УДК 621.382.33.083:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ

Метод измерения постоянной времени цепи обратной связи на высокой частоте

Transistors bipolar. Method for measuring collector-tobase time constant at high frequencies.

ОКП 63 2312

ГОСТ 18604.1—80*

(СТ СЭВ 3993—83)

Взамен ГОСТ 18604.1—73

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 4 июля 1980 г. № 3392 срок действия установлен

с 01.01.82

до 01.01.87

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на биполярные транзисторы и устанавливает метод измерения постоянной времени цепи обратной связи на высокой частоте $\tau_к$ (далее — постоянной времени).

Общие требования при измерении должны соответствовать ГОСТ 18604.0—83 и требованиям, изложенным в соответствующих разделах настоящего стандарта.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 3993—83.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. ПРИНЦИП И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Постоянную времени $\tau_К$ определяют измерением модуля коэффициента обратной связи по напряжению $|h_{i2б}|$ в режиме малого сигнала на высокой частоте исходя из соотношения

$$\tau_К = \frac{|h_{i2б}|}{2\pi f},$$

где f — частота, на которой измеряют $|h_{i2б}|$.

1.2. Частоту измерений f выбирают из ряда: 5, 10, 30, 100, 300 МГц; она должна удовлетворять соотношению

$$\frac{3(h_{i2б})_{изм}}{\tau_К} < 2\pi f < \frac{\tau_К}{3(L_Б + L'_Б)\cdot C_К},$$

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

* *Переиздание (декабрь 1985 г.) с Изменением № 1, утвержденным в апреле 1984 г. (ИУС 8—84).*

gost.e-ecolog.ru

где $(h_{12б})_{нч}$ — значение параметра $h_{12б}$, измеряемое на низкой частоте;

$L'_{Б}$ — конструктивная паразитная индуктивность базового вывода контактодержателя, значение которой обеспечивается конструкцией узла;

$L_{Б}$ — индуктивность базового вывода транзистора;

$C_{К}$ — емкость коллекторного перехода транзистора.

Значения $L_{Б}$ и $C_{К}$ указывают в стандартах или технических условиях на транзисторы конкретных типов (далее — стандартах).

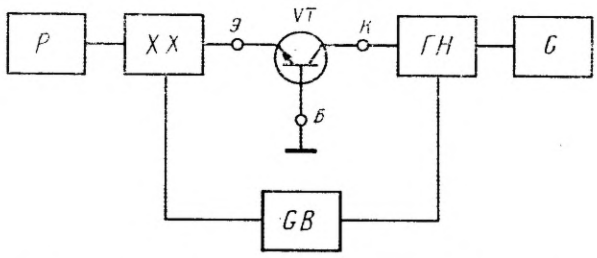
1.3. Измерения производят на малом переменном сигнале при температуре окружающей среды в пределах (25±10) °С. Амплитуду сигнала считают достаточно малой, если при уменьшении амплитуды сигнала генератора в два раза значение измеряемого параметра изменяется менее чем на значение погрешности измерительной установки.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.4. На транзистор в схеме с общей базой задают режим от источника постоянного тока эмиттера и от источника постоянного напряжения коллектор-база, который должен соответствовать указанному в стандартах.

2. АППАРАТУРА

2.1. Постоянную времени следует измерять на установке, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 1.



Р—электронный индикатор напряжения; *ХХ*—схема, обеспечивающая условия холостого хода (схема *ХХ*); *VT*—измеряемый транзистор; *ГН*—схема, обеспечивающая условия генератора напряжения высокой частоты (схема *ГН*); *G*—генератор сигналов; *GB*—блок питания транзистора.

Черт. 1

2.2. При измерении низкочастотных (НЧ) транзисторов в качестве схемы ХХ используют генератор тока, сопротивление которого (омическое в цепи эмиттера или внутреннее сопротивление источника питания эмиттера) должно в 100 и более раз превосхо-

дить входное сопротивление измеряемого транзистора как на постоянном токе, так и на частоте измерения.

Пример электрической схемы для измерения $\tau_к$ НЧ транзисторов приведен на черт. 1 справочного приложения.

2.3. При измерении $\tau_к$ высокочастотных и сверхвысокочастотных (ВЧ и СВЧ) транзисторов расчетная проводимость $\dot{Y}_{х.х}$, состоящая из действительной части проводимости на зажимах эмиттер-база $Re\ (\dot{Y}_{х.х}$ и модуля мнимой части проводимости на зажимах эмиттер-база $|I_m\ (\dot{Y}_{х.х})|$ должна удовлетворять условиям:

$$\left.\begin{aligned} Re(\dot{Y}_{х.х}) &< \frac{0{,}03}{\Delta r + \frac{KT}{qI_э}}\ ; \\ |I_m(\dot{Y}_{х.х})| &< \frac{0{,}2}{\Delta r + \frac{KT}{qI_э}}\ ; \end{aligned}\right\}$$ при измерении

$$\left.\begin{aligned} Re(\dot{Y}_{х.х}) &< \frac{0{,}03}{R_{экв}}\ ; \\ I_m(\dot{Y}_{х.х}) &< \frac{0{,}2}{R_{экв}}\ ; \end{aligned}\right\}$$ при калибровке с помощью эквивалентной цепочки

где Δr — сопротивление в цепи эмиттера транзистора, указываемое в стандартах. Если типовое значение Δr составляет менее 30 % типового значения $r_э$, то Δr можно не учитывать;

$\frac{KT}{q}$ — $26 \cdot 10^{-3}$ В при $T = 300$ К;

$I_э$ — постоянный ток эмиттера;

$R_{экв}$ — сопротивление резистора эквивалентной цепочки, выбирают с погрешностью ±1 %.

Примеры электрических схем ХХ для измерения $\tau_к$ ВЧ и СВЧ транзисторов приведены на черт. 2—4 справочного приложения.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.4. Электронный индикатор напряжения P (далее — прибор P) измеряет напряжение, пропорциональное напряжению холостого хода на зажимах эмиттер-база транзистора. Чувствительность прибора или выходное напряжение генератора высокой частоты должны быть отрегулированы таким образом, чтобы показания прибора P при калибровке численно соответствовали значению постоянной времени эквивалентной цепочки. При калибровке установки по эталонному аттенюатору показания прибора P должны соответствовать его ослаблению α.

Нестабильность чувствительности прибора P должна быть такой, чтобы обеспечивалось постоянство калибровки с погрешностью не более ±10 % в течение часа работы.

При применении многопредельного электронного индикатора напряжения отсчет постоянной времени производят с учетом коэффициента, соответствующего переходу со шкалы, где производили калибровку, к шкале, на которой производили измерение.

Входное сопротивление прибора P при измерении $\tau_к$ НЧ транзисторов должно превышать входное сопротивление транзистора более чем в 100 раз.

Входное сопротивление прибора P при измерении $\tau_к$ ВЧ и СВЧ транзисторов выбирают таким образом, чтобы обеспечивалось условие для расчетной проводимости на зажимах эмиттер-база $Y_{э.х}$ измеряемого транзистора, приведенное в п. 2.3.

Отклонение от линейной характеристики прибора P не должно превышать ± 10 % в интервале 30—100 % шкалы.

Уровень наводок прибора P, вызванных пульсацией напряжения источников питания измеряемого транзистора, а также внутренними и внешними наводками в схеме при отсутствии измеряемого сигнала, должен быть не более 5 % шкалы.

При контроле допускаемого значения наводки в зажимы эмиттер-база вставляют резистор с сопротивлением, равным $r'_{э\,max}$.

2.5. Блок питания транзистора GB обеспечивает заданный режим транзистора при измерении. Коэффициент пульсации выходного напряжения источника питания не должен превышать 5 %.

Блок GB должен обеспечивать задание постоянного тока, внутреннее сопротивление которого не менее чем в 100 раз превышает входное сопротивление транзистора по постоянному току при измерении маломощных транзисторов и не менее чем в 10 раз — при измерении мощных транзисторов.

Постоянное напряжение на коллектор U задают от источника напряжения, внутреннее сопротивление которого должно быть меньше $\frac{U_к}{100 I_к}$ при измерении $\tau_к$ маломощных транзисторов и меньше $\frac{U_к}{10 I_к}$ — при измерении мощных транзисторов, где $I_к$ — постоянный ток коллектора, значение которого указывают в стандартах.

2.6. В качестве генератора сигналов G используется любой генератор сигналов, обеспечивающий постоянство калибровки с погрешностью, в пределах ± 10 % в течение часа работы.

2.7. Схема ГН должна иметь низкое выходное сопротивление $\dot{Z}_{гн}$ на зажимах коллектор-база измеряемого транзистора.

При измерении $\tau_к$ ВЧ и СВЧ транзисторов выходное сопротивление генератора сигналов выбирают равным волновому сопротивлению (50 или 75 Ом) линии, подводящей сигнал от генератора.

При измерении $\tau_К$ расчетное значение выходного сопротивления схемы ГН $\dot{Z}_{гн}$, состоящее из действительной части выходного сопротивления генератора напряжения $Re\ (\dot{Z}_{гн})$ и модуля мнимой части выходного сопротивления генератора напряжения $|Im\ (\dot{Z}_{гн})|$ должно удовлетворять условиям:

$$Re(\dot{Z}_{гн}) < \frac{1}{8\pi f C_К};$$

$$|Im(\dot{Z}_{гн})| < \frac{1}{50\pi f C_К}.$$

Примеры электрических схемГН для измерения $\tau_К$ ВЧ и СВЧ транзисторов приведены на черт. 5—7 справочного приложения.

2.8. При измерении $\tau_К$ ВЧ и СВЧ транзисторов контактодержатель должен обеспечивать выполнение условий:

$$L'_Б < 3L_Б;$$

$$C'_{КЭ} < C_{КЭ},$$

где $L'_Б$ — конструктивная паразитная индуктивность базового вывода контактодержателя;

$L_Б$ — индуктивность базового вывода транзистора;

$C_{КЭ}$ — конструктивная паразитная емкость между выводами коллектора и эмиттера контактодержателя;

$C_{КЭ}$ — емкость между выводами коллектора и эмиттера транзистора.

Если шкалу прибора P калибруют с помощью резистора $R_{экв}$ и конденсатора $C_{экв}$ эквивалентной цепочки, то должно выполняться условие

$$C'_{КЭ} < 0{,}03 C_{экв}.$$

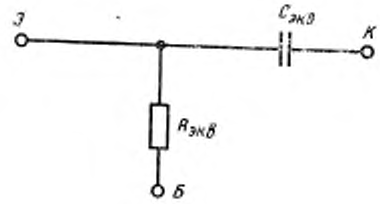
Значения $L'_Б$, $C'_{КЭ}$ обеспечиваются конструкцией узла контактодержателя. Значения $L_Б$, $C_{КЭ}$ указывают в стандартах.

2.9. При измерении транзисторов с изолированными выводами коллектора, базы и эмиттера имеющийся корпусный вывод должен подключаться к земле (базе).

3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Перед измерением следует проводить калибровку шкалы прибора P. Калибровку проводят двумя способами.

3.2. Первым способом режим калибровки осуществляют с помощью эквивалентной цепочки, для чего в схему черт. 1 вместо транзистора VT включают эквивалентную цепочку, схема которой приведена на черт. 2.



Черт. 2

Емкость конденсатора $C_{экв}$ выбирают такой, чтобы входное сопротивление эквивалентной цепочки соответствовало условиям:

$$\sqrt{R^2_{экв}+\left(\frac{1}{\omega C_{экв}}\right)^2} \geqslant 10|\dot{Z}_{тр}|;$$

$$R_{экв\ min} \geqslant 5\omega L$$

где ω — угловая частота измерения,

L — индуктивное сопротивление монтажа.

Произведение $R_{экв}$, $C_{экв}$ выбирают таким, чтобы калибровка и измерение производились в диапазоне 30—100 % шкалы.

Элементы эквивалентной цепочки измеряют в схеме черт. 2 раздельно с погрешностью, не превышающей 1 %.

$R_{экв}$ измеряют на постоянном токе, а $C_{экв}$ — на переменном токе любой частоты.

При калибровке устанавливают показания прибора P численно равными постоянной времени эквивалентной цепочки.

Частота и амплитуда переменного напряжения от генератора G при калибровке должны быть такими же, что и при измерении.

3.3. При втором способе калибровки в контактодержатель между выводами эмиттера и коллектора включают перемычку. При этом на выходе генератора G вводят аттенюатор (аттенюатор можно включать и в канал измерителя и вместо контактодержателя), значение ослабления которого α выбирают таким, чтобы калибровочная точка укладывалась в динамический диапазон шкалы прибора P с погрешностью, не превышающей 5 %, при этом калибровочное значение $\tau_{К\ клб}$ должно быть равно

$$\tau_{К\ клб} = \frac{1}{2\pi f}$$

3.4. После проведения калибровки в схему черт. 1 следует установить измеряемый транзистор. Устанавливают заданный в стандартах на транзистор режим питания по постоянному току.

3.5. Постоянную времени определяют по шкале прибора P (при калибровке первым или вторым способом) или по аттенюатору генератора G при калибровке вторым способом, при этом прибор P выполняет функции индикатора уровня.

3.6. Способ калибровки может отличаться от приведенного, если он обеспечивает правильное соотношение между амплитудой генератора G и чувствительностью прибора P, точность измерения и удобство работы.

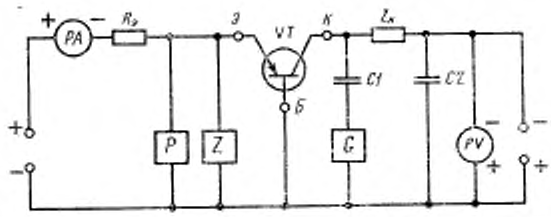
4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

4.1. Основная погрешность измерительных установок, в которых используются стрелочные приборы, должна находиться в пределах ± 15 % конечного значения рабочей части шкалы и в пределах ± 20 % измеряемого значения в начале рабочей части шкалы.

4.2. Основная погрешность измерительных установок, в которых используются цифровые приборы, должна находиться в пределах ± 15 % измеряемого значения ± 2 знака младшего разряда дискретного отсчета.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

1. Пример электрической схемы измерения постоянной времени $\tau_К$ НЧ транзисторов.



PA—измеритель тока; $R_Э$ резистор в цепи эмиттера, *VT*—измеряемый транзистор; $Z_К$—полное сопротивление для развязки цепи генератора сигналов и источника питания коллектора; *C1*—разделительный конденсатор; *C2*—блокировочный конденсатор; *P*—электронный индикатор напряжения; *Z*—ограничитель напряжения; *G*—генератор сигналов; *PV*—измеритель напряжения

Черт. 1

Основные элементы схемы измерения должны соответствовать требованиям, указанным в разд. 2 настоящего стандарта.

Конденсаторы *C1* и *C2* выбирают одинаковой емкости, исходя из соотношения

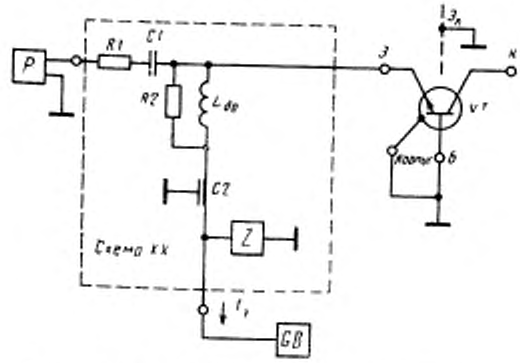
$$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{\omega C_2} \ll (0{,}1 - 0{,}01) R_К$$

Активное сопротивление постоянному току в цепи коллектора $R_К$ должно удовлетворять соотношению

$$R_К \leqslant \frac{U_К}{100 I_Э},$$

Примеры схем ограничителя напряжения приведены на черт. 8.

2. Пример электрической схемы ХХ для измерения постоянной времени $\tau_К$ мощных ВЧ и СВЧ транзисторов.



P—электронный индикатор напряжения; *R1*—резистор для развязки; *C1* и $L_{др}$—контур для задания необходимого значения проводимости холостого хода; $Э_К$—экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора измеряемого транзистора *VT*; *R2*—резистор для подавления паразитного возбуждения транзистора; *C2*—конденсатор для подавления помех, поступающих из *GB* на вход *P*; *Z*—ограничитель напряжения; *GB*—блок питания транзистора.

Черт 2

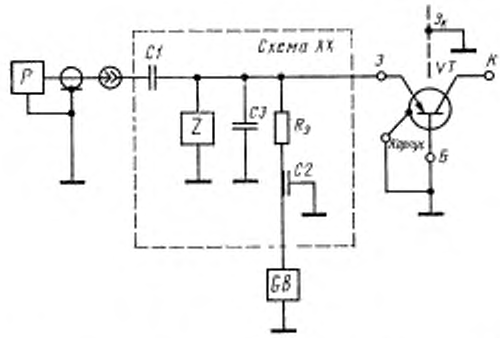
Выбор элементов схемы ХХ определяется требованиями п. 2.3 стандарта к необходимому значению проводимости на зажимах эмиттер-база измеряемого транзистора.

3. Пример электрической схемы ХХ для измерения постоянной времени $\tau_К$ маломощных ВЧ и СВЧ транзисторов навесной конструкции с гибкими выводами, у которых высокочастотные параметры удовлетворяют соотношению

$$\frac{f_{гр}}{\tau_К} < 30,$$

где $f_{гр}$ — граничная частота коэффициента передачи тока, МГц;

$\tau_К$ — постоянная времени, пс.



P—электронный индикатор напряжения; *C1*—разделительный конденсатор; $Э_К$—экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора измеряемого транзистора *VT*; *Z*—ограничитель напряжения; *C3*—конденсатор, обеспечивающий короткое замыкание на высокой частоте и условие холостого хода на частоте измерения; *R* —резистор в цепи эмиттера; *C2*—конденсатор для подавления помех, поступающих из *GB* на вход *P*; *GB*—блок питания транзистора.

Черт. 3

Выбор емкостей конденсаторов *C1* и *C2*, входного сопротивления $R_{вхР}$ прибора *P* определяется необходимым значением проводимости холостого хода на зажимах эмиттер-база, которую определяют согласно п. 2.3 настоящего стандарта.

Емкость конденсатора *C1* на частоте измерения должна удовлетворять соотношению

$$\frac{1}{\omega C_1} \leqslant \frac{R_{вхР}}{10},$$

если используют прибор *P* с большим входным сопротивлением, или

$$\frac{1}{\omega C_1} \gg R_{вхР},$$

если используют прибор *P* с малым входным сопротивлением (50 или 75 Ом).

Сопротивление резистора $R_Э$ должно быть в 10 раз больше, чем входное сопротивление транзистора по постоянному току. Емкость конденсатора *C2* выбирают из условия

$$\frac{1}{\omega C_2} \leqslant \frac{R_Э}{10}.$$

Суммарная емкость $C_{ЭБ}$, состоящая из емкостей конденсатора *C3*, входной емкости прибора *P* и емкости ограничителя напряжения *Z*, включенная параллельно выводам эмиттер-база измеряемого транзистора, должна удовлетворять требованию

$$\frac{1}{2\pi f C_{ЭБ}} \geqslant (7—10) h_{11б\max}.$$

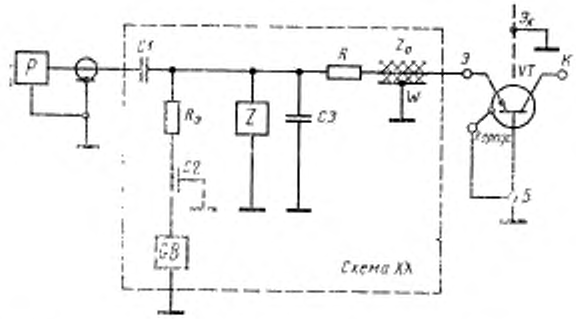
где f — частота измерения;

$h_{11б\max}$ — максимальное значение входного сопротивления транзистора VT в режиме малого сигнала, указывают в стандартах.

Значение емкости $C_{ЭБ}$ рекомендуется выбирать близко к максимально допустимому.

4. Пример электрической схемы ХХ для измерения постоянной времени $\tau_к$ маломощных ВЧ и СВЧ транзисторов коаксиальной и полосковой конструкции, у которых высокочастотные параметры не удовлетворяют соотношению

$$\frac{f_{гр}}{\tau_к} < 30$$



P—электронный индикатор напряжения; $C1$—разделительный конденсатор; R—нагрузочный резистор; W—передающая линия с волновым сопротивлением Z_0; VT—измеряемый транзистор; $Э$—экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора; $R_Э$ резистор в цепи эмиттера; Z—ограничитель напряжения; $C3$—конденсатор, обеспечивающий короткое замыкание на высокой частоте и условие холостого хода на частоте измерения; $C2$ конденсатор для подавления помех; GB—блок питания транзистора.

Черт. 4

Выбор основных элементов схемы ХХ определяется требованиями п. 2.5 настоящего стандарта к необходимому значению проводимости на зажимах эмиттер-база VT.

В данной схеме суммарная емкость $C_{ЭБ}$, удовлетворяющая соотношению, приведенному в п. 3 приложения, состоит из емкостей конденсатора $C1$ и $C3$, емкости ограничителя Z и распределительной емкости полосковой передающей линии.

Требования к емкости конденсаторов $C1$ и $C2$ изложены в п. 3 справочного приложения.

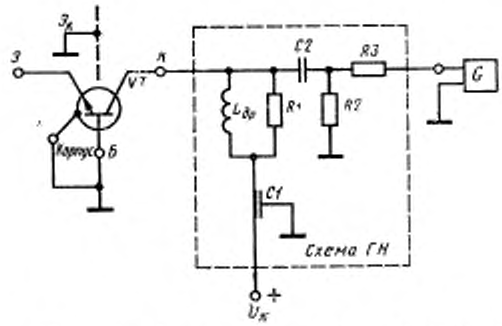
5. Пример электрической схемы ГН для измерения постоянной времени $\tau_к$ мощных ВЧ и СВЧ транзисторов.

Выбор элементов схемы ГН определяется требованиями п. 2.7 настоящего стандарта к значению выходного сопротивления

Значения сопротивлений резисторов $R2$ и $R3$ должны удовлетворять условиям:

$$R_3 = 2R_4;$$

$$R_3 + R_4 = 50 \text{ или } 75 \text{ Ом}.$$



VT—измеряемый транзистор; $Э_К$—экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора. *C2* разделительный конденсатор; *R2, R3*—резисторы для развязки генератора сигналов; *G*—генератор сигналов, $L_{др}$—дроссель для задания напряжения на коллектор транзистора; *R1*—резистор для подавления паразитного возбуждения транзистора; *C1*—блокировочный конденсатор.

Черт. 5

Индуктивность дросселя $L_{др}$ должна выбираться из соотношения

$$L_{др} > \frac{5R_2}{2\pi f}.$$

Емкость конденсаторов *C1* и *C2* выбирают из следующих условий:

$$C_1 \geqslant 100C_К;$$

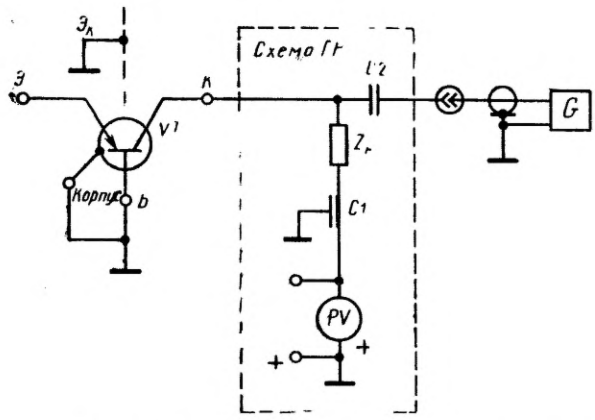
$$C_2 \geqslant 100C_К,$$

где $C_К$ — емкость коллекторного перехода *VT*, указывают в стандартах

Рекомендуется выбирать выходное сопротивление генератора сигналов равным волновому (50 или 75 Ом). В этом случае резисторы *R2* и *R3* отсутствуют.

6. Пример электрической схемы ГН для измерения постоянной времени $\tau_К$ маломощных ВЧ и СВЧ транзисторов навесной конструкции с гибкими выводами, у которых высокочастотные параметры должны удовлетворять неравенству.

$$\frac{f_{гр}}{\tau_К} < 30$$



VT—измеряемый транзистор; $Э_К$—экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора; *C2*—разделительный конденсатор; *G*—генератор сигналов; $Z_К$—полное сопротивление для развязки цепи генератора сигналов и источника питания; *C1*—разделительный конденсатор; *PV*—измеритель напряжения.

Черт. 6

Выбор элементов схемы ГН в цепи коллектора определяется требованиями п. 2.7.

7. Пример электрической схемы ГН для измерения постоянной времени τ маломощных ВЧ и СВЧ транзисторов коаксиальной и полосковой конструкции, у которых высокочастотные параметры не удовлетворяют неравенству

$$\frac{f_{гр}}{\tau_К} < 30.$$

Основные элементы схемы должны соответствовать требованиям, указанным в п. 2.7 настоящего стандарта по выбору схемы ГН в цепи коллектора.

Для высоких частот аттенюатор *E* должен быть подключен непосредственно к зажимам передающей линии через конденсатор *C2*.

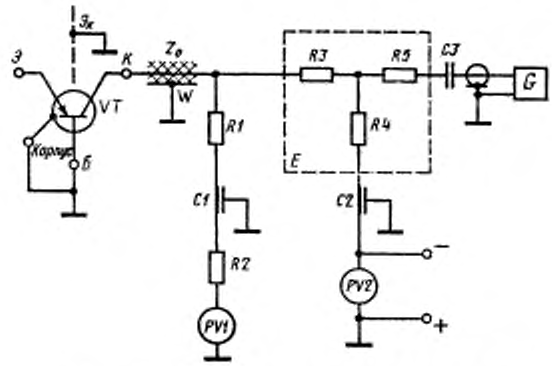
Аттенюатор *E* должен состоять из резисторов *R3, R4, R5* и совмещать функции полного сопротивления для развязки, указанного на черт. 1 приложения, и согласованной нагрузки для линии *W*.

Значения сопротивлений резисторов *R3, R4* и *R5* следует рассчитывать через волновое сопротивление линии Z_0 и значение ослабления аттенюатора α:

$$R_3 = R_5 = Z_0 \frac{1}{\sqrt{1+\frac{4\alpha}{(\alpha-1)^2}}};$$

$$R_4 = Z_0 \frac{\frac{2\alpha}{(\alpha-1)^2}}{\sqrt{1+\frac{1\alpha}{(\alpha-1)^2}}}.$$

В данном случае выходное сопротивление генератора сигналов *G* равно волновому сопротивлению линии Z_0 (50 или 75 Ом).



$Э_К$ — экран в контактодержателе между выводами эмиттера и коллектора; *VT* — измеряемый транзистор; *W* — передающая линия с волновым сопротивлением $Z_в$; *R1*, *R2* — добавочные резисторы к измерителю напряжения *PV1*; *C1*, *C2* — конденсаторы для подавления помех; *PV1*, *PV2* — измерители напряжения; *E* — аттенюатор; *C3* — разделительный конденсатор, *G* — генератор сигналов.

Черт. 7

Емкость конденсатора *C1* выбирают аналогично емкости конденсатора *C1*, указанного на черт. 1 приложения.

Сумму сопротивлений резисторов *R1* и *R2* определяют как добавочное сопротивление к измерителю напряжения *PV1* на коллекторе, но значение *R1* должно быть не менее 1,5 кОм.

Допускается измерение напряжения питания коллектора включением измерительного прибора *PV2* в цепь резистора *R4*. При этом *R1*, *R2* и *C1* из схемы исключают. Однако, при установке режима питания по коллектору учитывают падение напряжения $\Delta U_К$ на резисторах *R3*, *R4* и *R5* от протекания тока коллектора

$$\Delta U_К = I_К (R_3 + R_4) \approx I_Э (R_3 + R_4)$$

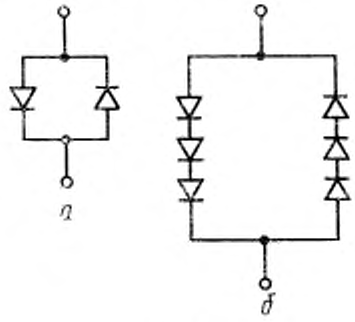
8. Примеры схем ограничителя напряжения.

Ограничители напряжения предназначены для защиты эмиттерного перехода от случайных увеличений напряжения обратной полярности и для ограничения напряжения холостого хода на зажимах контактного устройства при отключении транзистора.

Необходимый уровень ограничения зависит от прямого падения напряжения на зажимах эмиттер-база транзистора *VT*. Уровень ограничения должен превышать прямое падение напряжения на зажимах транзистора *VT* в 1,5—2 раза.

Ограничитель напряжения на уровне ± (0,5—0,6) В

Ограничитель напряжения на уровне ± (1,5—1,8) В



Черт. 8

gost.e-ecolog.ru