

НИФТР и СТ КЫРГЫЗСТАНДАРТ  
**РАБОЧИЙ  
ЭКЗЕМПЛЯР**



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР**

## **ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ**

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА  
НА ВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ**

**ГОСТ 18604.11—88  
(СТ СЭВ 3996—83)**

**Издание официальное**

Цена 5 коп. БЗ 7—88/479



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
Москва**

## ТРАНЗИСТОРЫ БИПОЛЯРНЫЕ

Метод измерения коэффициента шума  
на высоких и сверхвысоких частотах

Bipolar transistors. Method of measuring noise  
figure at high and ultra-high frequencies

ГОСТ  
18604.11—88

(СТ СЭВ 3996—83)

ОКП 62 2312

Срок действия с 01.01.90  
до 01.01.95

Настоящий стандарт распространяется на биполярные транзисторы и устанавливает метод измерения коэффициента шума  $K_{ш}$  на высоких и сверхвысоких частотах в диапазоне частот  $1 \cdot 10^{-4}$  до 12,0 ГГц.

Общие требования при измерении и требования безопасности — по ГОСТ 18604.0—83.

Термины и пояснения к ним приведены в приложении 1.

## 1. ПРИНЦИП, УСЛОВИЯ И РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Коэффициент шума транзистора  $K_{ш\text{тр}}$  представляет собой параметр, показывающий во сколько раз ухудшается соотношение сигнал/шум на определенной частоте за счет собственных шумов транзистора.

1.2. Значение ( $K_{ш\text{тр}}$ ) транзистора в общем случае определяет формулой

$$K_{ш\text{тр}} = \frac{P_{ш} + P_{ш\text{тр}}}{P_{ш}}, \quad (1)$$

где  $P_{ш}$  — мощность шума источника сигнала, Вт;

$P_{ш\text{тр}}$  — мощность шума транзистора, Вт.

Для диапазона частот, в котором мощность шума ( $P_{ш}$ ) источника сигнала определяют по формуле

$$P_{ш} = K T_n \Delta f, \quad (2)$$



где  $K$  — постоянная Больцмана, равная  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К;  
 $T_{\text{ш}}$  — эквивалентная эффективная шумовая температура (ЭШТ) источника сигнала, К;  
 $\Delta f$  — эквивалентная полоса частот измерителя шумовой мощности, Гц, отношение мощности шума в правой части формулы (1) можно заменить отношением эквивалентных шумовых температур. Тогда значение ( $K_{\text{ш тр}}$ ) рассчитывают по формуле

$$K_{\text{ш тр}} = \frac{T_{\text{ш}} + T_{\text{с тр}}}{T_{\text{ш}}} = 1 + \frac{T_{\text{с тр}}}{T_{\text{ш}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{с тр}}$  — ЭШТ, приведенная к входу транзистора (ЭШТВ).  
 $K_{\text{ш тр}}$  транзистора, работающего в линейном режиме зависит не только от свойств самого транзистора, но и от коэффициента отражения источника сигнала. Эту зависимость определяют по формуле

$$K_{\text{ш тр}} = K_{\text{ш min}} + S \cdot \frac{|\Gamma_{\text{ш}} - \Gamma_{\text{отр}}|^2}{1 - |\Gamma_{\text{ш}}|^2}, \quad (4)$$

где  $K_{\text{ш min}}$  — минимальный коэффициент шума;  
 $S$  — коэффициент, характеризующий степень зависимости  $K_{\text{ш}}$  транзистора от условий согласования на его входе;  
 $\Gamma_{\text{ш}}$  — комплексный коэффициент отражения источника сигнала;  
 $\Gamma_{\text{отр}}$  — комплексный коэффициент отражения источника сигнала, при котором  $K_{\text{ш}}$  минимален.

Таким образом  $K_{\text{ш тр}}$  характеризует шумовые свойства транзистора при его работе с источником сигнала, имеющим определенные ЭШТ и коэффициент отражения.

1.3. Для единообразия измерений ( $K_{\text{ш тр}}$ ) используют стандартный  $K_{\text{ш}}$ , который определяют по формуле

$$K_{\text{ш}} = 1 + \frac{T_{\text{с тр}}}{T_0}, \quad (5)$$

где  $T_0$  — стандартная температура источника сигнала, равная 293 К (20°C).

В качестве источника сигнала с ЭШТ, равной  $T_0$ , используют резистивную или поглощающую нагрузку, которая согласована в линии передачи и имеет температуру  $T_0$ . Номинальную мощность шума ( $P_{\text{ш0}}$ ) такого источника сигнала определяют по формуле

$$P_{\text{ш0}} = K T_0 \cdot \Delta f. \quad (6)$$

В процессе измерения  $K_{\text{ш}}$  осуществляют контроль суммарной мощности шума на выходе измеряемого транзистора. Информация

о шумовых свойствах транзистора содержится только во втором слагаемом (см. формулы 1 и 3).

1.4. При измерении малозумящих транзисторов  $K_{ш} < 2$  дБ для повышения информативности и снижения погрешности измерения рекомендуется снижать мощность шума источника сигнала за счет уменьшения  $T_{ш}$  и проводить измерение с использованием низкотемпературного генератора шума (НГШ) вместо источника сигнала со стандартной эквивалентной температурой  $T_0$ . При этом номинальную мощность шумов от НГШ на входе транзистора  $P_{ш\text{ хол}}$  определяют по формуле

$$P_{ш\text{ хол}} = K T_{ш\text{ хол}} \Delta f, \quad (7)$$

где  $T_{ш\text{ хол}}$  — эквивалентная шумовая температура на выходе НГШ.

1.5. При использовании НГШ измеритель шумовой мощности измеряет суммарную мощность шума ( $P_{ш\text{ ш}}$ ), пересчитанную ко входу

$$P_{ш\text{ ш}} = P_{ш\text{ хол}} + P_{ш\text{ тр}} = K \Delta f (T_{ш\text{ хол}} + T_{е\text{ тр}}). \quad (8)$$

В соответствии с формулой (8) при использовании НГШ в процессе измерения  $K_{ш}$  в результате первоначальной обработки сигнала определяют рабочий коэффициент шума ( $K_{ш\text{ раб}}$ ) или реальный коэффициент шума ( $K_{ш\text{ хол}}$ )

$$K_{ш\text{ раб}} = \frac{P_{ш\text{ хол}} + P_{ш\text{ тр}}}{P_{ш\text{ ш}}} = \frac{T_{ш\text{ хол}} + T_{е\text{ тр}}}{T_0}; \quad (9)$$

$$K_{ш\text{ хол}} = \frac{P_{ш\text{ хол}} + P_{ш\text{ тр}}}{P_{ш\text{ хол}}} = \frac{T_{ш\text{ хол}} + T_{е\text{ тр}}}{T_{ш\text{ хол}}}. \quad (10)$$

Значение стандартного  $K_{ш}$ , заданного в технических условиях на транзистор конкретного типа, определяют в процессе дальнейшей обработки результатов измерений по формулам (19) и (23).

1.6. Для определения  $K_{ш}$  необходимо проводить измерения при подаче на вход измеряемого транзистора нескольких уровней шумовой мощности, например  $K T_{ш} \Delta f$  и  $K (T_{ш} + \Delta T_{гш}) \Delta f$ . В соответствии с этим источник сигнала ГШ или НГШ на входе измеряемого транзистора может иметь ЭШТ, равную  $T_{ш}$ , когда ГШ выключен, или ЭШТ, равную  $T_{ш} + T_{гш}$ , когда ГШ включен.

1.7. Режим питания по постоянному току, условия согласования на входе и выходе измеряемого транзистора и, при необходимости, конкретную схему измерения указывают в технических условиях на транзистор конкретного типа.

Рекомендуется задавать минимальный коэффициент шума ( $K_{ш\text{ мин}}$ ), при этом полное сопротивление источника сигнала на входе измеряемого транзистора должно соответствовать настройке на минимальное значение  $K_{ш}$ .