрических искажений раstra.

### 3.3.1 ТЕСТ-ГЕНЕРАТОР TR-0836/T046

Внешний вид генератора TR-0836/T046 показан на рис. 3.22.

Тест-генератор вырабатывает сигналы:

- в системе PAL по стандартам – В, G, D, H;
- в системе SECAM по стандартам – В, G, D, K.

Типы сигналов:

- шахматное поле;
- сетчатое поле;
- сетчатое поле с точками по раstrу;
- черно-белый полукадр;
- белое поле;
- черное поле;
- красное поле;
- вертикальные цветные полосы в порядке убывания яркости (сигнал 1 и 2);
- вертикальные цветные полосы по наибольшему изменению частоты, для системы SECAM и наибольшему изменению фазы, для системы PAL;
- горизонтальные цветные полосы.

#### Видеовыход

Амплитуда выходного полного видеосигнала (черно-белого или цветного) в положительной полярности равна 1 В на нагрузке 75 Ом. Выход – открытый.

Номинальное значение амплитуды видеосигнала:

- сигнала яркости – 0,7 В (70%);
- синхросигнала – 0,3 В (-30%);
- уровень «черного» (соответствует уровню гашения) – 0 В.

#### Высокочастотный выход

По высокочастотному выходу переключение осуществляется кодовым переключателем, обеспечивающим 100 канальных частот (табл. 3.3), по диапазонам:

- ПЧ, МВ I-II диапазон – 38...94 МГц;
- МВ III диапазон – 170...230 МГц;
- ДМВ IV-V диапазон – 470...860 МГц.

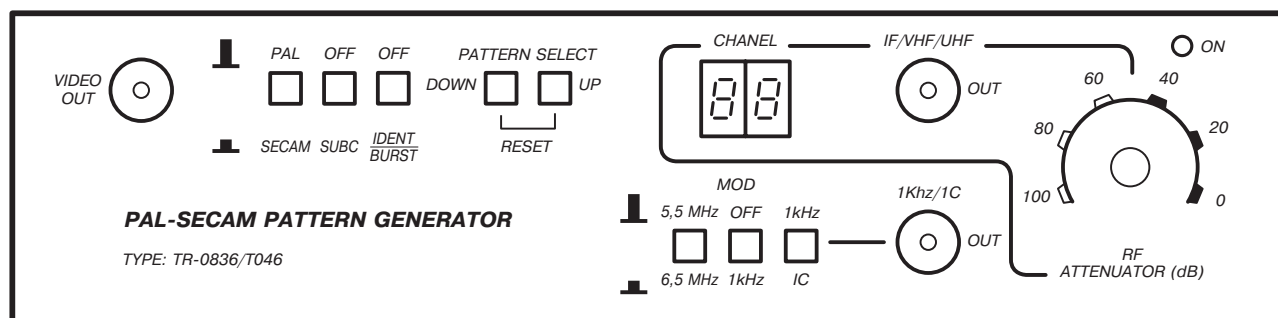


Рис. 3.22. Внешний вид генератора TR-0836/T046

Таблица 3.3.

Значения канальных частот генератора TR-0836/T046				
Код	Полоса	Канал	Стандарт	Частота, МГц
00	ПЧ		МОПТ	38,00
01	МВ I	1	МОПТ	49,75
02	МВ I	2	МОПТ	59,25
03	МВ II	3	МОПТ	77,25
04	МВ II	4	МОПТ	85,25
05	МВ II	5	МОПТ	93,25
06	МВ III	6	МОПТ	175,25
07	МВ III	7	МОПТ	183,25
08	МВ III	8	МОПТ	191,25
09	МВ III	9	МОПТ	199,25
10	МВ III	10	МОПТ	207,25
11	МВ III	11	МОПТ	215,25
12	МВ III	12	МОПТ	223,25
13	МВ			50,00
14	МВ			60,00
15	МВ			70,00
16	МВ			75,00
17	МВ			80,00
18	МВ			90,00
19	МВ			175,00
20	МВ			200,00
21	ДМВ IV	21	МОПТ/МККР	471,25
22	ДМВ IV	22	МОПТ/МККР	479,25
23	ДМВ IV	23	МОПТ/МККР	487,25
24	ДМВ IV	24	МОПТ/МККР	495,25
25	ДМВ IV	25	МОПТ/МККР	503,25
26	ДМВ IV	26	МОПТ/МККР	511,25
27	ДМВ IV	27	МОПТ/МККР	519,25
28	ДМВ IV	28	МОПТ/МККР	527,25
29	ДМВ IV	29	МОПТ/МККР	535,25
30	ДМВ IV	30	МОПТ/МККР	543,25
31	ДМВ IV	31	МОПТ/МККР	551,25
32	ДМВ IV	32	МОПТ/МККР	559,25
33	ДМВ IV	33	МОПТ/МККР	567,25
34	ДМВ IV	34	МОПТ/МККР	575,25
35	ДМВ V	35	МОПТ/МККР	583,25
36	ДМВ V	36	МОПТ/МККР	591,25
37	ДМВ V	37	МОПТ/МККР	599,25
38	ДМВ V	38	МОПТ/МККР	607,25
39	ДМВ V	39	МОПТ/МККР	615,25
40	ДМВ V	40	МОПТ/МККР	623,25
41	ДМВ V	41	МОПТ/МККР	631,25
42	ДМВ V	42	МОПТ/МККР	639,25
43	ДМВ V	43	МОПТ/МККР	647,25
44	ДМВ V	44	МОПТ/МККР	655,25
45	ДМВ V	45	МОПТ/МККР	663,25
46	ДМВ V	46	МОПТ/МККР	671,25
47	ДМВ V	47	МОПТ/МККР	679,25
48	ДМВ V	48	МОПТ/МККР	687,25
49	ДМВ V	49	МОПТ/МККР	695,25
50	ДМВ V	50	МОПТ/МККР	703,25

Продолжение табл. 3.3.

Код	Полоса	Канал	Стандарт	Частота, МГц
51	ДМВ V	51	МОПТ/МККР	711,25
52	ДМВ V	52	МОПТ/МККР	719,25
53	ДМВ V	53	МОПТ/МККР	727,25
54	ДМВ V	54	МОПТ/МККР	735,25
55	ДМВ V	55	МОПТ/МККР	743,25
56	ДМВ V	56	МОПТ/МККР	751,25
57	ДМВ V	57	МОПТ/МККР	759,25
58	ДМВ V	58	МОПТ/МККР	767,25
59	ДМВ V	59	МОПТ/МККР	775,25
60	ДМВ V	60	МОПТ/МККР	783,25
61	ДМВ V	61	МОПТ/МККР	791,25
62	ДМВ V	62	МОПТ/МККР	799,25
63	ДМВ V	63	МОПТ/МККР	807,25
64	ДМВ V	64	МОПТ/МККР	815,25
65	ДМВ V	65	МОПТ/МККР	823,25
66	ДМВ V	66	МОПТ/МККР	831,25
67	ДМВ V	67	МОПТ/МККР	839,25
68	ДМВ V	68	МОПТ/МККР	847,25
69	ПЧ			45,75
70	ПЧ		МККР	38,88
71	МВ I			41,25
72	МВ I	2	МККР	48,25
73	МВ I	3	МККР	44,25
74	МВ I	4	МККР	62,25
75	МВ III	5	МККР	175,25
76	МВ III	6	МККР	182,25
77	МВ III	7	МККР	189,25
78	МВ III	8	МККР	196,25
79	МВ III	9	МККР	203,25
80	МВ III	10	МККР	210,25
81	МВ III	11	МККР	217,25
82	МВ III	12	МККР	224,25
83	МВ I	A 03	FCC	61,25
84	МВ I	A 04	FCC	67,25
85	МВ I	A 05	FCC	77,25
86	МВ I	A 06	FCC	83,25
87	МВ III	A 07	FCC	175,25
88	МВ III	A 08	FCC	181,25
89	МВ III	A 09	FCC	187,25
90	МВ III	A 10	FCC	193,25
91	МВ III	A 11	FCC	199,25
92	МВ III	A 12	FCC	205,25
93	МВ III	A 13	FCC	211,25
94	МВ III	B 06	Std A	179,25
95	ДМВ IV			500,00
96	ДМВ V			600,00
97	ДМВ V			700,00
98	ДМВ V			800,00
99	МВ III	B 12	Std A	206,75

Коду 00 соответствует частота ПЧ — 38 МГц. Кодам 01...12 и 12...68 соответствуют каналные частоты стандартов D и K. Кодам с 95 по 98 соответствуют целые значения частот, которые могут применяться в качестве меток, в случае измерений с генератором качающейся частоты.

Генератор не содержит корректор группового времени запаздывания. Поэтому при осциллографических измерениях, в случае наблюдения детектированного сигнала, следует учитывать ошибку группового времени запаздывания, равную 90 нс.

Номинальное выходное сопротивление ВЧ-выхода — 75 Ом. Выход закрытый. Номинальное выходное напряжение — 50 мВ<sub>эфф.</sub> на нагрузке 75 Ом при измерении в пике синхроимпульсов.

Выходным attenuатором напряжение плавно регулируется на 100 дБ. Видеосигнал амплитудно-модулирован. Номинальная глубина модуляции — 70%. Нижняя боковая полоса не подавлена. Соотношение несущих звука и изображения — 10:1.

Частота несущей звука переключается в пределах 5,5...6,5 МГц. Модуляция частотная при девиации частоты 50 кГц. Частота модулирующего сигнала — 1 кГц. Выходное напряжение несущей звука — 5 мВ.

### Назначение тест-сигналов

#### □ Шахматное поле.

18 вертикальных и 14 горизонтальных полос.

Используется для:

- регулировки размера и положения изображения;
- исследования канала яркости;
- проверки качества цветовой синхронизации.

#### □ Сетчатое поле.

19 вертикальных и 15 горизонтальных линий.

Сигнал используется для:

- контроля статического и динамического сведения лучей кинескопа;
- контроля линейности по строкам и по кадрам.

#### □ Сетчатое поле с точками.

10 вертикальных и 8 горизонтальных линий с точками в центре квадратов.

Сигнал используется для контроля и регулировки статического и динамического сведения лучей кинескопа.

#### □ Черно-белый полукадр.

Комбинация черно-белого перехода по строкам и кадрам.

Сигнал используется для:

- исследования взаимного влияния каналов яркости и цветности;
- контроля переходных процессов по строкам и кадрам;
- установки центра изображения.

#### □ Белое поле.

100% белого по всему растру.

Сигнал используется для:

- регулировки максимума тока луча кинескопа;
- контроля чистоты цвета.

#### □ Черное поле.

Соответствует уровню гашения по всему растру. Сигнал используется для регулировки уровня гашения.

#### □ Красное поле.

75% яркости красного по всему растру.

Сигнал используется для:

- контроля чистоты цвета;
- контроля шума канала цветности.

#### □ Вертикальные цветные полосы 1.

9 вертикальных цветных полос (белая — желтая — голубая — зеленая — пурпурная — красная — синяя — черная — белая) в последовательности убывания яркости. Амплитуда цветов — 100% белая и 75% цветные полосы.

Сигнал используется для:

- контроля основных цветов;
- контроля цветопередачи кинескопа;
- регулировки декодирующих устройств.

#### □ Вертикальные цветные полосы 2.

9 вертикальных цветных полос (белая — синяя — желтая — голубая — красная — зеленая — пурпурная — черная — белая) в последовательности наибольших перепадов по частоте/фазе для систем SECAM/PAL. Амплитуда цветов — 100% белая и 75% цветные полосы.

Сигнал используется для:

- контроля основных цветов;
- переходных процессов блока цветности и кинескопа.

#### □ Горизонтальные цветные полосы.

7 горизонтальных цветных полос (белая — желтая — голубая — зеленая — пурпурная — красная — синяя) в последовательности убывания яркости. Амплитуда цветов — 100% белая и 75% цветные полосы.

Сигнал используется для:

- контроля цветопередачи;
- контроля яркости и контрастности;
- контроля цветового тона и насыщенности.

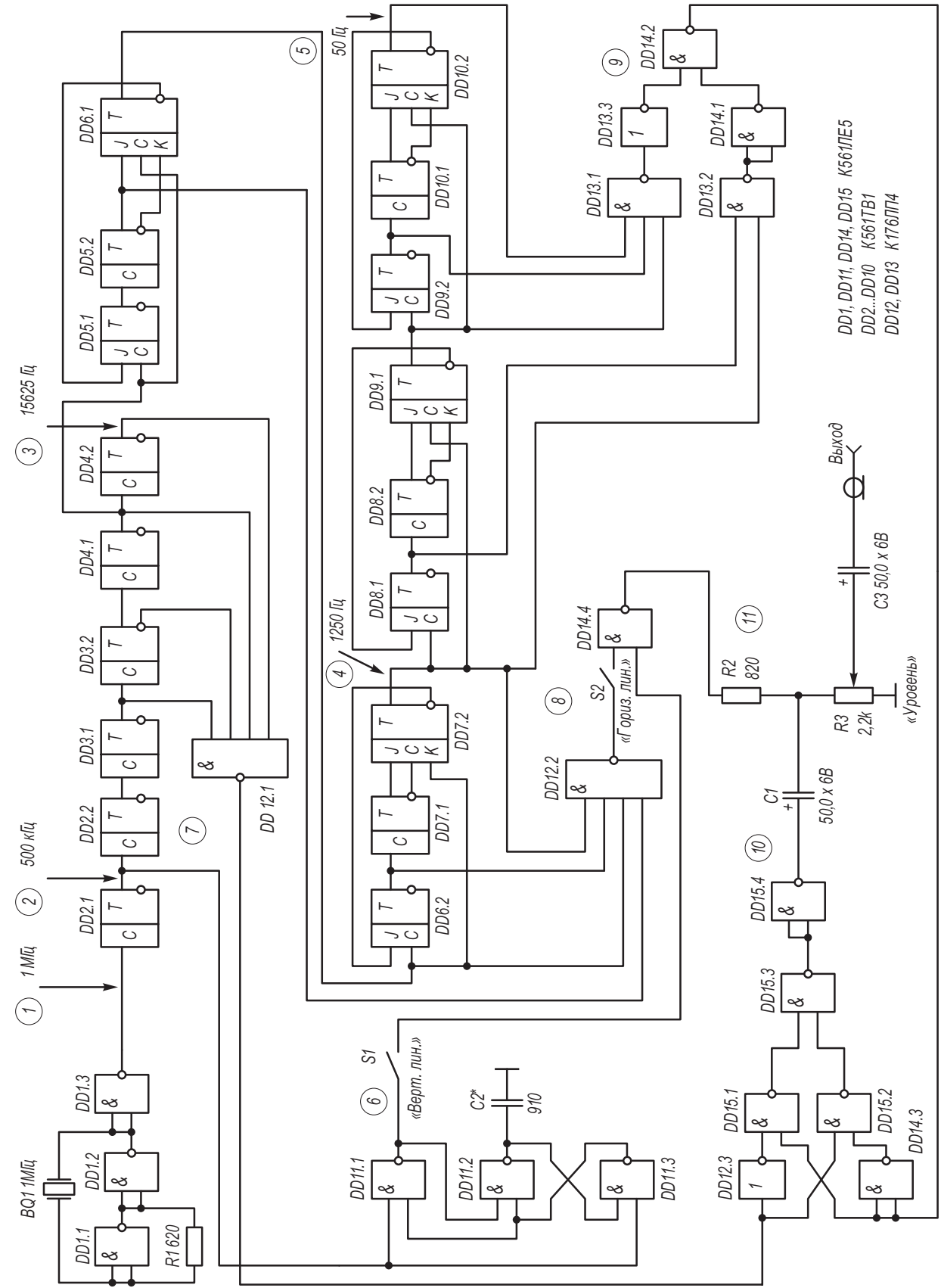


Рис. 3.23. Принципиальная схема генератора испытательных сигналов



### 3.3.2 ПРОСТОЙ ГЕНЕРАТОР ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Упрощенный генератор испытательных сигналов, который можно изготовить самостоятельно, вырабатывает сетчатое и белое поля, вертикальные и горизонтальные линии [4].

Структура синхросмеси обеспечивает получение на экране устойчивого изображения (без излома вертикальных линий и подергивания по вертикали).

Формирование сигналов испытательных изображений осуществляется от одного задающего опорного кварцевого генератора, что обеспечивает высокую точность и жесткие фазовые соотношения между элементами сигнала и, как следствие, высокую стабильность в работе.

Структурная схема прибора представлена на рис. 3.24.

Он состоит из задающего опорного кварцевого генератора КГ, делителя частоты ДЧ, узлов формирования сигналов «вертикальные линии» – ФВ, «горизонтальные линии» – ФГ и «сетчатое поле» – СП, строчных УС и кадровых УК синхроимпульсов и узла формирования полного телевизионного сигнала УПТС.

Кварцевый генератор вырабатывает импульсы с частотой следования 1 МГц. Они поступают на делитель частоты ДЧ.

Делитель частоты имеет один вход и 13 выходов, с которых снимаются импульсные сигналы, обеспечивающие работу всех узлов генератора.

С выхода 1 ДЧ прямоугольные импульсы с частотой 500 кГц поступают на вход ФВ, где происходит формирование сигнала вертикальных линий. Через переключатель S1 этот сигнал подается на вход формирователя сетчатое поле ФС.

Для получения испытательного изображения в виде 24 горизонтальных линий служит сигнал горизонтальные линии, формируемый в узле ФГ.

Сигнал «горизонтальные линии» с выхода узла ФГ через переключатель S2 подается на второй вход узла ФС.

При одновременном поступлении на оба входа ФС полученных ранее сигналов (контакты переключателей S1 и S2 замкнуты), на его выходе образуется испытательный видеосигнал «сетчатое поле».

С делителя частоты ДЧ импульсы соответствующих частот поступают в формирователи строчных и кадровых синхроимпульсов. Полный телевизионный сигнал формируется в узле УПТС.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 3.23.

Задающий опорный кварцевый генератор собран на трех элементах 2И-НЕ (DD1.1...DD1.3).

Узел делителей частоты выполнен на девяти микросхемах DD2...DD10.

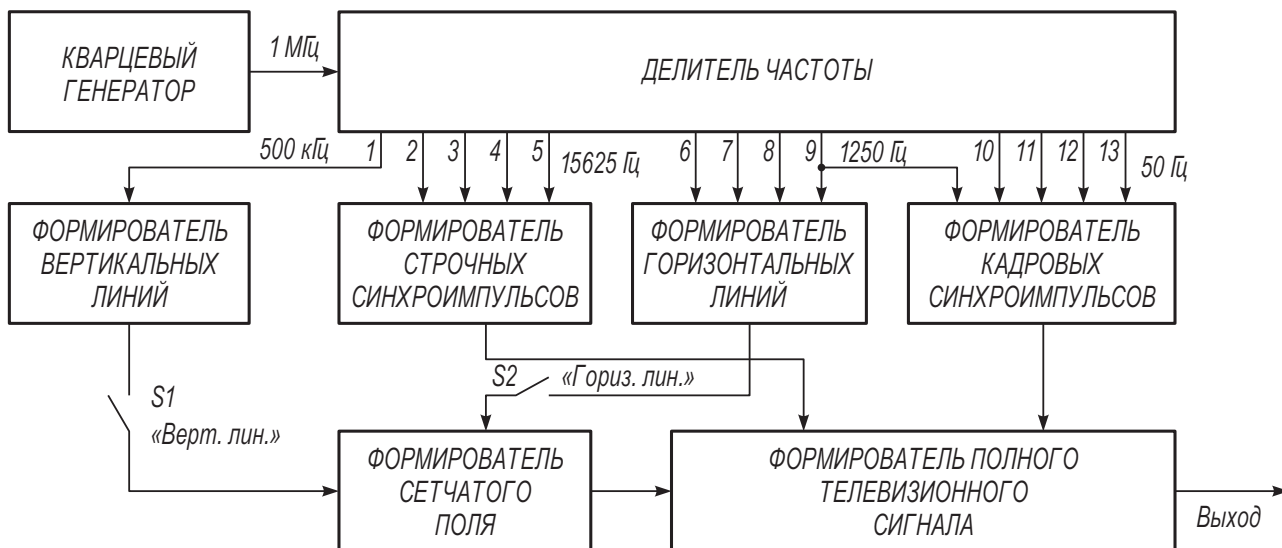


Рис. 3.24. Структурная схема генератора испытательных сигналов

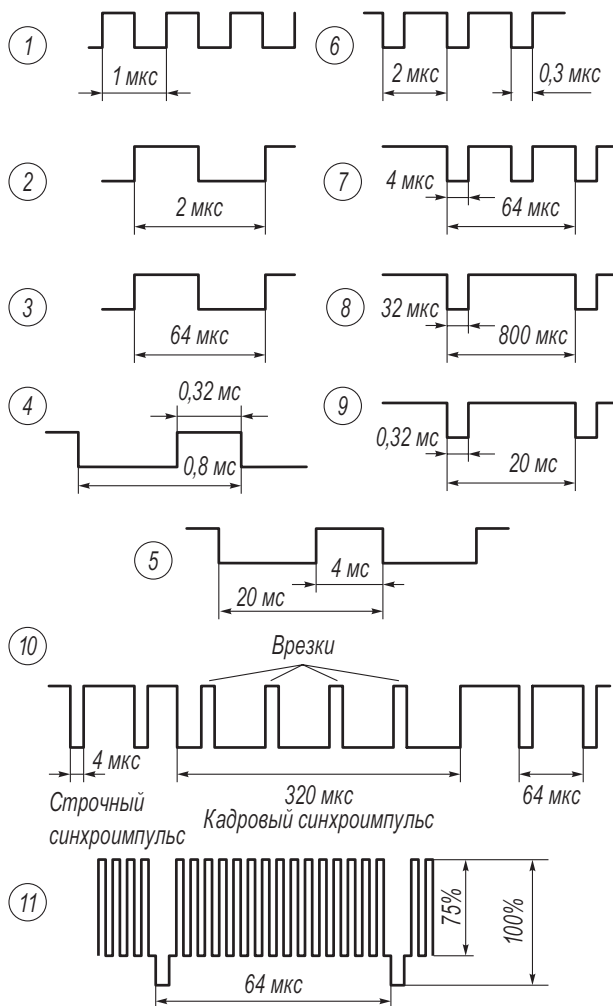


Рис. 3.25. Диаграммы сигналов тест-генератора

Формирование импульсов с требуемыми частотами следования определяется соединением триггеров по счетным и установочным входам, а также охвата их соответствующими связями.

Формирователь вертикальных линий собран на трех двухвходовых элементах 2И-НЕ (DD11.1, DD11.3). В этом режиме на экране кинескопа воспроизводится около 30 вертикальных линий. Конденсатор С2 определяет длительность импульсов вертикальных линий.

Значение емкости С2 определяют подбором по толщине вертикальных линий. Их толщину устанавливают равной толщине горизонтальных линий.

Узел формирования горизонтальных линий собран на элементе 4И-НЕ (DD12.2).

На элементе DD14.4 выполнен узел формирования сетчатого поля.

На выходе элемента DD14.4 появляется сигнал «вертикальные линии», если замкнуты только контакты переключателя S1, сигнал «горизонтальные линии» — если замкнуты только контакты переключателя S2, и сигнал «сетчатое поле» — при одновременном замыкании контактов S1 и S2.

Строчные синхроимпульсы формируются в узле, который выполнен на элементе 4И-НЕ (DD12.1). Сформированные строчные синхроимпульсы, структура которых представлена на рис. 3.25, подаются на вход УПС.

Узел формирования кадровых синхроимпульсов собран на элементах DD13.1...DD13.3, DD14.1, DD14.2.

Для формирования полного телевизионного сигнала на входы узла УПС подаются строчные и кадровые синхроимпульсы и один из испытательных сигналов.

Осциллограмма результирующей синхросмеси показана на рис. 3.25.

Полный телевизионный сигнал образуется на резисторе R3. Резистор R2 ограничивает величину видеосигнала на уровне 25% в сравнении с амплитудой синхросигналов.

При правильно выполненном монтаже и исправности всех элементов прибор работает сразу.

Для контроля работы функциональных узлов на рис. 3.25 приведены эпюры напряжений в соответствующих точках схемы генератора.

Прибор сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания от 3,4 до 6 В. При напряжении источника питания 5 В потребляемый ток составляет 17 мА.

## 3.4. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

При измерении параметров высокочастотного колебательного контура используют резонансные методы измерений.

Во время предварительного подбора элементов колебательного контура определяют резонансную частоту, необходимыми для получения этой частоты индуктивностью, емкостью и добротностью колебательного контура.

### 3.4.1 ДОБРОТНОСТЬ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

Добротность — параметр, характеризующий затухание колебательного процесса в контуре. Чем выше добротность, тем медленнее затухает в нем колебательный процесс.

Причиной затухания являются потери, сопутствующие обмену энергией между конденсатором и катушкой индуктивности контура.

Для определения добротности контура  $Q$  в момент резонанса измеряют высокочастотное напряжение  $U$ , поступающее на контур от высокочастотного генератора, и напряжение  $U_C$  на одном из реактивных элементов контура, например, на конденсаторе  $C_0$  (рис. 3.26). Тогда добротность контура

$$Q = \frac{U_C}{U}.$$

На практике регулируют выходное напряжение  $U_1$  высокочастотного генератора таким образом, чтобы электронный вольтметр всегда показывал

Когда исследуют работу контура в устройстве, то прежде всего снимают его амплитудно-частотную характеристику, позволяющую определить полосу пропускания и избирательность устройства.

Предварительный подбор элементов колебательного контура производят с помощью куметра или измерительных мостов переменного тока.

одно и то же напряжение перед началом измерений (когда контур еще не настроен).

Тогда напряжение  $U$ , подаваемое на контур  $L \times C_0$ , будет всегда одинаковым и показания электронного вольтметра, измеряющего напряжение на образцовом конденсаторе  $C_0$ , будет проградуировано непосредственно в значениях добротности.

На рис. 3.27 изображены резонансные характеристики контуров, обладающих разной добротностью. Они показывают, что ширина полосы пропускания  $2 \Delta f$  зависит от добротности контура:

$$2 \Delta f = \frac{f_0}{Q},$$

где  $f_0$  — резонансная частота контура;

$Q$  — добротность контура (см. стр. 112).

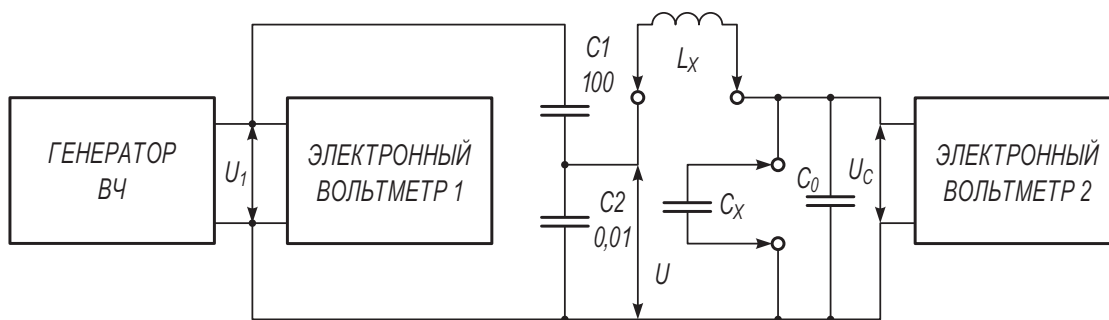


Рис. 3.26. Структурная схема Q-метра

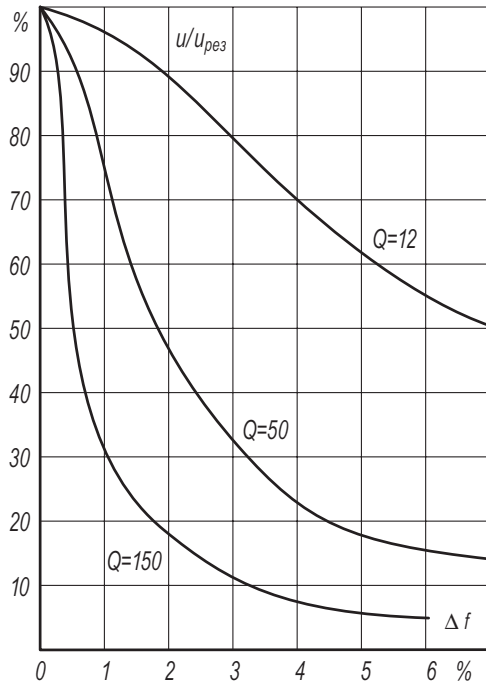


Рис. 3.27. АЧХ контура

### 3.4.2 ПОДБОР ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

Предварительный подбор катушки индуктивности колебательного контура производят на куметре [7].

По принципиальной схеме, в которой будет работать данная катушка индуктивности, определяют емкость контура. При этом учитывают, что в контур входят не только емкость его конденсатора, но и паразитная емкость монтажа, составляющая 2...10 пФ.

В контур входят емкости, вносимые в него транзисторами: выходная емкость транзистора предыдущего каскада (5...15 пФ) и входная емкость транзистора, составляющая 10...30 пФ.

Однако емкости активных элементов, например транзисторов, могут входить в общую емкость контура не полностью, например, когда используют неполное включение контура в выходную и входную цепи транзисторов. Это делают для того, чтобы избежать значительного шунтирования контура и уменьшения его добротности проводимостями цепей.

Оценив емкость колебательного контура, в котором будет работать данная катушка индуктивности, устанавливают значение конденсатора  $C_0$ . Затем измеряемую катушку подключают к зажимам  $L_X$ , устанавливают на высокочастотном генераторе рабочую частоту контура и изменением частоты настраивают генератор в резонанс с измеряемым контуром (рис. 3.26).

За пределами полосы пропускания контур реагирует на подводимые к нему колебания тем слабее, чем выше его добротность.

Селективность контура тем выше, чем лучше его добротность.

Последовательный колебательный контур на резонансной частоте обладает минимальным сопротивлением.

Такой контур применяют в качестве полосового фильтра, пропускающего только колебания с частотами, входящими в полосу пропускания.

Для получения обратной картины используют параллельный колебательный контур. В момент резонанса в нем наступает резонанс токов.

Полоса пропускания, селективность и их зависимости от добротности для обоих видов колебательных контуров одинаковы.

Если резонансная частота окажется близкой к частоте, на которой контур будет работать, то можно считать, что индуктивность катушки подобрана правильно.

Если резонансная частота контура куметра с данной катушкой далека от рабочей частоты будущего контура, то следует изменить индуктивность катушки, увеличив число ее витков при слишком высокой частоте контура или, наоборот, уменьшив число витков при слишком низкой частоте. Изменять резонансную частоту контура можно также подстроечным сердечником катушки.

Куметр позволяет измерить индуктивность контурной катушки. Для этого надо прибавить к емкости конденсатора  $C_0$  значение собственной емкости катушки.

Собственную емкость контурной катушки для многovitковой и многослойной катушки считают равной 10...20 пФ, а если она состоит всего из нескольких витков толстого провода, то ограничиваются емкостью 5...10 пФ.

Затем необходимо прибавить паразитную емкость проводов, соединяющих катушку с зажимами  $L_x$  (5...10 пФ) и, определив резонансную частоту по шкале высокочастотного генератора, вычислить индуктивность катушки по формуле:

$$L_x = \frac{2,53 \times 10^{10}}{f^2 C},$$

где  $L_x$  — индуктивность, мкГн;  
 $C$  — суммарная емкость, пФ;  
 $f$  — частота, кГц.

### Измерения индуктивности

Куметр можно отградуировать так, чтобы индуктивность отсчитывалась непосредственно по шкале конденсатора  $C_0$ . Для этого измерения производят на фиксированной частоте  $f$ .

Индуктивность, необходимая для настройки контура в резонанс на данной частоте, будет определяться только емкостью контура. Поэтому численные значения индуктивности можно нанести непосредственно на шкале конденсатора  $C_0$ . Цену деления шкалы  $L_x$  определяют по таблице в зависимости от частоты, на которой производилось измерение индуктивности.

Измерения индуктивности производят не на рабочей частоте катушки, что вносит некоторую погрешность. Градуировку шкалы  $L_x$  выполняют для средней собственной емкости катушки  $C_L$ .

### 3.4.3 НАСТРОЙКА ОДИНОЧНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА

При настройке одиночного колебательного контура сначала определяют частоту, на которую контур уже настроен, а затем перестраивают его на нужную частоту.

Если же сразу установить на генераторе требуемую частоту и пытаться настроить на нее контур подстроечным сердечником катушки, изменением емкости конденсатора или числа витков катушки, то можно еще больше расстроить контур (рис. 3.29).

Следует поступать следующим образом:

- настроить генератор на частоту, заведомо большую необходимой;

### Измерения емкости

Куметром можно измерить и емкость  $C_L$ . Для этого контур сначала настраивают в резонанс на частоте  $f_1$  и замечают значение емкости  $C_{01}$ . Затем увеличивают частоту генератора куметра вдвое, вновь настраивают контур в резонанс и определяют  $C_{02}$ . Собственную емкость катушки вычисляют по формуле:

$$C_L = \frac{C_{01} - 4C_{02}}{3}.$$

Для измерения добротности катушки устанавливают на генераторе рабочую частоту будущего контура, на шкале конденсатора  $C_0$  — ожидаемую полную емкость контура, и небольшим изменением частоты генератора добиваются настройки в резонанс (см. п. 3.4.1).

При неточном определении резонанса измеренная добротность будет занижена.

Следует помнить, что измеренная на куметре добротность катушки всегда выше той, которой будет обладать контур с этой же катушкой в радиоаппарате, так как там контур будет шунтирован выходными и входными проводимостями транзисторов и другими элементами устройства.

Если реальный контур должен обладать добротностью, например 100, то добротность его катушки должна быть в 2...4 раза выше.

- медленно уменьшать ее до получения четко выраженного отклонения стрелки индикатора настройки на выходе настраиваемого устройства\*.

Вероятность ошибки тем выше, чем чувствительнее настраиваемый усилитель. При настройке генератора на частоты выше частоты настройки контура все гармоники окажутся выше и первое же отклонение стрелки укажет истинную частоту настройки колебательного контура.

Определив частоту настройки контура, принимают решение: следует перестроить его на более высокую или более низкую частоту.

\* Частота генератора должна быть выше, а не ниже необходимой, так как генераторы обладают хорошо выраженной второй гармоникой генерируемых колебаний. Индикатор настройки на выходе каскада может фиксировать резонанс не только при настройке генератора на частоту настройки контура, но и на кратную частоту.

В первом случае уменьшают индуктивность катушки выкручиванием из нее ферромагнитного сердечника или уменьшением числа ее витков, во втором случае, увеличивают ее индуктивность вкручиванием сердечника или увеличением числа витков.

Настраивать контур можно также изменением емкости конденсатора. Для повышения резонансной частоты емкость конденсатора следует уменьшить, а для понижения частоты увеличить. Лучше, однако, настраивать контур усилителя ПЧ изменением индуктивности его катушки, так как емкость контура усилителя выбирают с учетом устойчивости его работы и изменение ее нежелательно.

Настройку контура можно считать законченной, когда небольшое изменение частоты генератора в любую сторону приводит к уменьшению показаний индикатора настройки.

Если при уменьшении частоты генератора происходит хотя бы незначительное увеличение показаний индикатора — это означает, что контур настроен на более высокую частоту.

Это происходит в случае, если подстроечный сердечник катушки (или ротор подстроечного конденсатора) находится в одном из крайних положений. Поэтому четко выраженного резонанса нужно добиваться при среднем положении подстроечного элемента контура.

### Измерение полосы пропускания

Полосу пропускания одиночного колебательного контура оценивают на уровне 0,7 (рис. 3.28), т. е. на уровне, на котором ослабление относительно амплитуды сигнала на резонансной частоте  $f_p$  не превышает 3 дБ.

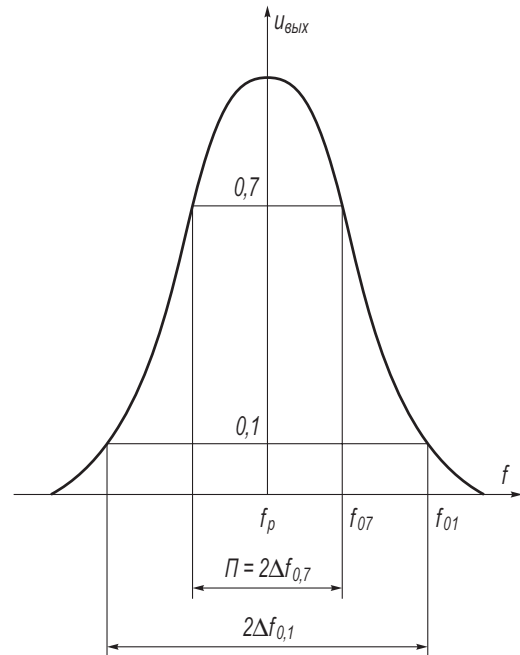


Рис. 3.28. АЧХ реального контура

Для измерения полосы пропускания, генератор настраивают на резонансную частоту контура  $f_p$  по максимальному отклонению стрелки индикатора настройки. При этом уровень выходного напряжения генератора должен соответствовать номинальному входному напряжению для данного каскада.

Замечают угол отклонения стрелки индикатора настройки, а затем увеличивают уровень сигнала генератора на 3 дБ и расстраивают его частоту относительно частоты  $f_p$ , например, в сторону увеличения до тех пор, пока показания индикатора настройки не станут прежними.

Определяют по шкале генератора верхнюю частоту  $f_v$ .

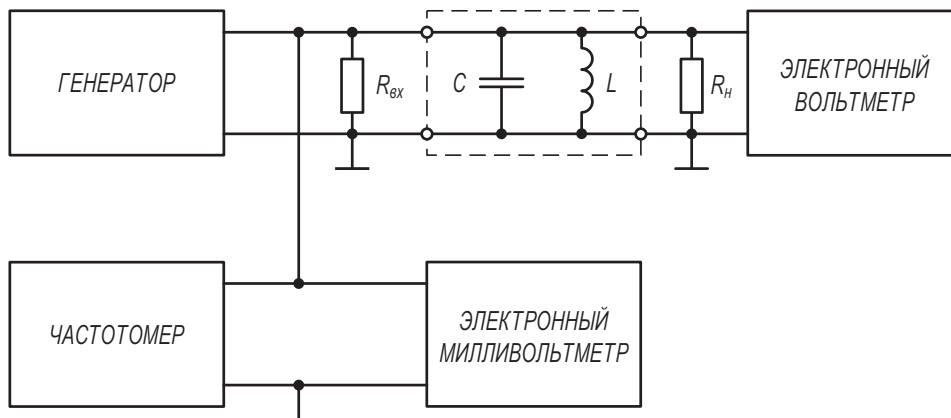


Рис. 3.29. Схема настройки колебательного контура

Затем производят такие же измерения при расстройке генератора в сторону уменьшения частоты, определяя нижнюю частоту  $f_n$ .

Полоса пропускания каскада  $\Delta f$  на уровне 0,7:

$$\Delta f = f_v - f_n.$$

Ширина полосы пропускания должна соответствовать заданной. Если она окажется уже необходимой, то добротность слишком большая или малый коэффициент включения контура.

Снизить добротность контура можно шунтированием его резистором такого сопротивления, чтобы полоса пропускания расширилась до нужного значения.

Повысить коэффициент включения контура, т. е. увеличить число витков катушки, включенных, например, в коллекторную цепь — в результате усилится шунтирующее действие этой цепи на контур и тем самым снизится его эквивалентная добротность. При этом возрастет усиление каскада [7].

При широкой полосе пропускания необходимо повысить добротность контура, например, уменьшением коэффициента включения.

Если последующий каскад связан с контуром настраиваемого каскада катушкой связи, то эту катушку следует отодвинуть от катушки конту-

ра или уменьшить число ее витков. Это приведет к уменьшению усиления. Поэтому следует искать компромисс между усилением, устойчивостью работы и требуемой полосой пропускания.

### Полосовой фильтр на связанных контурах

Форма резонансной характеристики фильтра на связанных контурах зависит от степени связи между контурами.

При слабой связи форма характеристики (рис. 3.30б, кривая 1) мало отличается от формы резонансной характеристики одиночного контура с добротностью, соответствующей добротности этих контуров. Однако коэффициент прямоугольности такого фильтра лучше.

Если одиночный колебательный контур имеет коэффициент прямоугольности около 10, то двухконтурный полосовой фильтр, при слабой связи, обладает коэффициентом прямоугольности в пределах 4...5.

При увеличении связи между контурами уменьшается коэффициент прямоугольности. При увеличении связи до критической (рис. 3.30б, кривая 3) вершина резонансной характеристики прогибается. Коэффициент прямоугольности уменьшается до 3.

При увеличении связи на вершине характеристики образуется впадина и система контуров будет обладать двумя резонансными частотами. По мере увеличения связи глубина впадины увеличивается, а резонансные частоты отодвигаются друг от друга. При глубине впадины до 0,7 коэффициент прямоугольности уменьшается до 2.

Чем выше добротность контуров фильтра, тем при меньшей связи достигается заданный коэффициент прямоугольности.

Резонансная характеристика двух связанных контуров формируется обоими контурами, поэтому, в процессе настройки приходится многократно подстраивать контуры до тех пор, пока не будет достигнута желаемая форма характеристики.

Настройку начинают с определения частоты, на которую настроен каждый контур.

Настроившись на один из максимумов, следует выяснить, какому контуру соответствует этот максимум характеристики.

Вращают сначала сердечник катушки одного контура, а затем другого. Максимум принадлежит тому контуру, который не только изменяет высоту пика, но и смещает его по частоте.

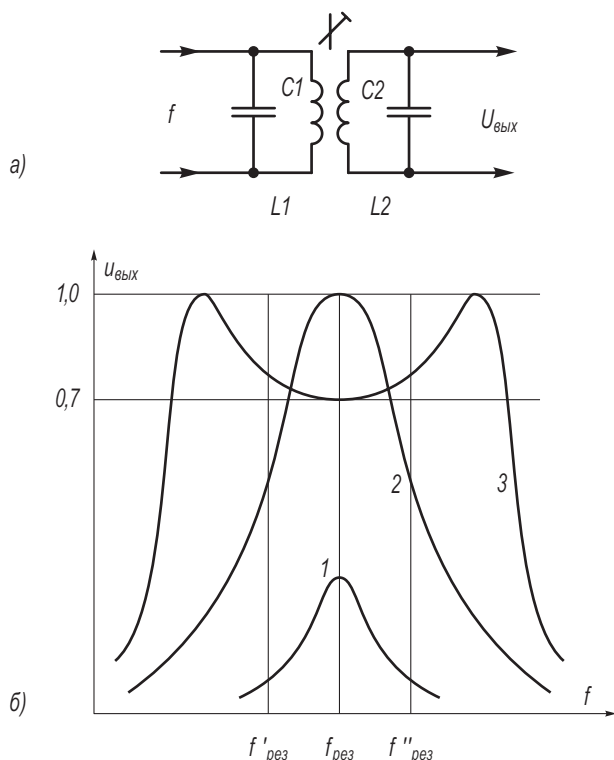


Рис. 3.30. Схема и АЧХ полосового фильтра

При сильной расстройке относительно промежуточной частоты не удастся обнаружить один из пиков.

В этом случае следует исключить второй контур, подключив базовую цепь следующего каскада через конденсатор небольшой емкости к первому, и настроить фильтр на промежуточную частоту как обычный одиночный колебательный контур. Затем, вместо первого контура, включить второй и тоже настроить его на промежуточную частоту.

Можно разомкнуть второй контур (например, отключить конденсатор) и к выводам конца катушки этого контура подключить милливольтметр. В этом случае второй контур окажется сильно расстроенным и перестанет оказывать влияние на настройку первого. Затем второй контур восстанавливают и производят его настройку.

На практике не всегда удастся воспользоваться таким методом, поскольку контурный конденсатор обычно находится рядом с катушкой в экране и добраться до него часто не представляется возможным.

Не обязательно будут получены два отчетливо выраженных пика характеристики, которые затем совмещаются в один.

Контурные могут быть по-разному включены в соответствующих устройствах (например, с разными коэффициентами включения), поэтому можно получить характеристику и с одним пиком, но признаком правильной настройки обоих контуров будет то, что их сердечники находятся в таком положении, при котором высота этого пика окажется максимальной и будет уменьшаться, при вращении каждого сердечника в любую сторону.

После настройки контуров надо измерить полосу пропускания и селективность устройства (см. стр. 112 и п. 3.5.2). Если эти параметры не соответствуют заданным, то следует изменить связь между катушками фильтра и вновь подстроить контуры на промежуточную частоту.

Для того, чтобы расширить полосу пропускания и улучшить коэффициент прямоугольности следует усилить степень связи.

Для усиления связи следует сблизить катушки, увеличить число витков катушки связи или емкость связующего конденсатора — в зависимости от конструкции фильтра.

При сверхкритической связи на характеристике возникнут два пика. Они должны располагаться симметрично относительно номинальной промежуточной частоты.

Если они несимметричны, это будет означать, что один из контуров настроен не на промежуточную частоту или в каскаде велики паразитные обратные связи.

Если при подстройке контуров не удастся ликвидировать несимметричность резонансной характеристики — проверьте устойчивость усилителя (см. стр. 118).

Если выступы характеристики фильтра со связью больше критической окажутся разной высоты, причиной тому может быть разная добротность контуров из-за неодинакового шунтирования их внешними цепями.

Контур с более высокой добротностью можно шунтировать резистором, сопротивление которого подбирают по равенству высоты выступов.

При измерении коэффициента усиления каскада, со связью между контурами фильтра больше критической, следует настроить генератор на номинальную промежуточную частоту, т. е. частоту впадины между выступами.

При измерении полосы пропускания генератор нужно настроить на частоты выступов, заметить показания индикатора настройки, увеличить уровень сигнала генератора в 1,41 раза и, расстраивая генератор в сторону, противоположную номинальной промежуточной, добиться прежних показаний индикатора настройки.

Так же поступают при измерении коэффициента прямоугольности.



## 3.5. ИЗМЕРЕНИЯ В УСИЛИТЕЛЯХ ВЧ и ПЧ

---

В телевизионных приемных устройствах усиление радиосигнала происходит сначала в тракте ВЧ на частоте принимаемого сигнала, а затем на промежуточной частоте. Резонансные усилители ВЧ и ПЧ должны обладать селективными свойствами – обеспечивать выделение сигналов заданной частоты и подавление сигналов всех других частот.

Именно в этом – важнейшая особенность резонансных усилителей. Она оценивается се-

ллективностью при заданной расстройке от частоты, на которую настроен усилитель.

Усилители высокой и промежуточной частот относятся к широкополосным резонансным усилителям. Частотная характеристика усилителя с широкой полосой пропускания формируется всеми каскадами усилителя. В усилителе ПЧ телевизора отношение полосы пропускания к номинальному значению промежуточной частоты составляет 1:8.

### 3.5.1 ИЗМЕРЕНИЯ В УСИЛИТЕЛЕ ВЧ

Усилитель ВЧ – перестраиваемый по частоте резонансный усилитель, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала [13].

Полоса пропускания усилителя ВЧ должна быть не уже полосы пропускания усилителя ПЧ. На практике она всегда шире.

Необходимость перестройки по частоте приводит к тому, что параметры усилителя неодинаковы.

В различных точках диапазона изменяется полоса пропускания, коэффициент усиления и селективность усилителя из-за зависимости добротности колебательных контуров от частоты настройки.

При увеличении частоты растут потери, главным образом, из-за возрастающего действия поверхностного эффекта в проводах контурных катушек и увеличения вихревых токов в монтажных проводниках и экранах. Увеличиваются диэлектрические потери в изоляции контурных конденсаторов.

Поэтому на высокочастотном участке диапазона добротность катушек несколько уменьшается, что влечет за собой расширение полосы пропускания и снижение селективности.

При переходе с низкочастотного участка диапазона на более высокочастотный коэффициент усиления уменьшается, так как для работы на более высокой частоте индуктивность контура должна уменьшиться (при той же емкости конденсатора настройки).

Это значительно уменьшает резонансное сопротивление контура  $R_p = \frac{L}{RC}$ , т. е. нагрузку каскада и его коэффициент усиления.

Основная задача усилителя ВЧ супергетеродина – обеспечение приемнику селективности по зеркальному каналу.

Чтобы избавиться от приема зеркальной помехи между антенной и входом преобразовательного каскада включают контуры, настроенные на принимаемую частоту (рис. 3.28). Зеркальный сигнал будет ослаблен тем сильнее, чем выше добротность контуров.

В любом усилителе есть, как минимум, два контура: в коллекторной цепи транзистора усилителя, на входе усилителя.

Настройка контура в коллекторной цепи транзистора не имеет каких-либо особенностей по сравнению с настройкой одиночного контура, за исключением того, что частота контура должна быть «уложена» в диапазон.

Начинают с низкой частоты диапазона, настраивая контур изменением индуктивности его катушки, затем переходят выше по частоте и настройку ведут изменением емкости контурного конденсатора (подстроечным конденсатором или подбором емкости постоянного конденсатора, подключенного параллельно контурной катушке). Снова повторяют настройку контура на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона. И так, пока контур не будет перекрывать диапазон частот, соответствующих принимаемым каналам.

### 3.5.2 ПАРАМЕТРЫ УСИЛИТЕЛЯ

#### Селективность усилителя

Селективность усилителя  $S_e$  оценивается отношением коэффициента усиления на резонансной частоте  $K_p$  к коэффициенту  $K_f$  на другой частоте:

$$S_e = \frac{K_p}{K_f} \text{ или } S_{e[\text{дБ}]} = 20 \lg \frac{K_p}{K_f}.$$

В идеальном случае коэффициент  $K_f$  должен быть равен нулю, однако, в действительности усилитель не обладает бесконечно большой селективностью, он усиливает и посторонние сигналы. Усиление этих сигналов тем меньше, чем дальше они отстоят по частоте от резонансной частоты  $f_p$ .

Этот «частотный интервал» называют расстройкой  $\Delta f = f - f_p$ . Ее определяют в процентах:

$$\Delta f = \frac{\Delta f}{f_p} \cdot 100\%.$$

Селективность колебательного контура определяется его добротностью:

$$S_e = \sqrt{1 + \left( \frac{Q_o \Delta f}{50 f_p} \cdot 100 \right)^2},$$

где  $Q_o$  – эквивалентная добротность колебательного контура.

Она в 2...4 раза меньше, чем измеренная куметром.

В этой формуле значение частоты следует подставлять в килогерцах.

Расстройка по частоте зависит от назначения усилителя. Усилитель промежуточной частоты (ПЧ) должен обеспечить селективность относительно сигналов с частотами ПЧ – это так называемая селективность по соседнему каналу.

#### Селективность по зеркальному каналу

Для усилителей ВЧ важна селективность не по соседнему каналу, а по так называемому зеркальному каналу – на частотах, отстоящих от резонансной на двойное значение ПЧ (рис. 3.31) [7].

Работа резонансного усилителя характеризуется полосой пропускания. Это важный параметр, так как усилитель телевизора должен усиливать не только колебания резонансной частоты, но и целый спектр колебаний в пределах полосы частот.

Частотная характеристика усилителя должна напоминать по форме букву «П». В идеальном

случае усилитель должен пропускать без ослабления все колебания в пределах заданной полосы частот и не пропускать колебания других частот. Полоса пропускаемых частот (ширина полосы пропускания) определяется назначением усилителя.

Для усилителя ПЧ телевизионного приемника она определяется стандартом (для отечественного стандарта составляет 6,5 МГц). Для усилителя канала звука – 200...300 кГц.

На практике для оценки ее формы существует понятие прямоугольности:

$$K_{П0,1} = \frac{2 \Delta f_{0,1}}{2 \Delta f_{0,7}},$$

где  $K_{П0,1}$  – коэффициент прямоугольности усилителя на уровне 0,1;

$2 \Delta f_{0,1}$  – полоса пропускания усилителя на уровне 0,1;

$2 \Delta f_{0,7}$  – полоса пропускания усилителя на уровне 0,7.

Коэффициент прямоугольности показывает, во сколько раз полоса пропускания усилителя на уровне 0,1 шире полезной полосы пропускания на уровне 0,7.

В высокочастотных усилителях применяют избирательные полосовые фильтры, состоящие из системы индуктивно связанных между собой контуров.

В простейшем случае такой фильтр состоит из двух контуров L1C1 и L2C2 (рис. 3.30а).

Он обладает значительно лучшей прямоугольностью резонансной характеристики, чем одиночный контур и более высокой селективностью при малых расстройках.

Форма резонансной характеристики зависит от степени связи между контурами. При слабой связи (кривая 1) рис. 3.30б она напоминает ха-

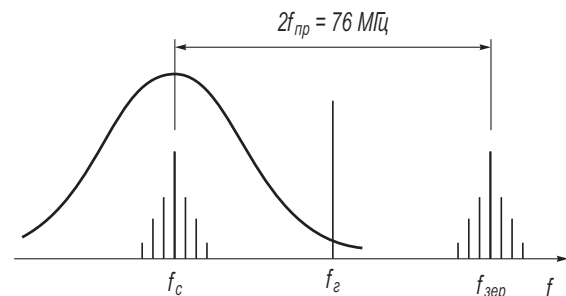


Рис. 3.31. Резонансная кривая контуров преселектора

рактеристику одиночного контура. При критическом значении связи (кривая 2), характеристика такая же, как у одиночного контура, но ее скаты значительно круче. При большой связи между контурами скаты характеристики идут еще круче (кривая 3), но на вершине появляется провал. Это, пожалуй, наилучшая форма характеристики, при условии, что провал не превышает уровня 0,7 (неравномерность не больше 3 дБ).

Двухконтурный полосовой фильтр не обеспечивает необходимую для телевизионного приемника селективность по соседнему каналу,

### 3.5.3 НАСТРОЙКА КОНТУРОВ РАДИОКАНАЛА

Перед началом настройки каскадов необходимо проверить и измерить параметры колебательных контуров. Это позволит предварительно их настроить вне усилителя. Если это не сделать, то осложнится настройка усилителя (см. п. 3.4.2 и п. 3.4.3).

#### **Предварительная настройка контуров**

Лучше всего измерить параметры контуров при помощи куметра. При этом конденсатор переменной емкости куметра надо установить в положение, соответствующее полной емкости контура. На генераторе куметра устанавливают частоту, на которой контур будет работать в усилителе.

К зажимам куметра присоединяют катушку индуктивности, извлеченную из усилителя, и вращением (изменением положения ее сердечника) настраивают полученный контур в резонанс на рабочей частоте. Если только сердечником катушки добиться резонанса не удастся, тогда устанавливают сердечник в среднее положение и достигают резонанса путем изменения частоты генератора куметра.

Если, при этом, резонансная частота значительно отличается от той частоты, на которой контур должен работать в каскаде, то следует изменить индуктивность катушки изменением числа витков. В случае, если различие частот невелико, можно установить катушку индуктивности в усилитель и считать контур предварительно настроенным.

Экраны контуров заметно влияют на их резонансную частоту, поэтому измерения нужно проводить, поместив катушку в аналогичный экран, либо учесть влияние экрана опытным путем (измерив резонансные частоты контура

поэтому усилитель ПЧ на дискретных элементах состоит из нескольких каскадов с такими фильтрами. При последовательном включении каскадов, общая крутизна скатов увеличивается, а селективность, равная произведению селективности отдельных каскадов в относительных единицах или сумме селективностей в децибелах, возрастает.

Хорошей селективности в усилителях ПЧ добиваются с помощью пьезокерамических фильтров. Они обладают долговременной стабильностью и не требуют подстройки в процессе эксплуатации.

с экраном и без него, вы будете знать, на сколько изменится резонансная частота контура из-за влияния экрана).

При измерениях следует обращать внимание не только на резонансную частоту, но и на добротность: она должна соответствовать заданной, иначе невозможно будет получить необходимые селективность и полосу пропускания устройства (см. п. 3.4.1).

Измеренная на куметре добротность контура всегда выше добротности, которой он будет обладать в усилителе. Чтобы правильно смектировать на куметре контур усилителя, необходимо подключить к катушке индуктивности резисторы, имитирующие действие входных и выходных проводимостей транзисторов, а также других цепей усилителя (см. стр. 114).

Значения этих проводимостей можно рассчитать, а во время предварительной настройки контура на куметре помнить, что измеренная собственная добротность катушки индуктивности должна быть по крайней мере в 2 раза выше добротности контура усилителя. Экран отрицательно влияет на добротность контура.

#### **Настройка элементов схем с колебательными контурами**

Настройку контуров проводят в два этапа.

Сначала, при помощи генератора сигналов и электронного вольтметра, предварительно настраивают контуры на номинальную промежуточную частоту.

Затем снимают частотную характеристику устройства, анализируют ее и проводят окончательную подстройку контуров для получения

нужной формы характеристики и полосы пропускания.

Частотную характеристику можно получить либо при помощи высокочастотного генератора сигналов и электронного вольтметра, либо на экране измерителя частотных характеристик.

Генератор высокочастотных сигналов должен обеспечивать настройку частоты с точностью не хуже 1% и обеспечивать регулировку выходного напряжения от 1 мкВ до 1 В с точностью в несколько процентов.

### Настройка каскадов по постоянному току

Когда катушки индуктивности проверены, приступают к установке режима транзисторов усилителя по постоянному току. Все колебательные контуры усилителя следует предварительно замкнуть накоротко перемычками.

Это исключит самовозбуждение и позволит правильно установить режимы транзисторов, поскольку самовозбуждение приводит к грубым ошибкам в измерениях режима по постоянному току.

### Самовозбуждение

Рассмотрим самовозбуждение схемы на примере резонансного усилителя.

Резонансные усилители, особенно многокаскадные, склонны к самовозбуждению. Самовозбуждаются они из-за паразитных наводок между контурами, особенно между выходным и входным, обратной связи через общий источник питания.

Обнаружить самовозбуждение можно при помощи осциллографа или высокочастотного милливольтметра, включив их на выходе усилителя. Использование осциллографа предпочтительнее, так как показания милливольтметра иногда трудно расшифровать: он может регистрировать не самовозбуждение, а шум усилителя.

Осциллограф позволяет наблюдать форму колебаний, возникающих при самовозбуждении. Их легко отличить от шума: как правило, форма таких колебаний несинусоидальна, однако ярко выражает колебательный процесс, в то время как шум имеет хаотическую форму колебаний. Осциллограф часто позволяет определить примерную частоту колебаний самовозбуждения.

Если самовозбуждение возникает сразу же после включения питания усилителя и даже в отсутствие усиливаемого сигнала на его входе, это означает, что в усилителе сильная положительная обратная связь, чаще всего между выходным и входным колебательными контурами или через цепь питания.

В таком случае следует:

- улучшить цепи развязок по питанию (увеличить емкость конденсаторов фильтров);
- экранировать или разнести элементы колебательных контуров различных каскадов;
- поменять местами выводы катушек одного из контуров.

Если же усилитель самовозбуждается только при подаче на его вход сигнала, это означает, что положительная обратная связь недостаточна для самовозбуждения усилителя, и он работает как генератор с принудительной синхронизацией, причем генерация срывается при отключении синхронизирующего напряжения. Причины такого самовозбуждения те же, что и при сильных обратных связях.

Самовозбуждение может возникнуть и в том случае, если усилитель обладает слишком большим усилением, превышающим порог устойчивости. Причиной такого слишком большого усиления могут быть чрезмерно высокие добротности колебательных контуров. Поэтому, если не удастся устранить самовозбуждение описанными здесь способами и добротность колебательных контуров усилителя не была измерена, то следует оценить добротности.

В случае очень больших добротностей их можно уменьшить путем шунтирования контуров резисторами, номиналы которых подбирают по срыву паразитной генерации. Однако подавлять таким способом самовозбуждение без предварительной оценки добротности контуров

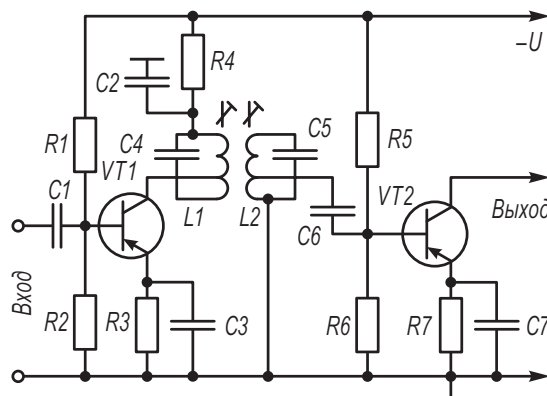


Рис. 3.32. Схема резонансного усилителя

не следует: генерация будет сорвана, но если контуры обладали нормальной добротностью, то при этом значительно снизятся усиление и селективность усилителя.

Причиной самовозбуждения могут быть транзисторы с большой внутренней обратной связью. Поэтому полезно попробовать заменить транзисторы на более высокочастотные, у которых такая связь меньше, или же применить однотипные с прежними, но с меньшим коэффициентом передачи по току. Если же подобная замена по каким-либо причинам невозможна, надо попробовать ввести в каскад отрицательную связь по току: включить в цепь эмиттера резистор, при котором генерация срывается. Но в этом случае несколько снижается усиление каскада.

В резонансных усилителях, собранных по традиционной (рис. 3.32) схеме, коэффициент устойчивого усиления в 5...10 раз меньше теоретического коэффициента усиления, который могли бы обеспечить активные элементы этого усилителя. Большой коэффициент усиления получают при каскодном включении транзисторов (рис. 3.33).

Принцип нейтрализации внутренней обратной связи транзистора заключается в создании цепи внешней обратной связи между коллектором и базой транзистора, противоположной по фазе внутренней. Тем самым, обеспечивается компенсация действия внутренней связи.

Такую внешнюю связь создают при помощи RC-цепи, один конец которой подключают к базе транзистора, а другой — к коллекторной цепи, в которой фаза напряжения сдвинута на  $180^\circ$  (рис. 3.33).

На практике следует тщательно подбирать параметры цепи по срыву самовозбуждения, причем малейшее изменение параметров тран-

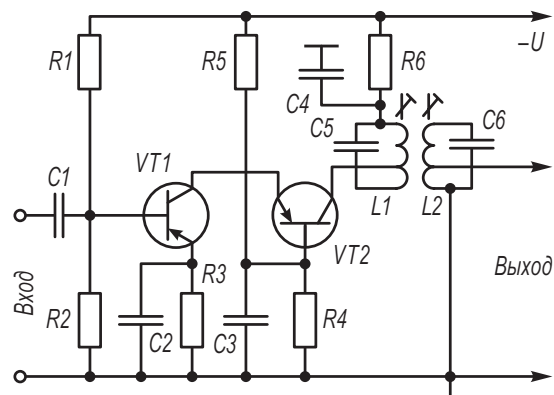


Рис. 3.33. **Схема резонансного усилителя с каскодным включением транзисторов**

зистора, элементов каскада или частоты настройки, приводит к прекращению действия нейтрализации и самовозбуждению каскада.

Каскодный усилительный каскад (рис. 3.33) содержит два транзистора, включенных последовательно друг с другом по переменному току. Первый транзистор каскодного усилителя включен по схеме с общим эмиттером и нагружен на малое входное сопротивление второго транзистора, включенного по схеме с общей базой.

Второй транзистор, включенный по схеме с общей базой, обладает малой выходной проводимостью, поэтому он слабо шунтирует колебательный контур в коллекторной цепи, тем самым обеспечивая большое усиление каскада.

Включение первого транзистора по схеме с общим эмиттером характеризуется значительным входным сопротивлением, что обеспечивает хорошие условия согласования и малую паразитную обратную связь через емкость коллекторного перехода.

### 3.5.4 ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Измерители частотных характеристик (ИЧХ) позволяют непрерывно, в продолжение всего процесса настройки, видеть на экране форму амплитудно-частотной характеристики. В них используют генераторы медленной развертки, позволяющие получать неискаженную форму характеристики и использовать электронно-счетные частотомеры для измерения частоты в любой точке характеристики.

ИЧХ содержат калибраторы амплитуды для отсчета амплитудных значений характеристики, высокочастотные выходные делители, автоматические регуляторы амплитуды выходного напряжения, которые необходимы при исследовании работы блоков телевизионных приемников.

Схема подключения приборов, при настройке усилителя ПЧ, показана на рис. 3.34. Предварительную настройку блоков ведут при помощи ИЧХ, а окончательную – генератора и вольтметра [3].

В случае настройки блоков, следует обеспечить согласование измерительных цепей таким образом, чтобы они не влияли на работу устройства (см. п. 3.2.3).

Блок, при настройке, следует нагрузить резистором, сопротивление которого соответствует входному сопротивлению отключенного выходного устройства, например детектора.

Входное сопротивление  $R_{вх}$  последовательного диодного детектора (рис. 3.35) составляет  $R_{вх} = \frac{R_{н}}{2}$ , т. е. примерно половину сопротивления нагрузки детектора  $R_{н}$ .

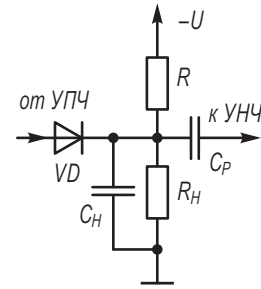


Рис. 3.35. Схема последовательного диодного детектора

Входное сопротивление параллельного диодного детектора (рис. 3.36) составляет  $R_{вх} = \frac{R_{н}}{3}$ .

Входное сопротивление транзисторного детектора (рис. 3.37) равно  $R_{вх} = (5 \dots 10) R_{вт}$ , где  $R_{вт}$  – входное сопротивление транзистора на промежуточной частоте.

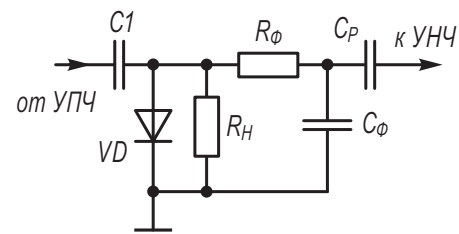


Рис. 3.36. Схема параллельного диодного детектора

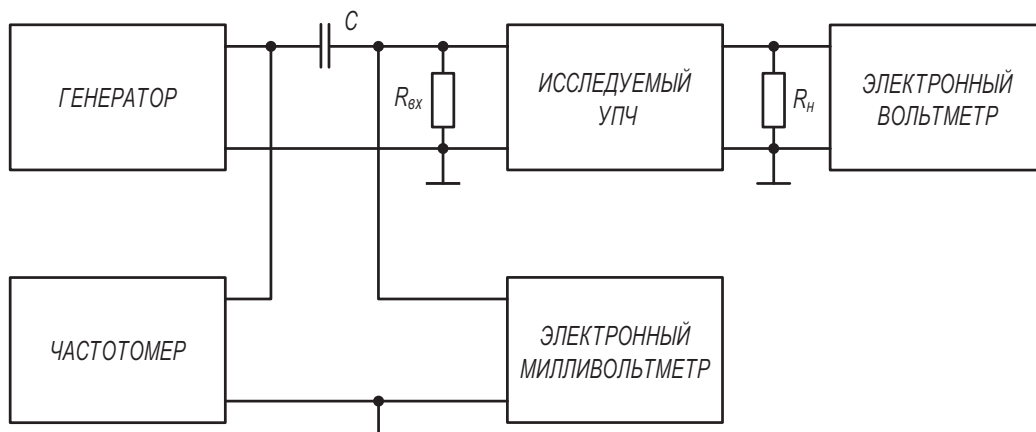


Рис. 3.34. Схема настройки УПЧ

Если настройка блока производится без отключения его от схемы, то электронный вольтметр можно заменить обычным вольтметром переменного напряжения, подключив его к выходу видеоканала.

Например, при настройке синхронного детектора радиоканала, колебания генерируемые генератором, должны быть амплитудно-модулированы с глубиной модуляции порядка 50%.

Вход усилителя ПЧ подключают к генератору через конденсатор, с целью исключить шунтирование базовой цепи первого транзистора усилителя. Конденсатор, совместно с входным сопротивлением первого каскада усилителя, образует делитель, поэтому на вход усилителя поступит только часть выходного напряжения генератора.

Емкостное сопротивление конденсатора  $C$  на промежуточной частоте должно быть в 20...30

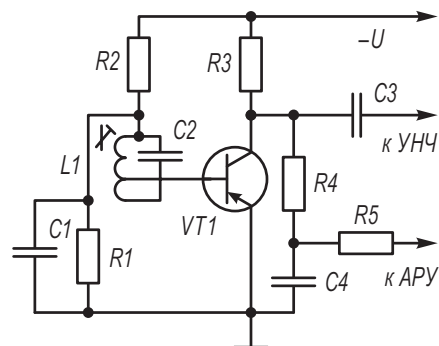


Рис. 3.37. Схема транзисторного детектора

раз меньше входного сопротивления первого каскада:

$$X_c = \frac{159}{2\pi f C},$$

где  $f$  – частота, кГц;

$C$  – емкость конденсатора, мкФ.

### 3.5.5 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЛОКОВ

Когда колебательные контура настроены – измеряют три основных параметра блоков:

- коэффициент усиления;
- полосу пропускания;
- селективность.

Коэффициент усиления  $K$  выражают отношением переменного напряжения сигнала на выходе  $U_2$  и входе  $U_1$ :

$$K = \frac{U_2}{U_1}.$$

Измеренный коэффициент усиления должен быть не менее заданного. Если коэффициент мал, то прежде всего, следует проверить параметры каскадов блока и режимы по постоянному току.

Усиление транзисторного каскада зависит от сопротивления коллекторной нагрузки по переменному току, роль которой выполняет колебательный контур. Его сопротивление на резонансной частоте зависит от:

- добротности катушки;
- шунтирования контура коллекторной цепью транзистора (выходной проводимостью транзистора);
- шунтирования контура цепью нагрузки (входным сопротивлением последующего каскада).

Если режимы транзистора по постоянному току в норме, то необходимо проверить добротность катушки и подобрать, соответственно,

коэффициенты включения в колебательный контур коллекторной цепи транзистора и цепи нагрузки (их подключают только к части витков контурной катушки).

Прежде чем изменять коэффициенты включения, следует измерить частотные параметры каскада:

- полосу пропускания;
- селективность.

#### Измерение селективности каскада

Селективность каскада – способность его ослаблять сигналы вне полосы пропускания. Селективность тем лучше, чем дальше от резонансной частоты контура отстоит мешающий сигнал.

Критерием селективных свойств резонансного усилительного каскада является коэффициент прямоугловности  $K_{П0,1}$  его резонансной характеристики – отношение полосы пропускания на уровне 0,1 резонансной характеристики ( $\Delta f_{0,1}$ ) к полосе пропускания на уровне 0,7 этой характеристики ( $\Delta f_{0,7}$ ):

$$K_{П0,1} = \frac{\Pi_{0,1}}{\Pi_{0,7}}.$$

Он показывает на сколько полоса пропускания, на границе которой мешающий сигнал ослабляется не менее чем на 20 дБ (в 10 раз), шире нормальной полосы пропускания, в пре-

делах которой полезный сигнал ослабляется не более чем на 3 дБ (в 1,41 раза).

При П-образной форме резонансной характеристики полосы одинаковы и коэффициент прямоугольности равен единице. В реальных усилителях он всегда больше единицы.

Чтобы измерить коэффициент прямоугольности, генератор настраивают на резонансную частоту контура, затем увеличивают уровень сигнала генератора в 10 раз и расстраивают частоту генератора в сторону уменьшения таким образом, чтобы показания индикатора настройки стали прежними. Так определяют крайнюю минимальную частоту  $f_n$  полосы.

Аналогично находят вторую крайнюю частоту  $f_v$ . Затем определяют полосу  $\Delta f_{0,1}$  на уровне 0,1 резонансной характеристики и вычисляют коэффициент прямоугольности  $K_{п.0,1}$ .

Селективность каскада  $S_c$  относительно данного мешающего сигнала на частоте  $f$ :

$$S_c = \lg \frac{U_p}{U_f},$$

где  $U_p$  — напряжение на резонансной частоте;  
 $U_f$  — напряжение на частоте помехи.

Величина селективности зависит от назначения устройства. Так как селективность телевизионного приемника по соседнему каналу обеспечивается только усилителем ПЧ, то требования в отношении селективности по соседнему каналу будут требованиями к его усилителю ПЧ.

Конечным этапом измерения параметров резонансного каскада (или всего усилителя) является снятие его частотной характеристики.

Ее можно получить с помощью ИЧХ или с помощью генератора и индикатора настройки по точкам [14].

Получив амплитудно-частотную характеристику, следует оценить ее симметричность относительно резонансной частоты. Несимметричность более 10% свидетельствует о неустойчивости работы каскада или всего усилителя.

Чем выше эквивалентная добротность контура, тем лучше коэффициент прямоугольности и тем выше селективность. Полоса пропускания сужается с увеличением добротности.