УДК 621.382.2.083.8 : 006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

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.)*

gost.e-ecolog.ru

1.1. Условия и режим измерения

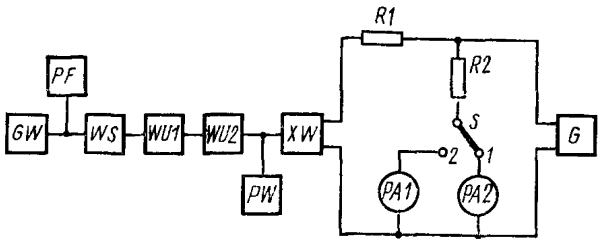
1.1.1. Условия и режим измерения — по ГОСТ 19656.0—74.

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; R_1, R_2—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

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

где $R_{вн}$ — внутреннее сопротивление микроамперметра *PA*1;

$r_{вых.\,ср}$ — среднее значение выходного сопротивления измеряемых диодов, при этом $R_1 = R_{пос}$;

$R_{пос}$ — 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

$$R_{гт} \geqslant 50\ (R_2 + R_{вн}).$$

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

1.2.2.4. Измерительные приборы *PA*1 и *PA*2 должны иметь класс точности не хуже 1 и внутреннее сопротивление $R_{вн} \leqslant 10$ 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 *WU*2 устанавливают на начальном участке шкалы на целое число делений в пределах $0{,}1 \div 0{,}3$.

С помощью аттенюатора *WU*1 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 *PA*2. Затем переводят переключатель *S* в положение *2* и доводят компенсацию до нуля по микроамперметру *PA*1.

1.3.3. Увеличивают на ΔP_0 уровень СВЧ мощности при помощи аттенюатора *WU*2 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

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

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.

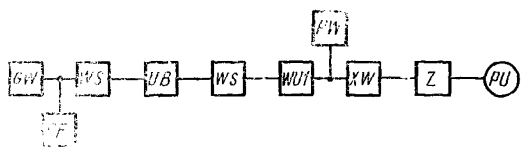
2.1. Условия и режим измерения

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*—аттенюатор; *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÷0,12, относительная погрешность измерения коэффициента модуляции не должна выходить за пределы ±4%;

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

относительная нестабильность частоты модуляции не должна выходить за пределы ±2%;

форма модуляционной кривой — синусоида.

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

Выбранные значения сопротивлений должны быть известны с относительной погрешностью в пределах ±1%.

2.2.2.3. Милливольтметр переменного тока *PU* должен измерять действующее напряжение на частоте модуляции при сопротивлении нагрузки диода $R_м$. 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 *WU*1 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

$$L_{прб}=10\lg\frac{m^2P_0R_м}{U^2},$$

(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 ±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).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

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. Дифференциальный метод

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

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

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 аттенюатора калиброванное изменение уровня мощности (в относительных единицах), и установить $R_1+R_2+R_{\text{вн}}=R_{\text{пч}}$, то формула (1) принимает вид

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

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

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

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

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

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

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.

$$R_{пч}=R_1+R_2+R_{в1}.$$

1.3. Погрешность δP_0 (см. ГОСТ 19656.0—74) для уровней мощности 10^{-3}—$5\cdot10^{-3}$ Вт (что соответствует режимам измерений смесительных диодов) равна ±7%.

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

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

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

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

Подставив в формулу (5) значения δI_1 и δI_2, получаем $\delta\Delta I_{вп}=\pm2{,}2\%$.

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

1.6. Подставив в формулу (4) значения δP_0, $\delta\Delta I_{вп}$ и $\delta R_{пч}$, получаем $\delta L_{прб}=\pm8{,}4\%$. Принимаем $\delta L_{прб}$ равной ±9%.

2. Метод амплитудной модуляции

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

$$L_{прб}=\frac{m^2P_0R_м}{U^2}. \qquad (6)$$

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

$$\frac{\Delta L_{прб}}{L_{прб}}=2\frac{\Delta m}{m}+\frac{\Delta R_м}{R_м}+\frac{\Delta P_0}{P_0}-2\frac{\Delta U}{U}. \qquad (7)$$

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

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

где δm — погрешность определения коэффициента модуляции;

$\delta R_м$ — 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 ±4%.

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

2.5. Погрешность $\delta R_м$ в соответствии с требованиями настоящего стандарта равна ±1%.

2.6. Погрешность δP_0 (см. ГОСТ 19656.0—74) равна ±7%.

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

2.8. Подставляя в формулу (8) значения δm, $\delta R_м$, δP_0 и δU, получаем $\delta L_{прб}=\pm12\%$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

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 $K_{ст\ U} \leqslant 1{,}05$). 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

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

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)

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

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

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

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

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

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

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

где под α подразумевают α_{min}.

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

m	α (дел)	δm, %
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 ±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.

gost.e-ecolog.ru