ГОСТ 18986.23—80

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СТАБИЛИТРОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ШУМА

Издание официальное

БЗ 1—2001

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.382.072.2:621.391.822.08:006.354 Группа Э29

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СТАБИЛИТРОНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

Методы измерения спектральной плотности шума

ГОСТ 18986.23—80

Zener diodes.
Methods for measuring spectral noise density

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12.12.80 № 5804 дата введения установлена 01.01.82

Ограничение срока действия снято Постановлением Госстандарта от 30.08.91 № 1410

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые стабилитроны и устанавливает два метода измерения спектральной плотности шума $S_{ш.ст}$:

- метод 1 применяют при измерении спектральной плотности шума стабилитронов с установленной полосой частот измерения в диапазоне 5 Гц—30 МГц;
- метод 2 применяют при измерении спектральной плотности шума прецизионных стабилитронов с установленной полосой частот измерения в диапазоне 0,01—5 Гц.

Общие требования при измерениях должны соответствовать ГОСТ 18986.0—74 и требованиям, изложенным в соответствующих разделах настоящего стандарта.

1. МЕТОД 1

1.1. Принцип и условия измерения

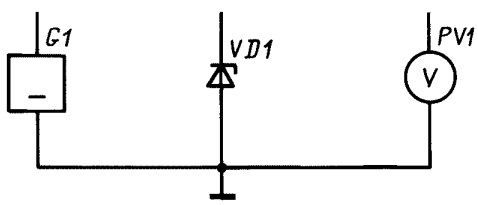
1.1.1. Спектральную плотность шума определяют по результатам измерения среднеквадратического значения напряжения шума стабилитрона в установленной полосе частот.

1.1.2. Измерения проводят на одной частоте при выполнении условия полосности фильтра

$$f_в - f_н \le 0{,}5\sqrt{f_в \cdot f_н}\,, \qquad (1)$$

где $f_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания вольтметра *PV1* на уровне 0,7, Гц;
$f_н$ — нижняя граничная частота полосы пропускания вольтметра *PV1* на уровне 0,7, Гц.

Если не выполняется условие 1, то измерение проводят в полосе частот.



G1 — генератор постоянного тока; *VD1* — измеряемый стабилитрон; *PV1* — вольтметр для измерения среднеквадратического значения напряжения

Черт. 1

1.1.3. Условие измерения (температура) и электрический режим измерения (ток стабилизации и полоса частот) должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Для измерения следует применять установку, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 1.

Электрические параметры вольтметров для измерения среднеквадратического значения напряжения приведены в приложении 3.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

★

Издание (август 2002 г.) с Изменением № 1, утвержденным в сентябре 1986 г. (ИУС 12—86).

© Издательство стандартов, 1981
© ИПК Издательство стандартов, 2002

1.2.2. Генератор постоянного тока *G1* должен обеспечивать установление тока с погрешностью в пределах ± 5 %.

1.2.3. Реактивная составляющая полного входного сопротивления измерительной установки может быть компенсирована резонансным контуром.

1.2.4. Спектральная плотность напряжения собственных шумов и электромагнитных помех измерительной установки не должна превышать значения измеряемой спектральной плотности шума стабилитрона.

1.2.5. Для измерения собственных шумов установки стабилитрон заменяют цепью, состоящей из параллельно включенных резистора R и конденсатора C.

Сопротивление резистора R должно соответствовать соотношению

$$R = r_{ст}(1 \pm 0{,}2), \tag{2}$$

где $r_{ст}$ — дифференциальное сопротивление стабилитрона в режиме измерения спектральной плотности шума, установленное в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов, Ом.

Емкость конденсатора C должна соответствовать условию

$$C = C_{ст}(1 \pm 0{,}2), \tag{3}$$

где $C_{ст}$ — общая емкость стабилитрона, установленная в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов, Ф.

Конденсатор C не устанавливают при выполнении условия

$$r_{ст} \le \frac{1}{4\pi f C_{ст}}, \tag{4}$$

где f — частота измерения, Гц ($f = f_в$ при измерении в полосе частот).

(Измененная редакция, Изм. № 1).

1.2.6. Спад амплитудно-частотной характеристики вольтметра среднеквадратического значения *PV1* должен быть не менее 12 дБ/окт.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Измеряемый стабилитрон заменяют цепью, состоящей из параллельно включенных резистора R и конденсатора C, параметры которых приведены в п. 1.2.5.

1.3.2. Генератором постоянного тока устанавливают ток, равный номинальному току стабилизации.

1.3.3. Измеряют напряжение собственных шумов и электромагнитных помех измерительной установки U_1 по истечении времени 4τ, где τ — постоянная времени вольтметра среднеквадратического значения.

1.3.4. Цепь, состоящую из резистора R и конденсатора C, заменяют стабилитроном.

1.3.5. Стабилитрон выдерживают в течение времени, указанного в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов, но не менее чем 4τ.

1.3.6. Измеряют напряжение шумов стабилитрона U_2.

1.4. Обработка результатов

1.4.1. Спектральную плотность напряжения шумов стабилитрона $S_{ш.ст}$ определяют по формуле

$$S_{ш.ст} = \frac{\sqrt{U_2^2 - U_1^2}}{\sqrt{\Delta f_ш}}, \tag{5}$$

а при выполнении условия

$$1{,}4U_1 \le U_2 = 3U_1 \tag{6}$$

по формуле

$$S_{ш.ст} = \frac{U_2}{\sqrt{\Delta f_ш}}, \tag{7}$$

где $\Delta f_ш$ — ширина эффективной полосы шума измерительной установки, Гц;

при выполнении условия

$$U_2 > 3U_1. \tag{8}$$

Метод определения $\Delta f_{ш}$ приведен в приложении 1.

1.5. Показатели точности измерения

1.5.1. Общая погрешность измерения спектральной плотности шума должна находиться в пределах ± 20 % с доверительной вероятностью $P = 0{,}95$.

1.5.2. Общую погрешность измерения спектральной плотности шума определяют по формуле

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + 1/4\,\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2} + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7, \tag{9}$$

где δ_1 — погрешность, учитывающая погрешность измерения вольтметра среднеквадратического значения, %.

При определении спектральной плотности шума по формуле (5)

$$\delta_1 = \delta_{PV1} \sqrt{1 + \frac{U_1^2/\Delta f_{ш}}{S_{ш.ст}^2 + U_1^2/\Delta f_{ш}}}, \tag{10}$$

где δ_{PV1} — погрешность измерения вольтметра среднеквадратического значения *PV1*, %.

При определении спектральной плотности шума по формуле (7)

$$\delta_1 = \delta_{PV}; \tag{11}$$

δ_2 — погрешность определения ширины эффективной полосы шума измерительной установки, %, определяется по методике, изложенной в приложении 1;

δ_3 — погрешность, учитывающая длительность времени измерения, %.

При выполнении условия (6)

$$\delta_3 = \frac{100}{\sqrt{2\,\Delta f_{ш} \cdot \tau}} \sqrt{1 + \frac{U_1^2/\Delta f_{ш}}{S_{ш.ст}^2 + U_1^2/\Delta f_{ш}}}. \tag{12}$$

При выполнении условия (8)

$$\delta_3 = \frac{100}{\sqrt{2\,\Delta f_{ш} \cdot \tau}}; \tag{13}$$

δ_4 — погрешность неточности задания тока стабилизации, %.

Для стабилитронов конкретного типа погрешность определяют с использованием зависимости $S_{ш.ст} = S_{ш.ст}(I_{ст})$, которая должна указываться в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов, при отсутствии этой зависимости неточность задания тока должна быть в пределах ±1 % $I_{ст}$;

δ_5 — погрешность влияния входного сопротивления измерительной установки, %, определяемая по формулам:

при выполнении условия

$$r_{ст} C_{ст} \geq r_{уст} C_{уст}, \tag{14}$$

$$\delta_5 = -\frac{r_{ст}}{r_{ст} + r_{уст}} \cdot 100, \tag{15}$$

где $r_{уст}$ — входное сопротивление измерительной установки, Ом;

$C_{уст}$ — входная емкость измерительной установки, Ф.

Если условие (14) не выполняется, то

$$\delta_5 = \frac{C_{1уст} \cdot r_{ст}\, 2\pi f \cdot 100}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2\, C_{1уст}^2\, r_{ст}}}, \tag{16}$$

где

$$C_{1уст} = C_{уст} - \frac{r_{ст}\, C_{ст}}{r_{уст}}; \qquad (17)$$

f — частота измерения, Гц ($f = f_в$ при измерении в полосе частот);

δ_6 — погрешность влияния собственных шумов и электромагнитных наводок измерительной установки, %.

При определении спектральной плотности шума по формуле (5)

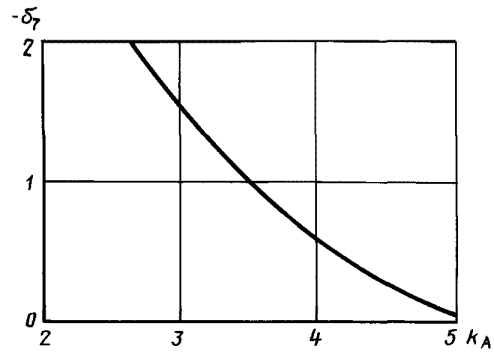
$$\delta_6 = 0; \qquad (18)$$

при определении спектральной плотности шума по формуле (7)

$$\delta_6 = 100\left(\sqrt{\frac{S^2_{ш.ст} + U_1^2/\Delta f_ш}{S^2_{ш.ст}}} - 1\right); \qquad (19)$$

δ_7 — погрешность, учитывающая коэффициент амплитуды вольтметра K_A, %.

Значение погрешности δ_7 приведено на черт. 2.



Черт. 2

2. МЕТОД 2

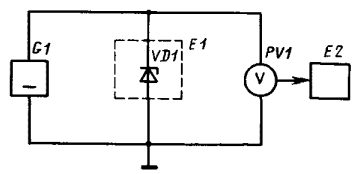
2.1. Принцип и условия измерения

2.1.1. Спектральную плотность шума определяют по результатам измерения мгновенных значений напряжения шума в установленной полосе частот и вычисления среднеквадратического значения.

2.1.2. Условия и режим измерения — по п. 1.1.3.

2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерение следует проводить на установке, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 3.



G1 — генератор постоянного тока; *VD1* — измеряемый стабилитрон; *E1* — термостат; *PV1* — измеритель напряжения; *E2* — регистрирующее устройство

Черт. 3

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2.2.2. Генератор постоянного тока *G1* должен обеспечивать ток с погрешностью в пределах ± 1 %.

2.2.3. Полоса пропускания вольтметра *PV1* на уровне 0,7 должна находиться в диапазоне частот измерения от $f_н$ до $f_в$ ($f_н$ и $f_в$ указывают в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов).

2.2.4. Спад амплитудно-частотной характеристики вольтметра за пределами полосы пропускания должен быть не менее 12 дБ/окт.

2.2.5. Интервалы времени между двумя последовательными измерениями мгновенных значений должны быть не более $1/6\,f_в$.

2.2.6. Термостат должен обеспечивать поддержание температуры с погрешностью в пределах ± 0,2 °С.

2.3. Подготовка и проведение измерения

2.3.1. Генератором постоянного тока *G1* устанавливают ток стабилизации $I_{ст}$.

2.3.2. Стабилитрон выдерживают под током в термостатируемом объеме в течение времени, указанного в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов.

2.3.3. Измерителем напряжения *PV1* измеряют напряжение шума стабилитрона U_1:

- при измерении на частоте — в течение времени, равного или более 4 τ;
- при измерении в полосе частот — в течение времени *t*.

Метод определения времени *t* приведен в приложении 2.

2.4. Обработка результатов

Спектральную плотность шума $S_{ш.ст}$ вычисляют по формуле

$$S_{ш.ст} = \frac{\sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}\left(U_j - \sum_{j=1}^{m}\frac{U_j}{m}\right)^2}}{\sqrt{\Delta f_ш}}, \tag{20}$$

где U_j — мгновенное значение напряжения стабилизации (при измерении вольтметром постоянного тока);

m — число измерений в серии.

2.4.1. Размах напряжения шума определяют по формуле

$$U_{ш.ст} = U_{max} - U_{min}, \tag{21}$$

где U_{max} — максимальное значение напряжения стабилизации за время измерения в указанном диапазоне частот, В;

U_{min} — минимальное значение напряжения стабилизации за время измерения в указанном диапазоне частот, В.

2.5. Показатели точности измерения

2.5.1. Общая погрешность измерения спектральной плотности шума в инфранизкочастотной области должна находиться в пределах ± 30 % с доверительной вероятностью $P = 0{,}95$.

2.5.2. Общую погрешность измерения спектральной плотности напряжения шума в инфранизкочастотной области определяют по формуле

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \frac{1}{4}\delta_3 + \delta_4^2} + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7, \tag{22}$$

где δ_1 — погрешность измерения вольтметра *PV1*, %;

δ_2 — погрешность изменения температуры в термостатируемом объеме, вычисляемая в процентах по формуле

$$\delta_2 = \frac{\Delta\Theta \cdot U_{ст} \cdot \alpha_{ст}}{S_{ш.ст}\sqrt{\Delta f_ш}}, \tag{23}$$

где $\Delta\Theta$ — погрешность поддержания температуры в термостатируемом объеме *E1*, °С;

$U_{ст}$ — номинальное значение напряжения стабилизации измеряемого стабилитрона, В;

$\alpha_{ст}$ — значение температурного коэффициента напряжения стабилизации, указанное в стандартах или технических условиях на стабилитроны конкретных типов, %/°С;

δ_3 — погрешность определения ширины эффективной полосы шума измерительной установки, %, определяемой по методу, изложенному в приложении 1;

δ_4 — погрешность длительности времени измерения, %, определяют по методу, указанному в приложении 2;

δ_5 — погрешность входного сопротивления измерителя *PV1*, вычисляемая в процентах по формуле

$$\delta_5 = - \frac{r_{ст} \cdot 100}{r_{ст} + \frac{r_{PV1} \cdot r_{G1}}{r_{PV1} + r_{G1}}}, \qquad (24)$$

где r_{PV1} — входное сопротивление измерителя напряжения *PV1*, Ом;

r_{G1} — входное сопротивление генератора *G1*, Ом;

δ_6 — погрешность влияния собственных шумов и электромагнитных помех измерительной установки, %.

Погрешность δ_6 определяют при замене стабилитрона в измерительной установке проволочным резистором с сопротивлением $R = r_{ст}$ (1 ± 0,2) и измерением собственных шумов и электромагнитных помех измерительной установки;

δ_7 — относительная погрешность влияния коэффициента амплитуды вольтметра *PV1*, %.

Значения относительной погрешности δ_7 приведены на черт. 2, при $KA \geq 5$; $\delta_7 = 0$.

2.5.3. Погрешность измерения размаха напряжения шума δ_R должна находиться в пределах ± 30 % с доверительной вероятностью $P = 0{,}95$.

2.5.4. Общую относительную погрешность измерения размаха напряжения шума определяют по формуле

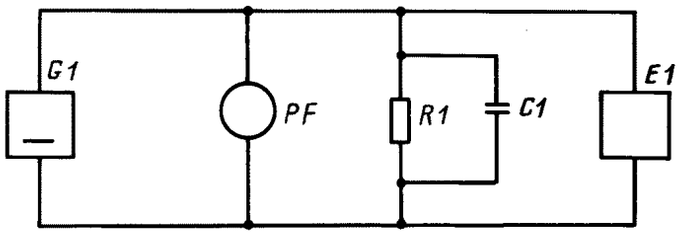
$$\delta_R = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_4^2 + \delta_6^2} + \delta_5 + \delta_7 .$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОЛОСЫ ШУМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

1. Метод определения ширины эффективной полосы шума при помощи генератора гармонического сигнала

1.1. Измерения проводят на установке, структурная схема которой представлена на черт. 1 настоящего приложения.



G1 — генератор напряжения гармонического сигнала; *PF* — частотомер; *R1* — резистор; *C1* — конденсатор; *E1* — установка для измерения спектральной плотности напряжения шума

Черт. 1

1.2. Значение сопротивления резистора *R1* должно быть в пределах ± 20 % значения $r_{ст}$.

1.3. Значение емкости конденсатора *C1* должно быть в пределах ± 20 % значения $C_{ст}$.

1.4. Проведение измерения

1.4.1. Генератором напряжения гармонического сигнала *G1* на вход установки подают напряжение, не менее чем в 100 раз превышающее напряжение собственных шумов и электромагнитных помех измерительной установки.

1.4.2. Изменяя частоту напряжения генератора *G1* в полосе пропускания измерительной установки, проводят измерение зависимости

$$U_{вых.пр} = U_{вых.пр}(f),$$

где $U_{вых.пр}$ — показание измерительного прибора установки;
f — частота генератора.

1.5. Обработка результатов

1.5.1. Методом численного интегрирования вычисляют интеграл

$$I = \int_0^\infty U^2_{вых.пр}(f)\,df. \tag{1}$$

1.5.2. Определяют ширину эффективной полосы шума измерительной установки по формуле

$$\Delta f_ш = \frac{1}{U^2_{вых.пр}(\sqrt{f_в \cdot f_н})}. \tag{2}$$

1.6. Общую погрешность определения ширины эффективной полосы шума измерительной установки определяют по формуле

$$\delta_2 = \sqrt{\delta^2_{21} + \delta^2_{22} + \delta^2_{23} + \delta^4_{24} + \delta^2_{25}}, \tag{3}$$

где δ_{21} — погрешность задания напряжения генератором напряжения гармонического сигнала *G1*, %;
δ_{22} — относительная погрешность измерения частоты частотомером *PF1*, %;
δ_{23} — погрешность измерителя *PV1* измерительной установки, %;
δ_{24} — погрешность численного интегрирования, %;
δ_{25} — погрешность неточности задания и поддержания центральной частоты при измерении на одной частоте, %, вычисляют по формуле

$$\delta_{25} = 1/2\,\delta_f, \tag{4}$$

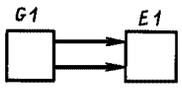
где δ_f — погрешность задания и поддержания частоты при измерении на одной частоте, %;

$\delta_{25} = 0$ — при измерении в полосе частот.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

2. Метод определения ширины эффективной полосы шума измерительной установки при помощи генератора шума

2.1. Измерения проодят на установке, структурная электрическая схема которой приведена на черт. 2 настоящего приложения.



G1 — генератор шума; *E1* — измерительная установка

Черт. 2

2.2. Значение выходного сопротивления генератора шума должно быть одного порядка со значением дифференциального сопротивления измеряемого стабилитрона.

2.3. Генератором шума *G1* на вход установки подают шум со спектральной плотностью $S_{ш,\,G1}$, превышающей не менее чем в 100 раз значение спектральной плотности собственного шума и электромагнитных помех измерительной установки.

2.4. Измерительным прибором установки измеряют среднеквадратическое значение напряжения шума *U1*.

2.5. Определяют ширину эффективной полосы шума по формуле

$$\Delta f_ш = \frac{U_1^2}{S^2_{ш,G1}}. \tag{5}$$

2.6. Общую относительную погрешность определения ширины эффективной полосы шума определяют по формуле

$$\delta_2 = \sqrt{\delta_{11}^2 + \delta_{21}^2} + \delta_{31}^2, \tag{6}$$

где δ_{11} — погрешность задания спектральной плотности генератором шума *G1*, %;

δ_{21} — погрешность измерения напряжения шума измерительной установки;

δ_{31} — погрешность влияния входного сопротивления измерительной установки, %, определяется по формуле

$$\delta_{31} = \frac{r_{G1} - r_{ст}}{r_{G1} - r_{ст} + r_{уст}} \cdot 100, \tag{7}$$

где r_{G1} — выходное сопротивление генератора шума *G1*, Ом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ t И ПОГРЕШНОСТИ δ_4, ВЫЗВАННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Провести число измерений m_1 спектральной плотности шума стабилитрона $S_{\text{ш.ст1}}$ ... $S_{\text{ш.ст }m1}$, каждое в течение времени $t_1 = 1/f_{\text{н}}$.

Число измерений m_1 должно быть достаточным для получения надежных оценок математического ожидания и дисперсии.

2. Определить оценки для математического ожидания $S_{\text{ш.ст}}$ и дисперсии $\sigma\,(S_{\text{ш.ст}})$ проведенной серии измерений по формулам:

$$\bar{S}_{\text{ш.ст}} = \frac{1}{m_1} \sum_{i=1}^{m_1} S_{\text{ш.ст}i}; \tag{1}$$

$$\sigma\,(S_{\text{ш.ст}}) = \sqrt{\frac{1}{m_1 - 1} \sum_{i=1}^{m_1} (S_{\text{ш.ст}i} - \bar{S}_{\text{ш.ст}})^2}\,. \tag{2}$$

3. Задать значение δ_4.

4. Вычислить значение $t_\gamma / \sqrt{n}$ по формуле

$$t_\gamma / \sqrt{n} = \frac{\delta_4 \cdot \bar{S}_{\text{ш.ст}}}{\sigma\,(S_{\text{ш.ст}}) \cdot 100}\,, \tag{3}$$

где t_γ — квантиль распределения Стьюдента;

n — искомое число измерений.

5. Для односторонней доверительной вероятности $\gamma = 0{,}975$ по полученному значению $t_\gamma / \sqrt{n}$ определить требуемое число измерений n.

6. Время измерения t при заданном значении δ_4 равно

$$t = nt_1. \tag{4}$$

7. Если полученное значение t велико, то следует задаться новым значением δ_4 и повторить вычисления по пп. 4—6.

8. Полученные значения t и δ_4 записывают в стандарты или технические условия на стабилитроны конкретных типов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Таблица 1

Справочная таблица электрических параметров вольтметров среднеквадратического напряжения

Тип	Предел измерения	Диапазон частот	Погрешность, %	Коэффициент амплитуды	Входное сопротивление, МОм	Входная емкость, пФ
В3—40	10 мкВ—300 В	5 Гц—5 МГц	1,5—4,0 (45 Гц—1 МГц); 15 (5 Гц—45 Гц 1 МГц—5 МГц)	—	2,5	30
В3—41	300 мкВ—300 В	20 Гц—10 МГц	2—4 (45 Гц—1 МГц); 20 (20 Гц—45 Гц 1 МГц—10 МГц)	—	4	15—35
В3—42	30 мкВ—300 В	10 Гц—5 МГц	2,5—10,0 (45 Гц—1 МГц); 15 (10 Гц—45 Гц 1 МГц—5 МГц)	5	2,5—5	15
В3—48	300 мкВ—300 В	10 Гц—50 МГц	2,5 (45 Гц—10 МГц)		20	8
В3—50	10 мкВ—300 В	5 Гц—5 МГц	1,5—4,0 (45 Гц—1 МГц); 2,5—15 (5 Гц—5 МГц)	6	2,5	30
В3—52/1	1 мВ—300 В	10 Гц—1000 МГц	2—4 (100 кГц—10 МГц)		0,03 (100 МГц)	10
В3—55	0,1 мВ—300 В	20 Гц—1 МГц	2,5—4,0	4	1	30

Таблица 2

Справочная таблица электрических параметров селективных вольтметров

Тип	Предел измерения	Диапазон частот	Погрешность, %	Диапазон напряжений	Полосапропускания, кГц	Входное сопротивление, МОм	Входная емкость, пФ
В6—9	1 мкВ—1 В	20 Гц—200 кГц	± 15	1—3 мкВ	—	1	70
			± 10	3—10 мкВ			
			± 6	10 мкВ—1 В			
В6—10	1 мкВ—1 В	100 кГц—30 МГц	± 15	1—3 мкВ	1; 9	2	10
			± 10	10 мкВ—1 В			

Таблица 3

Справочная таблица электрических параметров генераторов шума

Тип	Диапазон частот, Гц	Диапазон напряжений	Погрешность, %	Входное сопротивление, Ом
Г2—37	15—$6{,}5 \cdot 10^6$	3—$1 \cdot 10^6$ мкВ	4	50, 60

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. **(Измененная редакция, Изм № 1).**

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *В.И. Кануркина*
Компьютерная верстка *С.В. Рябовой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 09.09.2002. Подписано в печать 24.10.2002. Усл.печ.л. 1,40. Уч.-изд.л. 0,90.
Тираж 156 экз. С 7865. Зак. 933.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
gost.e-ecolog.ru e-mail: gost.e-ecolog.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. “Московский печатник”, 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru