УДК 621.382.2.083.8 : 006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ СМЕСИТЕЛЬНЫЕ И ДЕТЕКТОРНЫЕ

Методы измерения шумового отношения

Semiconductor UHF mixer and detector diodes. Measurement methods of output noise ratio

ГОСТ 19656.5—74*

(СТ СЭВ 3997—83)

ОКП 62 1800

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 29 марта 1974 г. № 753 срок введения установлен

с 01.07.75

Проверен в 1983 г. Постановлением Госстандарта от 30.05.83 № 2391 срок действия продлен

до 01.07.88

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые диоды СВЧ смесительные и детекторные и устанавливает 2 метода измерения шумового отношения при возбуждении диода:

СВЧ мощностью (в диапазоне частот от 0,3 до 78,3 ГГц) $N_ш$;

постоянным током $N_{ш1}$.

Стандарт соответствует полностью СТ СЭВ 3997—83 и Публикации МЭК 147—2К в части принципа измерения.

Общие требования при измерении и требования безопасности — по ГОСТ 19656.0—74.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $N_ш$ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ДИОДА СВЧ МОЩНОСТЬЮ

1.1. Принцип и режим измерения

1.1.1. Принцип измерения основан на сравнении мощности шума проверяемого диода, находящегося в рабочем режиме, с мощностью теплового шума резистора, сопротивление которого равно выходному сопротивлению диода $r_{вых}$, значение которого определяют по ГОСТ 19656.3—74.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

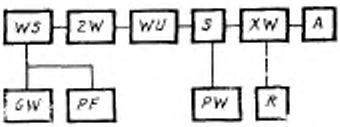
* *Переиздание (октябрь 1984 г.) с Изменением № 1, утвержденным в июне 1984 г.; Пост. № 1946 от 15.06.84 (ИУС 9—84).*

gost.e-ecolog.ru

1.1.2. Режим измерения (уровень СВЧ мощности, длина волны или частота, на которой проводят измерения, сопротивление нагрузки диода по постоянному току, промежуточная частота и требования к измерительной камере) должен соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Шумовое отношение следует измерять на установке, схема которой приведена на черт. 1.



GW—генератор СВЧ мощности; *PF*—частотомер; *WS*—вентиль; *ZW*—фильтр СВЧ или другое устройство, обеспечивающее подавление шумов генератора *GW*; *WU*—переменный аттенюатор; *S*—переключатель СВЧ; *PW*—измеритель мощности; *XW*—измерительная диодная камера с диодом; *A*—усилитель промежуточной частоты; *R*—набор калибровочных резисторов

Черт. 1

1.2.2. Фильтр СВЧ *ZW*, обеспечивающий подавление шумов генератора *GW* на частотах измерения до 17,78 ГГц, должен удовлетворять следующим требованиям:

рабочая частота должна быть равна частоте измерения;

полоса пропускания $2\Delta f_1$ на уровне 25 дБ от вершины его частотной характеристики должна быть не более $2f_{пч}$ ($f_{пч}$—промежуточная частота);

полоса пропускания $2\Delta f_2$ на уровне 0,5 дБ от вершины его частотной характеристики должна удовлетворять условию

$$2\Delta f_2 \geqslant 0{,}4\,(2\Delta f_1),$$

коэффициент стоячей волны по напряжению $K_{ст\,U}$ в полосе пропускания должен быть не более 1,2.

При использовании других устройств, обеспечивающих подавление шумов генератора *GW* на частотах измерения свыше 17,78 до 78,3 ГГц, погрешность измерения шумового отношения должна быть в пределах, указанных в п. 1.5.

1.2.3. Усилитель промежуточной частоты *A* должен удовлетворять следующим требованиям:

рабочая частота должна соответствовать промежуточной частоте $f_{пч}$;

полоса пропускания должна быть не более 0,1 $f_{пч}$;

эквивалентное шумовое сопротивление $R_д$, приведенное ко входу усилителя, должно быть не более 600 Ом;

входное сопротивление на промежуточной частоте $R_{вх}$ должно удовлетворять условию

$$R_{вх} \geqslant 20 r_{вых\ max}$$

где $r_{вых\ max}$ — максимальное возможное значение выходного сопротивления проверяемых диодов.

Входное сопротивление по постоянному току должно быть равно сопротивлению нагрузки диода по постоянному току и установлено с погрешностью в пределах ±1%;

параметры регулируемого входного контура должны обеспечивать настройку в резонанс с включенным диодом на частоте $f_{пч}$ в диапазоне значений реактивной составляющей выходного сопротивления проверяемого диода;

коэффициент усиления должен быть не менее 50 дБ с плавной регулировкой не менее 6 дБ;

относительная нестабильность коэффициента усиления должна быть в пределах ±2%;

выходной каскад должен иметь детектор с квадратичной характеристикой, отклонение от квадратичности которой должно быть в пределах ±2%;

индикаторный прибор на входе должен иметь класс точности не ниже 1,0;

переключатель на выходе усилителя должен обеспечивать постоянное короткое замыкание входной цепи, за исключением моментов калибровки и измерения.

1.2.4. Калибровочные резисторы, входящие в набор R, должны удовлетворять следующим требованиям:

номинальные значения сопротивлений резисторов должны перекрывать через 50—100 Ом весь диапазон значений от $r_{вых\ min} \cdot N_{ш\ min}$ до $r_{вых\ max} \cdot N_{ш\ max}$, где $r_{вых\ min}$ и $r_{вых\ max}$ — минимальное и максимальное значения выходных сопротивлений проверяемых диодов в партии, $N_{ш\ min}$ и $N_{ш\ max}$ — минимальное и максимальное значения их шумового отношения;

погрешность определения значений активных сопротивлений $R'_{кал}$ резисторов должна быть в пределах ±1%;

значение индуктивного сопротивления на промежуточной частоте должно быть не более 0,01 $R_к$;

геометрические размеры резисторов должны обеспечивать их включение в измерительную диодную камеру XW вместо проверяемых диодов.

1.3. Проведение измерений

1.3.1. Замыкают накоротко вход усилителя A и отмечают показание его индикаторного прибора $a_{нз}$. Изменяя усиление усили-

теля, рекомендуется устанавливать по индикаторному прибору целое число делений $\alpha_{ш3}$ на одной трети шкалы прибора. Значение необходимо поддерживать плавной регулировкой усиления в течение всего периода измерений.

1.3.2. В измерительную диодную камеру XW вставляют калибровочный резистор из набора R, номинальное значение сопротивления которого близко к значению $r_{вых\,max} \cdot N_{ш\,max}$ и открывают вход усилителя. Регулировкой входного контура усилителя добиваются максимального показания его индикаторного прибора. Поочередно вставляя в камеру XW остальные резисторы из набора, фиксируют показания α_1, α_2, $\alpha_3 \ldots \alpha_n$ для каждого значения $R_{кал}$.

1.3.3. Строят график зависимости $\alpha = \psi(R_{кал})$.

1.3.4. Режим измерения устанавливают в соответствии с п. 1.1.2.

1.3.5. В измерительную диодную камеру XW вставляют проверяемый диод, открывают вход усилителя и фиксируют показания $\alpha_д$. По графику $\alpha = \psi(R_{кал})$ находят значение эквивалентного шумового сопротивления диода $R_{шд}$, соответствующее показанию $\alpha_д$.

1.4. Обработка результатов

1.4.1. Шумовое отношение $N_ш$ в относительных единицах определяют по формуле

$$N_ш = \frac{R_{шд}}{r_{вых}},$$

где $R_{шд}$ — эквивалентное шумовое сопротивление диода, Ом;

$r_{вых}$ — выходное сопротивление диода, Ом.

На частотах свыше 17,78 ГГц допускается измерение $N_ш$ другими методами, при этом погрешность измерения не должна превышать указанную в п. 1.5.

1.5. Показатели точности измерений

1.5.1. Погрешность измерения шумового отношения в диапазоне частот от 0,3 до 37,5 ГГц не должна выходить за пределы ±20% с доверительной вероятностью 0,997; в диапазоне частот свыше 37,5 до 300 ГГц показатели точности измерения шумового отношения должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

1.5.2. Расчет показателей точности измерения шумового отношения приведен в обязательном приложении 2.

2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $N_ш$ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ДИОДА ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

2.1. Принцип и режим измерения

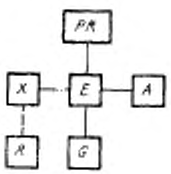
2.1.1. Принцип измерения основан на сравнении мощности шума проверяемого диода, находящегося в заданном режиме с мощ-

ностью теплового шума резистора, сопротивление которого равно дифференциальному сопротивлению диода $r_{диф}$, значение которого определяют по ГОСТ 18986.14—75.

2.1.2. Режим измерения (значение постоянного прямого тока смещения, частота $f_{изм}$ и полоса частот $\Delta f_{изм}$, в которой регистрируют уровень шума) должен соответствовать установленному в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

2.2. Аппаратура

2.2.1. Шумовое отношение следует измерять на установке, схема которой приведена на черт. 2.



X—контактное устройство с проверяемым диодом; *R*—набор калибровочных резисторов; *PR*—измеритель сопротивления; *E*—распределительный блок; *G*—источник постоянного тока смещения; *A*—усилитель

Черт. 2

2.2.2. Контактное устройство *X*, обеспечивающее подключение проверяемого диода, должно удовлетворять следующим требованиям:

переходное сопротивление контактов должно быть не более 0,05 Ом;

экран контактного устройства должен обеспечивать отсутствие помех на выходном приборе усилителя *A* при его калибровке и проведении измерений.

2.2.3. Калибровочные резисторы, входящие в набор *R*, должны удовлетворять следующим требованиям:

номинальные значения сопротивлений резисторов должны перекрывать через 50—100 Ом весь диапазон значений от $r_{диф\,min} \cdot N_{ш1\,min}$ до $r_{диф\,max} \cdot N_{ш1\,max}$, где $r_{диф\,min}$ и $r_{диф\,max}$ — минимальное и максимальное значения дифференциальных сопротивлений проверяемых диодов в партии, $N_{ш1\,min}$ и $N_{ш1\,max}$ — минимальное и максимальное значения их шумового отношения;

погрешность определения значений активных сопротивлений $R_{нав}$ резисторов должна быть в пределах ±1 %;

значение индуктивного сопротивления на частоте измерения $f_{изм}$ должно быть не более 0,01 $R_{кал}$;

геометрические размеры резисторов должны обеспечивать их включение в контактное устройство X вместо проверяемых диодов.

2.2.4. Схема PR измерения $r_{диф}$ должна соответствовать требованиям ГОСТ 19656.8—74.

2.2.5. Распределительный блок E, предназначенный для поочередного подключения проверяемого диода к усилителю A и к схеме измерения $r_{диф}$, должен в любом подключении обеспечивать подачу прямого тока смещения на проверяемый диод от источника G.

2.2.6. Источник постоянного тока смещения G должен удовлетворять следующим требованиям:

должна быть обеспечена плавная регулировка тока смещения от нулевого до заданного значения;

погрешность установления и поддержания тока смещения должна быть в пределах ±10%;

стабильность тока смещения должна обеспечивать отсутствие помех на выходном приборе усилителя A при его калибровке и проведении измерений; при измерении $N_{ш1}$ в низкочастотном диапазоне рекомендуется использование гальванических элементов.

2.2.7. Усилитель должен удовлетворять следующим требованиям:

рабочая частота и полоса пропускания должны соответствовать значениям по п. 2.1.2;

эквивалентное шумовое сопротивление R_A, приведенное ко входу усилителя, должно быть не более 600 Ом;

входное сопротивление $R_{вх}$ на частоте $f_{изм}$ должно удовлетворять условию

$$R_{вх} \geqslant 20\, r_{диф\,max}, \qquad (1)$$

где $r_{диф\,max}$ — максимальное значение дифференциального сопротивления проверяемых диодов;

коэффициент усиления должен быть не менее 50 дБ с плавной регулировкой не менее 6 дБ;

относительная нестабильность коэффициента усиления должна быть в пределах ±2%;

выходной каскад должен иметь детектор с квадратичной характеристикой, отклонение от квадратичности которой должно быть в пределах ±2%;

индикаторный прибор на выходе должен иметь класс точности не ниже 1,0;

переключатель на входе усилителя должен обеспечивать постоянное короткое замыкание входной цепи, за исключением моментов калибровки и измерения.

Примечание. Допускается использование усилителя с линейной амплитудной характеристикой. В этом случае при построении графика по п. 2.3.4 значение α возводят в квадрат и используют зависимость $\alpha^2=\psi(R_{кал})$.

2.3. Проведение измерений

2.3.1. Замыкают накоротко вход усилителя A и отмечают показание его индикаторного прибора $\alpha_{нз}$. Рекомендуется, изменяя усиление усилителя, устанавливать по индикаторному прибору целое число делений $\alpha_{нз}$ на одной трети шкалы прибора. Значение $\alpha_{нз}$ необходимо поддерживать плавной регулировкой усиления в течение всего периода измерений.

2.3.2. С помощью распределительного блока E подключают контактное устройство X ко входу усилителя A.

2.3.3. В контактное устройство X поочередно устанавливают калибровочные резисторы из набора R и, открывая вход усилителя, по его выходному прибору отмечают показания $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \ldots \alpha_n$ для каждого значения $R_{кал}$.

2.3.4. Строят график зависимости $\alpha=\psi(R_{кал})$.

2.3.5. В контактное устройство X помещают проверяемый диод и, плавно увеличивая значение прямого тока смещения, устанавливают заданный режим по постоянному току в соответствии с п. 2.1.2.

2.3.6. Открывают вход усилителя и фиксируют показание $\alpha_д$.

2.3.7. Замыкают накоротко вход усилителя и с помощью распределительного блока E, подключают проверяемый диод к схеме PR для измерения $r_{диф}$. Проводят измерение $r_{диф}$ в соответствии с ГОСТ 19656.8—74.

2.3.8. По графику $\alpha=\psi(R_{кал})$ находят значение эквивалентного шумового сопротивления диода $R_{шд}$, соответствующее показанию $\alpha_д$.

2.4. Обработка результатов

2.4.1. Вычисляют шумовое отношение $N_{ш1}$ в относительных единицах по формуле

$$N_{ш1}=\frac{R_{ш.д}}{r_{диф}}, \qquad (2)$$

где $r_{диф}$ — дифференциальное сопротивление диода, Ом;

$R_{шд}$ — эквивалентное шумовое сопротивление диода, Ом.

2.5. Показатели точности измерений

2.5.1. Погрешность измерения шумового отношения не должна выходить за пределы ±20% с доверительной вероятностью 0,997.

2.5.2. Расчет показателей точности измерения шумового отношения приведен в обязательном приложении 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ ГОСТ 19656.5—74 (СТ СЭВ 3997—83)

Разд. 1 ГОСТ 19656.5—74 соответствует разд. 1 СТ СЭВ 3997—83.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВОГО ОТНОШЕНИЯ

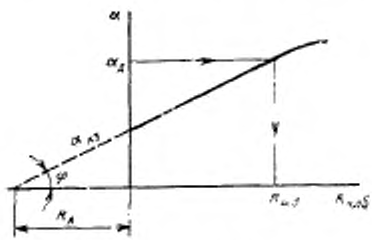
При расчете погрешности принят нормальный закон распределения составляющих погрешности и суммарной погрешности.

1. Метод измерения $N_ш$ при возбуждении диода СВЧ мощностью.

1.1. Шумовое отношение $N_ш$ в относительных единицах вычисляют по формуле

$$N_ш = \frac{R_{шд}}{r_{вых}}, \qquad (1)$$

где $r_{вых}$ — определяют по ГОСТ 19656.3—74, а $R_{шд}$ — по графику $\alpha-\psi$ ($R_{клб}$) на линейном его участке, как показано стрелкой на чертеже.



1.2. Интервал погрешности измерения $\delta N_ш$ с доверительной вероятностью 0,997 определяют по формуле

$$\delta N_ш = \pm \sqrt{(\delta R_{шд})^2 + (\delta r_{вых})^2}\,. \qquad (2)$$

1.3. Для расчета погрешности $\delta R_{ша}$ выразим $R_{ша}$ через значение $\alpha_д$ и котангенс угла φ наклона линейного участка графика (чертеж) к оси абсцисс $ctg\,\varphi = \frac{R_A}{\alpha_{кз}}$:

$$R_{ша} = (\alpha_д - \alpha_{кз}) \cdot \frac{R_A}{\alpha_{кз}}, \qquad (3)$$

где R_A — эквивалентное шумовое сопротивление усилителя, приведенное к его входу, Ом;

$\alpha_{кз}$ — показание индикаторного прибора усилителя при коротком замыкании его входа.

1.4. Логарифмируем формулу (3) и после почленного дифференцирования, полагая значение $\alpha_{кз}$ постоянным, с заменой дифференциалов приращениями получаем алгебраическую сумму частных составляющих погрешности измерения

$$\frac{\Delta R_{ша}}{R_{ша}} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha_{кз}}{\alpha_д}} \cdot \frac{\Delta\alpha_д}{\alpha_д} + \frac{\Delta R_A}{R_A}. \qquad (4)$$

1.5 Интервал погрешности измерения $\delta R_{ша}$ с доверительной вероятностью 0,997 определяют по формуле

$$\delta R_{ша}\% = \pm \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha_{кз}}{\alpha_д}\right)^2} \cdot \delta\alpha_д^2 + \delta R_A}, \qquad (5)$$

где $\delta\alpha_д$ — погрешность измерения $\alpha_д$ во второй трети шкалы прибора класса 1,0, равная ±3%;

δR_A — погрешность определения значения R_A, которое определяется по графику (чертеж), как показано пунктирной линией.

Выражение для погрешности δR_A можно записать следующим образом

$$\delta R_A\% = \pm \sqrt{\delta_{кал}^2 + \delta_{неко}^2 + \delta^2\alpha}, \qquad (6)$$

где $\delta_{кал}$ — погрешность измерения сопротивлений калибровочных резисторов, равная ±1%;

$\delta_{неко}$ — погрешность отклонения от квадратичности характеристики выходного каскада усилителя, равная ±2%;

$\delta\alpha$ — погрешность показания индикаторного прибора усилителя при снятии зависимости $\alpha - \psi$ ($R_{кал}$), равная $\delta\alpha_д$.

Подставляя значение $\delta\alpha_д$, $\delta_{кал}$, $\delta_{неко}$ в выражение (6), получаем

$$\delta R_A = \pm 3{,}5\%.$$

1.6. После подстановки значений $\delta\alpha_д$, δR_A в формулу (5) выражение для $\delta R_{ша}\%$ примет вид

$$\delta R_{ша} = \pm \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha_{кз}}{\alpha_д}\right)^2} \cdot 3^2 + 3{,}5^2} \qquad (7)$$

или

$$\delta R_{ша} \approx \pm 3{,}5 \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha_{кз}}{\alpha_д}\right)^2} + 1} \qquad (8)$$

1.7. Погрешность $\delta r_{вых}$ в соответствии с ГОСТ 19656.3—74 должна быть в пределах ±10%.

1.8. После подстановки выражения (8) и значения $\delta r_{вых}$ в формулу (2) получаем искомую погрешность

$$\delta N_{ш} = \pm \sqrt{12{,}5 \cdot \left[\frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha_{кз}}{\alpha_{д}}\right)^2} + 1 \right]} + 100\% \ . \qquad (9)$$

Из выражения (9) следует, что погрешность $\delta N_{ш}$ монотонно увеличивается, если измеряемые значения $\alpha_{д}$ приближаются к $\alpha_{кз}$, что имеет место при малых значениях выходного сопротивления диода $r_{вых}$. При этом степень нарастания $\delta N_{ш}$ увеличивается при уменьшении угла φ (чертеж), т. е. при увеличении значения $R_{А}$.

В таблице приведены значения $\delta N_{ш}$, которые должны иметь место при измерении $N_{ш}$ диодов с $N_{ш}=1$ и разными $r_{вых}$ на установках с усилителем, $R_{А}$ которого равно 600 Ом (что определяет наклон графика), и при $\alpha_{кз}=30$ дел.

При $N_{ш}=1$ $R_{шд}=r_{вых}$, что позволяет непосредственно определить по графику зависимости $\alpha=\psi(R_{шд})$ значения $\alpha_{д}$ при различных $r_{вых}$.

$r_{вых}$, Ом	$\alpha_{д}$, дел	$\delta R_{шд}$	$\delta N_{ш}$, %
150	37	18	20,5
200	40	14,5	17,6
300	45	11,2	15,0
400	50	9,5	13,8
500	55	8,65	13,2
600	60	7,9	12,9

Значение $\delta N_{ш}$ практически остается неизменным для значений $N_{ш}$ в интервале от 0,8 до 1,2. Из таблицы следует, что для значений $r_{вых}$ более 150 Ом погрешность измерения шумового отношения должна быть в пределах ±20%.

2. Метод измерения $N_{ш1}$ при возбуждении диода постоянным током.

2.1. Расчет показателей точности измерения проводят в соответствии с разд. 1 настоящего приложения, заменив обозначения:

$N_{ш}$ на $N_{ш1}$, $r_{вых}$ на $r_{диф}$, $\delta r_{вых}$ на $\delta r_{диф}$.

Так как погрешность измерения дифференциального сопротивления по ГОСТ 19656.8—74 должна быть в пределах ±7%, то погрешность измерения шумового отношения не должна выходить за пределы ±20%.

gost.e-ecolog.ru