

**ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ
СМЕСИТЕЛЬНЫЕ**

Методы измерения потерь преобразования

Semiconductor UHF mixer diodes. Measurement
methods of conversion losses

**ГОСТ
19656.4—74***

(СТ СЭВ 3408—81)

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

с 01.07.75

Проверен в 1982 г. Постановлением Госстандарта от 25.01.83 № 387 срок действия продлен

до 01.07.87

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые диоды СВЧ смесительные и устанавливает в диапазоне частот от 0,3 до 78,3 ГГц методы измерения потерь преобразования $L_{прб}$:

дифференциальный метод;
метод амплитудной модуляции.

Методы измерений $L_{прб}$ в диапазоне частот от 78,3 до 300 ГГц следует устанавливать в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3408—81 (см. справочное приложение 1) и Публикации МЭК 147—2К в части принципа измерения.

Общие требования при измерении должны соответствовать ГОСТ 19656.0—74 и настоящего стандарта.

(Измененная редакция, Изм. № 2).

1. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД

Потери преобразования дифференциальным методом определяют измерением приращения выпрямленного среднего тока диода при соответствующем приращении СВЧ мощности сигнала на его входе.

Издание официальное

Перепечатка воспрещена



* Переиздание (октябрь 1984 г.) с Изменениями № 1, № 2, утвержденными в июле 1976 г., январе 1983 г.; Пост. № 387 от 25.01.83 (ИУС № 7—1976 г., ИУС № 5—1983 г.)

1.1. Условия и режим измерения

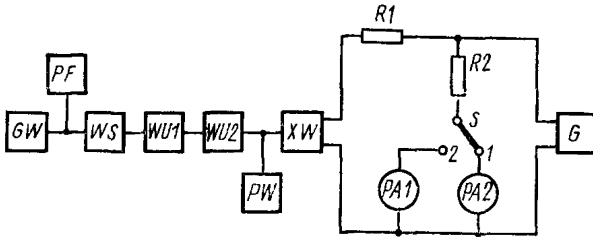
1.1.1. Условия и режим измерения — по ГОСТ 19656.0—74.

1.1, 1.1.1. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1.1.2. (Исключен, Изм. № 2).

1.2. Аппаратура

1.2.1. Измерение потерь преобразования проводят на установке, структурная схема которой приведена на черт. 1.



GW—генератор СВЧ; *PF*—частотомер; *WS*—ферритовый вентиль, *WU1*—переменный аттенюатор; *WU2*—переменный прецизионный аттенюатор; *PW*—измеритель мощности; *XW*—измерительная диодная камера; *R₁*, *R₂*—резисторы нагрузки, *G*—генератор постоянного тока; *S*—переключатель; *PA1*—микроамперметр; *PA2*—миллиамперметр.

Черт. 1

1.2.2. Основные элементы, входящие в структурную схему, должны соответствовать следующим требованиям.

1.2—1.2.2. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1.2.2.1. Переменный прецизионный аттенюатор *WU2* должен иметь начальный участок шкалы от 0 до 10 дБ с ценой деления не более 0,1 дБ. Абсолютная погрешность установки ослабления должна находиться в пределах $\pm(0,01 + 0,005 A)$, где *A* — устанавливаемое ослабление.

Измененная редакция, Изм. № 1, 2).

1.2.2.2. Значения сопротивлений резисторов *R1* и *R2* выбирают из условия

$$R_1 + R_2 + R_{\text{вн}} = r_{\text{вых, ср}}$$

где *R_{вн}* — внутреннее сопротивление микроамперметра *PA1*;

r_{вых, ср} — среднее значение выходного сопротивления измеряемых диодов, при этом *R₁* = *R_{дос}*;

R_{дос} — нагрузка диода по постоянному току.

Значение суммы сопротивлений должно быть установлено с относительной погрешностью в пределах $\pm 1\%$.

1.2.2.3. Генератор постоянного тока *G* должен обеспечивать компенсацию выпрямленного тока диода.

Выходное сопротивление генератора тока должно удовлетворять неравенству

$$R_{гг} \geq 50 (R_2 + R_{вн}).$$

Относительная нестабильность тока компенсации за 15 мин не должна выходить за пределы $\pm 0,1\%$.

1.2.2.4. Измерительные приборы *РА1* и *РА2* должны иметь класс точности не хуже 1 и внутреннее сопротивление $R_{вн} \leq 10$ Ом.

1.2.2.2—1.2.2.4. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1.2.2.5. (Исключен, Изм. № 2).

1.3. Проведение измерения и обработка результатов

1.3.1. Устанавливают заданный по частоте режим измерения.

Прецизионный аттенюатор *WU2* устанавливают на начальном участке шкалы на целое число делений в пределах $0,1 \div 0,3$.

С помощью аттенюатора *WU1* устанавливают на входе диодной камеры заданный режим измерения по мощности P_0 .

1.3.2. Переключатель *S* ставят в положение 1.

Измеряемый диод вставляют в измерительную диодную камеру.

Компенсируют выпрямленный ток диода до нулевого показания миллиамперметра *РА2*. Затем переводят переключатель *S* в положение 2 и доводят компенсацию до нуля по микроамперметру *РА1*.

1.3.3. Увеличивают на ΔP_0 уровень СВЧ мощности при помощи аттенюатора *WU2* в пределах от 0,2 до 0,3 дБ и измеряют значение соответствующего выпрямленного тока $\Delta I_{вп}$.

1.3—1.3.3. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1.3.4. Определяют потери преобразования $L_{прб}$ в дБ по формуле

$$L_{прб} = 10 \lg \frac{1}{2P_1 \left(\frac{\Delta I_{вп}}{\Delta P_0} \right)^2 (R_1 + R_2 + R_{вн})},$$

где $P_1 = P_0 + \frac{\Delta P_0}{2}$.

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

1.4. Показатели точности измерений

1.4.1. Погрешность измерения потерь преобразования в диапазоне частот от 0,3 до 37,5 ГГц должна быть в пределах $\pm 9\%$ с доверительной вероятностью 0,997. В диапазоне частот от 37,5 до 300 ГГц показатели точности измерения должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

1.4, 1.4.1. (Измененная редакция, Изм. № 2).

1.4.2. Расчет погрешности измерения потерь преобразования приведен в справочном приложении 2.
(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2. МЕТОД АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Потери преобразования методом амплитудной модуляции определяют измерением напряжения промежуточной частоты (частоты модуляции) на нагрузке диода и среднего значения падающей на диод СВЧ мощности при известном значении коэффициента модуляции.

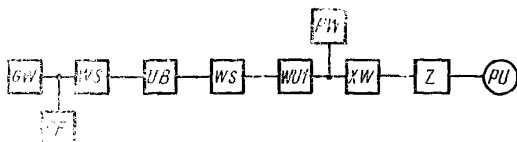
2.1. Условия и режим измерения

2.1.1. Условия и режим измерения — по ГОСТ 19656.0—74.

2.1.2. (Исключен, Изм. № 2).

2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерение потерь преобразования проводят на установке, структурная схема которой приведена на черт. 2.



GW—генератор СВЧ; PF—частотомер; WS—вентили; UB—модулятор; WU1—аттенуатор; PW—измеритель мощности; XW—измерительная диодная камера; Z—блок нагрузок; PU—милливольтметр.

Черт. 2

2.2, 2.2.1. (Измененная редакция, Изм. № 2).

2.2.2. Основные элементы, входящие в структурную схему, должны соответствовать следующим требованиям.

2.2.2.1. Модулятор UB, модулирующий падающую СВЧ волну по амплитуде, должен иметь следующие характеристики:

значение коэффициента модуляции по напряжению m модулятора не должно выходить за пределы $0,04 \div 0,12$, относительная погрешность измерения коэффициента модуляции не должна выходить за пределы $\pm 4\%$;

частота модуляции должна находиться в диапазоне от 10^7 до 20 кГц;

относительная нестабильность частоты модуляции не должна выходить за пределы $\pm 2\%$;

форма модуляционной кривой — синусоида.

2.2.2.2. Блок нагрузок Z должен обеспечивать нагрузки диода по переменному (на частоте модуляции) току R_M и постоянному току $R_{\text{пос}}$, при этом $R_M = r_{\text{вых, ср}}$, где $r_{\text{вых, ср}}$ — среднее значение выходящего сопротивления измеряемых диодов.

Выбранные значения сопротивлений должны быть известны с относительной погрешностью в пределах $\pm 1\%$.

2.2.2.3. Милливольтметр переменного тока PU должен измерять действующее напряжение на частоте модуляции при сопротивлении нагрузки диода R_M . Класс точности милливольтметра — не хуже 1,5.

2.2.2.1—2.2.2.3. (Измененная редакция, Изм. № 2).

2.2.2.4. (Исключен, Изм. № 2).

2.3. Проведение измерения

2.3.1. Устанавливают заданный по частоте режим измерения. На входе измерительной диодной камеры при помощи аттенюатора $WU1$ при работающем модуляторе устанавливают заданное значение мощности P_0 .

2.3.2. В измерительную диодную камеру вставляют измеряемый диод и по милливольтметру отмечают значение напряжения U .

2.3.3. Определяют потери преобразования $L_{прб}$ в дБ по формуле

$$L_{прб} = 10 \lg \frac{n^2 P_0 R_M}{U^2},$$

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2.4. Показатели точности измерений

2.4.1. Погрешность измерения потерь преобразования в диапазоне частот от 0,3 до 37,5 ГГц должна быть в пределах $\pm 12\%$ с доверительной вероятностью 0,997. В диапазоне частот от 37,5 до 300 ГГц пределы погрешности должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на диоды конкретных типов.

2.4, 2.4.1. (Измененная редакция, Изм. № 2).

2.4.2. Расчет погрешности измерения потерь преобразования приведен в справочном приложении 2.

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ ГОСТ 19656.4—74
СТ СЭВ 3408—81**

ГОСТ 19656.4—74 соответствует разд. 5 и 6 СТ СЭВ 3408—81.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

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

1. Д и ф ф е р е н ц и а л ь н ы й м е т о д

1.1. Потери преобразования в относительных единицах (см. настоящий стандарт) рассчитывают по формуле

$$L_{\text{прб}} = \frac{1}{2P_1 \left(\frac{\Delta I_{\text{вп}}}{\Delta P_0} \right)^2 \cdot (R_1 + R_2 + R_{\text{вт}})}, \quad (1)$$

где $P_1 = P_0 + \frac{\Delta P_0}{2}$.

Если принять, что $\Delta P_0 = P_0 \Delta A$, где ΔA — устанавливаемое при помощи аттенуатора калиброванное изменение уровня мощности (в относительных единицах), и установить $R_1 + R_2 + R_{\text{вт}} = R_{\text{пч}}$, то формула (1) принимает вид

$$L_{\text{прб}} = \frac{P_0}{(2 + \Delta A) \cdot \left(\frac{\Delta I_{\text{вп}}}{\Delta A} \right)^2 \cdot R_{\text{пч}}}. \quad (2)$$

Логарифмируем формулу (2) и после почленного дифференцирования с заменой дифференциалов приращениями получаем

$$\frac{\Delta L_{\text{прб}}}{L_{\text{прб}}} = \frac{\Delta P_0}{P_0} - 2 \frac{\Delta(\Delta I_{\text{вп}})}{\Delta I_{\text{вп}}} - \frac{\Delta R_{\text{пч}}}{R_{\text{пч}}}. \quad (3)$$

При дифференцировании формулы (2) считаем ΔA постоянной величиной, так как погрешность установки калиброванного приращения ΔA ничтожно мала.

1.2. Из формулы (3) следует, что искомая погрешность $\delta L_{\text{прб}}$ равна

$$\delta L_{\text{прб}} = \pm \sqrt{\delta P_0^2 + 4(\delta \Delta I_{\text{вп}})^2 + \delta R_{\text{пч}}^2}, \quad (4)$$

где δP_0 — погрешность измерения уровня СВЧ мощности;

$\delta \Delta I_{\text{вп}}$ — погрешность измерения приращения выпрямленного тока;

$\delta R_{\text{пч}}$ — погрешность установления значения суммы сопротивлений.

$$R_{\text{пч}} = R_1 + R_2 + R_{\text{в.1}}$$

1.3. Погрешность δP_0 (см. ГОСТ 19656.0—74) для уровней мощности 10^{-3} — $5 \cdot 10^{-3}$ Вт (что соответствует режимам измерений смесительных диодов) равна $\pm 7\%$.

1.4. Погрешность $\delta \Delta I_{\text{вп}}$ вычисляют по формуле

$$\delta \Delta I_{\text{вп}} = \pm \sqrt{\delta I_1^2 + \delta I_2^2}, \quad (5)$$

где δI_1 — погрешность измерения первого значения тока, в середине шкалы прибора класса 1,0, равная $\pm 2\%$;

δI_2 — погрешность измерения второго значения тока на конце шкалы прибора класса 1,0, равная $\pm 1\%$.

Подставив в формулу (5) значения δI_1 и δI_2 , получаем $\delta \Delta I_{\text{вп}} = \pm 2,2\%$.

1.5. Погрешность $\delta R_{\text{пч}}$ в соответствии с требованиями стандарта равна $\pm 1\%$.

1.6. Подставив в формулу (4) значения δP_0 , $\delta \Delta I_{\text{вп}}$ и $\delta R_{\text{пч}}$, получаем $\delta L_{\text{прб}} = \pm 8,4\%$. Принимаем $\delta L_{\text{прб}}$ равной $\pm 9\%$.

2. Метод амплитудной модуляции

2.1. Потери преобразования в относительных единицах (см. настоящий стандарт) рассчитывают по формуле

$$L_{\text{прб}} = \frac{m^2 P_0 R_M}{U^2}. \quad (6)$$

Логарифмируем формулу (6) и после почленного дифференцирования с заменой дифференциалов приращениями получаем

$$\frac{\Delta L_{\text{прб}}}{L_{\text{прб}}} = 2 \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta R_M}{R_M} + \frac{\Delta P_0}{P_0} - 2 \frac{\Delta U}{U}. \quad (7)$$

2.2. Из формулы (7) следует, что искомая погрешность $\delta L_{\text{прб}}$ равна

$$\delta L_{\text{прб}} = \pm \sqrt{4(\delta m)^2 + \delta R_M^2 + \delta P_0^2 + 4(\delta U)^2}, \quad (8)$$

где δm — погрешность определения коэффициента модуляции;

δR_M — погрешность определения нагрузки диода по переменному току;

δP_0 — погрешность измерения уровня СВЧ мощности;

δU — погрешность показания милливольтметра.

2.3. Погрешность δm для механического модулятора поляризационного типа принимаем (см. справочное приложение 3) равной $\pm 4\%$.

2.4. Расчет погрешности определения коэффициента модуляции поляризационного модулятора приведен в справочном приложении 3.

2.5. Погрешность δR_M в соответствии с требованиями настоящего стандарта равна $\pm 1\%$.

2.6. Погрешность δP_0 (см. ГОСТ 19656.0—74) равна $\pm 7\%$.

2.7. Погрешность δU милливольтметра класса 1,5 при измерении напряжения в середине шкалы прибора равна $\pm 3\%$.

2.8. Подставляя в формулу (8) значения δm , δR_M , δP_0 и δU , получаем $\delta L_{\text{прб}} = \pm 12\%$.

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОДУЛЯЦИИ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО МОДУЛЯТОРА

1. Кривую модуляции СВЧ мощности, создаваемой поляризационным модулятором, можно считать синусоидой. Поэтому модуляции m можно определять по двум точкам модуляционной кривой (максимальному и минимальному значениям СВЧ мощности на выходе модулятора).

2. Для повышения точности измерения m рекомендуется к выходу аттенюатора WU (см. черт. 2 настоящего стандарта) присоединить измерительную линию, нагруженную на согласованную нагрузку (с $K_{ст\ u} \leq 1,05$). Детектор зонда измерительной линии должен работать в квадратичном режиме.

Микроамперметр измерительной линии должен иметь класс не хуже 1,0 и число шкалы не менее 100.

3. Коэффициент модуляции рассчитывают по формуле

$$m = \frac{\sqrt{\alpha_{\max}} - \sqrt{\alpha_{\min}}}{\sqrt{\alpha_{\max}} + \sqrt{\alpha_{\min}}}, \quad (1)$$

где α_{\max} , α_{\min} — максимальное и минимальное показания микроамперметра при поворачивании модулятора от руки.

4. Дифференцируя формулу (1), получаем (после проведения преобразований и замены дифференциалов приращениями)

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\sqrt{\alpha_{\max} \cdot \alpha_{\min}}}{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}} \left| \frac{\Delta \alpha_{\max}}{\alpha_{\max}} - \frac{\Delta \alpha_{\min}}{\alpha_{\min}} \right|. \quad (2)$$

5. Из формулы (2) следует, что искомая погрешность равна

$$\delta m = \frac{\sqrt{\alpha_{\max} \cdot \alpha_{\min}}}{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}} \sqrt{(\delta \alpha_{\max})^2 + (\delta \alpha_{\min})^2}, \quad (3)$$

где $\delta \alpha_{\max}$ и $\delta \alpha_{\min}$ — погрешности отсчета по микроамперметру α_{\max} и α_{\min} соответственно. Эти погрешности зависят от того, в какой части шкалы прибора проводят измерения.

5.1. Для уменьшения погрешности δm измерения значений α рекомендуется проводить в конце шкалы микроамперметра. При этом следует устанавливать (при помощи аттенюатора) значение α_{\max} на самом конце шкалы, т. е. α_{\max} должна быть равна 100 дел.

Таким образом, для определения m достаточно измерить одно (минимальное) значение α .

5.2. Погрешность установления $\alpha_{\max} = 100$ дел по микроамперметру класса 1,0 равна $\pm 1\%$.

Погрешность измерения α_{\min} вычисляют по формуле

$$\delta \alpha_{\min} = \pm \frac{100}{\alpha_{\min}}, \%. \quad (4)$$

6. Подставляя в формулу (3) значения α_{\max} , $\delta \alpha_{\max}$ и $\delta \alpha_{\min}$, получаем

$$\delta m = \frac{10\sqrt{\alpha}}{100 - \alpha} \sqrt{\frac{1}{100^2} + \frac{1}{\alpha^2}}, \quad (5)$$

где под α подразумевают α_{\min} .

Погрешности, рассчитанные по формуле (5) для некоторых конкретных значений m , сведены в таблицу.

m	α (дел)	$\delta m, \%$
0,096	68	4,6
0,104	66	4,3
0,111	64	4,0
0,119	62	3,9
0,127	60	3,8

Из таблицы видно, что погрешность определения коэффициента модуляции поляризационного модулятора не превышает $\pm 4\%$ при значениях m в интервале 0,11—0,12.

Примечание. Для исключения влияния на результат измерения m нестабильности уровня СВЧ мощности во время измерения следует следить за постоянством значения α_{\max} (100 дел), а измерение α_{\min} проводить несколько раз и находить среднее арифметическое значение этой величины.