



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ПЕРЕХОД—КОРПУС И ИМПУЛЬСНОГО ТЕПЛОВОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ

ГОСТ 19656.15—84

Издание официальное

Цена 10 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЧ

**Методы измерения теплового сопротивления
переход—корпус и импульсного теплового
сопротивления**

Semiconductor UHF diodes Measurement methods
of thermal resistance and pulse thermal resistance

ОКП 62 1800

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 августа 1984 г. № 2996 срок действия установлен

с 01.01.86

до 01.01.91

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые диоды СВЧ и устанавливает следующие методы измерения тепловых сопротивлений.

Метод измерения теплового сопротивления переход — корпус* R_{θ} пер-кор и импульсного теплового сопротивления R_{θ} и с использованием зависимости прямого напряжения диода от температуры и разогревом импульсами СВЧ-мощности, применяемый для всех СВЧ-диодов, кроме диодов Ганна и лавинно-пролетных диодов (метод I).

Метод измерения R_{θ} пер-кор и R_{θ} и с использованием зависимости прямого напряжения диода от температуры и разогревом импульсами прямого тока, применяемый для всех СВЧ-диодов, кроме диодов Ганна и лавинно-пролетных диодов, при автоматизированных измерениях в условиях производства (метод II).

Метод измерения R_{θ} пер-кор с использованием зависимости порогового тока диодов Ганна от температуры. (метод III).

Метод измерения R_{θ} пер-кор с использованием зависимости обратного напряжения лавинно-пролетного диода от температуры (метод IV).

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

* Переход — теплоотводящая поверхность для бескорпусных диодов.

**1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ R_{Θ} _{пер-кор} И R_{Θ} _и С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЗАВИСИМОСТИ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ
И РАЗОГРЕВОМ ИМПУЛЬСАМИ СВЧ-МОЩНОСТИ [МЕТОД II]**

1.1. Принцип, условия и режим измерений

1.1.1. Измерение тепловых сопротивлений заключается в определении приращения температуры перехода в результате рассеивания в диоде определенной мощности СВЧ-импульса.

1.1.2. Для типа диодов или конкретного диода должен быть определен температурный коэффициент прямого напряжения (ТКН) методом, приведенным в обязательном приложении 1.

1.1.3. Изменение прямого напряжения диода под действием СВЧ-импульса показано на черт. 1. Период следования импульсов T выбирают из условия

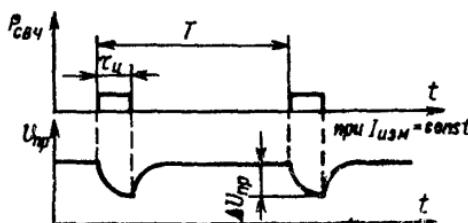
$$T - \tau_u \geq 3\tau_t,$$

где τ_t — время тепловой релаксации диода.

При измерении R_{Θ} _{пер-кор} длительность импульсов τ_u выбирают из условия

$$\tau_u = (3-5)\tau_t.$$

Измерение R_{Θ} _и проводят при нормированной длительности импульса.



Черт. 1

1.1.4. Значение импульсной рассеиваемой мощности, длительности импульсов и периода их следования должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях (ТУ) на диоды конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 2.

1.2.2. Генератор СВЧ-мощности должен обеспечивать подачу на диод импульса СВЧ-мощности с заданной длительностью и периодом следования; погрешность установки длительности импульсов и периода следования не должна выходить за пределы $\pm 5\%$; длительность фронтов $< 0,05 \tau_t$.

Погрешность регулировки и измерения импульсной мощности не должна выходить за пределы $\pm 10\%$.

1.2.3. Измеритель КСВН должен обеспечивать измерение КСВН в импульсном режиме от 1,1 до 2,0, погрешность — в пределах $\pm 15\%$.

1.2.4. Диодная измерительная камера должна обеспечивать:

согласование проверяемых диодов до $K_{\text{СВН}} \leq 1,4$ при заданном прямом токе;

тепловое сопротивление между корпусом диода и диодной камерой для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и диодной камерой для бескорпусных диодов не более 5% измеряемого теплового сопротивления;

коэффициент потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции камеры (K_p), определенный для конкретного диода или диодов данного типа методом, приведенным в справочном приложении 2, не более 0,2.

1.2.5. Источник постоянного тока должен обеспечивать:

внутреннее сопротивление не менее 10 кОм;

амплитуду напряжения пульсаций не более 0,02%.

Суммарная нестабильность задаваемого тока при работе на реальную нагрузку не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

1.2.6. Погрешность измерения изменения прямого напряжения на диоде $\Delta U_{\text{пр}}$ измерителем PV не должна выходить за пределы $\pm 10\%$.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Устанавливают проверяемый диод в диодную камеру.

1.3.2. Задают через диод прямой ток.

1.3.3. Подают на диод импульсы СВЧ-мощности и проводят согласование диода.

1.3.4. Измеряют значение $\Delta U_{\text{пр}}$.

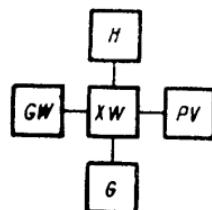
1.4. Обработка результатов измерений

1.4.1. Тепловое сопротивление R_θ , $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_\theta = \frac{\Delta U_{\text{пр}}}{T_{\text{КН}} \cdot P_r (1 - K_p)}, \quad (1)$$

где $U_{\text{пр}}$ — изменение прямого напряжения диода, мВ;

$T_{\text{КН}}$ — температурный коэффициент прямого напряжения диода, определенный методом, приведенным в обязательном приложении 1, $\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$;



GW — генератор СВЧ-мощности;
 H — измеритель коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН); XW — диодная измерительная камера с диодом; G — источник постоянного тока; PV — измеритель изменения прямого напряжения $\Delta U_{\text{пр}}$

Черт. 2

P_r — импульсная мощность генератора СВЧ-мощности, Вт;
 K_P — коэффициент потерь в диодной камере, определенный методом, приведенным в справочном приложении 2.

1.5. Показатели точности измерений

1.5.1. Погрешность измерения тепловых сопротивлений не должна выходить за пределы $\pm 25\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

1.5.2. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления приведен в справочном приложении 3.

2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\Theta \text{ пер-кор}}$ И $R_{\Theta \text{ и}}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И РАЗОГРЕВОМ ИМПУЛЬСАМИ ПРЯМОГО ТОКА (МЕТОД II)

2.1. Принцип, условия и режим измерений

2.1.1. Измерение тепловых сопротивлений заключается в определении приращения температуры перехода в результате расщепления в диоде определенной мощности импульса прямого тока.

2.1.2. Для типа диодов или конкретного диода должен быть определен температурный коэффициент прямого напряжения (ТКН) методом, приведенным в обязательном приложении 1.

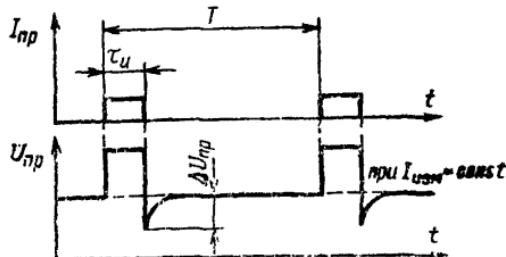
2.1.3. Изменение прямого напряжения диода под действием импульса прямого тока показано на черт. 3. Период следования импульсов T выбирают из условия:

$$T - \tau_u > 3\tau_r .$$

При измерении $R_{\Theta \text{ пер-кор}}$ длительность импульсов τ_u выбирают из условия:

$$\tau_u = (3-5)\tau_r .$$

Измерение $R_{\Theta \text{ и}}$ проводят при нормированной длительности импульса.

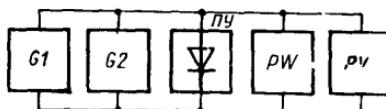


Черт. 3

2.1.4. Значения амплитуды импульса прямого тока, длительности импульсов и периода их следования, при которых проводят измерения, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.

2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 4.



G₁—импульсный генератор тока;
G₂—источник постоянного тока;
ПУ—подключающее устройство с
диодом; *PW*—измеритель мощности;
PV—измеритель изменения прямого
напряжения $\Delta U_{\text{пр}}$

Черт. 4

2.2.2. Импульсный генератор должен обеспечивать:
подачу на диод импульсов прямого тока с заданной длительностью и периодом следования; погрешность установки длительности импульсов и периода следования не должна выходить за пределы $\pm 5\%$; длительность фронтов $\leq 0,05 \tau_t$;

внутреннее сопротивление не менее 500 Ом.

Погрешность установки амплитуды импульсов прямого тока не должна выходить за пределы $\pm 3\%$.

2.2.3. Источник постоянного тока — в соответствии с требованиями п. 1.2.5.

2.2.4. Погрешность измерения импульсной мощности, рассеиваемой в диоде, измерителем мощности *PW* не должна выходить за пределы $\pm 7\%$.

2.2.5. Измеритель изменения прямого напряжения $\Delta U_{\text{пр}}$ — в соответствии с требованиями п. 1.2.6.

2.2.6. Подключающее устройство должно обеспечивать:

переходное сопротивление контактов не более 0,01 Ом;

тепловое сопротивление между корпусом диода и *ПУ* для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и *ПУ* для бескорпусных диодов должно быть не более 5 % значения измеряемого теплового сопротивления.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство.

2.3.2. Задают через диод прямой ток.

2.3.3. Подают на диод импульсы прямого тока и измеряют рассеиваемую в диоде мощность.

2.3.4. Измеряют значение $\Delta U_{\text{пр}}$.

2.4. Обработка результатов измерений

2.4.1. Тепловое сопротивление R_Θ , $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_\Theta = \frac{\Delta U_{\text{пр}}}{\text{TKH} \cdot P}, \quad (2)$$

где $\Delta U_{\text{пр}}$ — изменение прямого напряжения диода, мВ;

TKH — температурный коэффициент прямого напряжения диода, определенный методом, приведенным в обязательном приложении 1, $\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$;

P — импульсная мощность, рассеиваемая в диоде, Вт.

2.5. Показатели точности измерений

2.5.1. Погрешность измерения тепловых сопротивлений не должна выходить за пределы $\pm 25\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

2.5.2. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления приведен в справочном приложении 3.

3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ R_Θ пер—кор С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ПОРОГОВОГО ТОКА ДИОДОВ ГАННА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ (МЕТОД III)

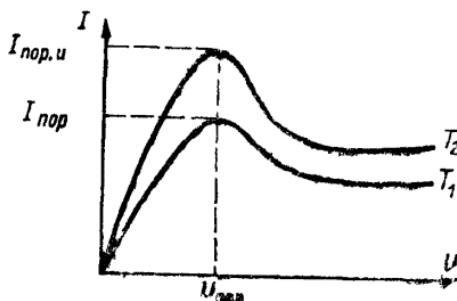
3.1. Принцип, условия и режим измерений

3.1.1. Измерение теплового сопротивления заключается в определении разности температур между активной областью диода и корпусом при рассеивании определенной мощности постоянного тока.

3.1.2. Разность температур между активной областью диода и корпусом определяют исходя из измерений температуры корпуса при равенстве пороговых токов для двух электрических режимов: рассеивании в диоде мощности постоянного тока и неразогревающим импульсном режиме и подогреве корпуса внешним нагревателем.

3.1.3. На черт. 5 представлены вольт-амперные характеристики диода Ганна при двух температурах активной области, причем $T_1 > T_2$. При нагреве корпуса внешним нагревателем значение импульсного порогового тока уменьшается и при равенстве его значения значению постоянного импульсного тока температура корпуса соответствует температуре активной области при рассеивании мощности постоянного тока.

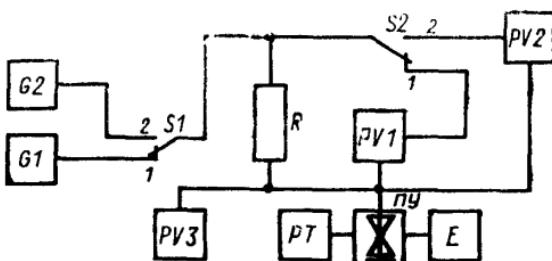
3.1.4. Значения длительности и периода следования импульсов, при которых проводят измерение, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.



Черт. 5

3.2. Аппаратура

3.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 6.



G1—источник постоянного напряжения; *G2*—генератор импульсов напряжения; *S1*, *S2*—переключатели; *R*—измерительный резистор; *PV1*, *PV3*—измерители постоянного напряжения; *PV2*—измеритель импульсного напряжения; *E*—нагреватель; *PY*—подключающее устройство с диодом; *PT*—измеритель температуры

Черт. 6

3.2.2. Источник постоянного напряжения должен обеспечивать: установку и поддержание порогового напряжения диода, погрешность — в пределах $\pm 2\%$;

внутреннее сопротивление — не более $0,1 (R+r)$ Ом, где R — сопротивление измерительного резистора, Ом;

r — сопротивление диода, Ом.

3.2.3. Генератор импульсов напряжения должен обеспечивать: установку и поддержание амплитуды импульсов, погрешность — в пределах $\pm 2\%$, длительность импульсов $< 0,05 \tau_t$;

внутреннее сопротивление — не более $0,1 (R+r)$, Ом, где R — сопротивление измерительного резистора, Ом;

r — сопротивление диода, Ом.

3.2.4. Измерители постоянного напряжения должны отвечать следующим требованиям:

погрешность измерения постоянного напряжения не должна выходить за пределы $\pm 2\%$,

ток, проходящий через измерители, должен быть не более 1 % значения порогового тока проверяемого диода.

3.2.5. Измеритель импульсного напряжения должен отвечать следующим требованиям:

погрешность измерения импульсного напряжения не должна выходить за пределы $\pm 10\%$;

ток, проходящий через измеритель, должен быть не более 1 % значения порогового тока проверяемого диода.

3.2.6. Нагреватель должен обеспечивать нагрев корпуса диода до температуры 200 °C.

3.2.7. Подключающее устройство должно обеспечивать:

переходное сопротивление контактов не более 0,01 Ом в диапазоне рабочих температур;

тепловое сопротивление между корпусом диода и ПУ для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и ПУ для бескорпусных диодов должно быть не более 5 % значения измеряемого теплового сопротивления.

3.2.8. Погрешность измерения температуры корпуса измерителем температуры не должна выходить за пределы $\pm 1,5^\circ\text{C}$.

3.3. Подготовка и проведение измерений

3.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство. Переключатели $S1$, $S2$ устанавливают в положение 1.

3.3.2. С помощью источника постоянного напряжения задают постоянный пороговый ток через диод по максимуму показаний измерителя $PV1$. Значение порогового тока $I_{\text{пор}}$, А, определяют по формуле

$$I_{\text{пор}} = \frac{U}{R}, \quad (3)$$

где U — показания измерителя $PV1$, В;

R — сопротивление измерительного резистора, Ом.

3.3.3. Измеряют значение порогового напряжения $U_{\text{пор}}$ и температуру корпуса диода T_1 .

3.3.4. Устанавливают переключатели $S1$, $S2$ в положение 2 и задают значение порогового тока в импульсном режиме $I_{\text{пор,и}}$ с помощью генератора импульсов по максимуму показаний измерителя $PV2$.

3.3.5. Включают нагреватель и измеряют температуру корпуса диода T_2 в момент равенства значения импульсного порогового тока значению постоянного порогового тока.

3.4. Обработка результатов измерений

3.4.1. Тепловое сопротивление $R_{\theta \text{пер-кор}}$, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_{\theta \text{пер-кор}} = \frac{T_2 - T_1}{I_{\text{пор}} \cdot U_{\text{пор}}} , \quad (4)$$

где T_1 — температура корпуса диода в режиме постоянного по порогового тока, $^{\circ}\text{C}$;

T_2 — температура корпуса диода при внешнем нагреве и импульсном электрическом режиме, $^{\circ}\text{C}$;

$I_{\text{пор}}$ — постоянный пороговый ток, А;

$U_{\text{пор}}$ — постоянное пороговое напряжение, В.

3.5. Показатели точности измерений

3.5.1. Погрешность измерения теплового сопротивления не должна выходить за пределы $\pm 25\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

3.5.2. Расчет погрешности $R_{\theta \text{пер-кор}}$ приведен в справочном приложении 3.

4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ $R_{\theta \text{пер-кор}}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВИСИМОСТИ ОБРАТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ЛАВИННО-ПРОЛЕТНЫХ ДИОДОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ (МЕТОД IV)

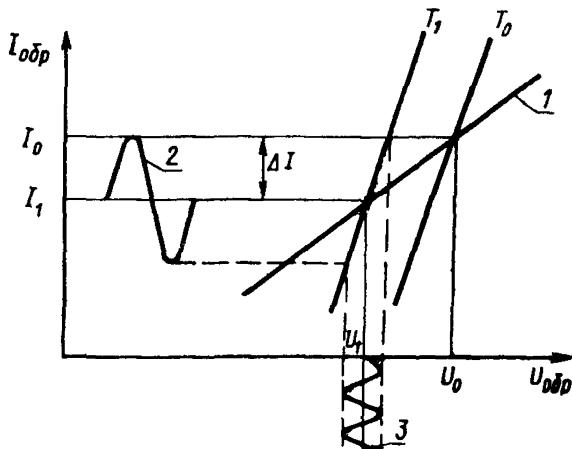
4.1. Принцип, условия и режим измерений

4.1.1. Измерение теплового сопротивления заключается в определении разности температур между переходом и корпусом диода при рассеивании в диоде определенной мощности постоянного тока.

4.1.2. Разность температур между переходом и корпусом определяют исходя из измерений температуры корпуса диода при равенстве обратных напряжений для двух электрических режимов: при рассеивании в диоде мощности постоянного тока $I_0 U_0$, при рассеивании меньшей мощности ($I_0 - \Delta I$) U_0 , подогреве корпуса диода внешним нагревателем и подаче на диод неразогревающего перехода высокочастотного тока с амплитудой ΔI .

4.1.3. На черт. 7 представлены статическая вольт-амперная характеристика (1) и изотермические вольт-амперные характеристики, соответствующие постоянным температурам перехода T_0 и T_1 , причем $T_0 > T_1$. При подаче высокочастотного тока (2) амплитуда обратного напряжения (3) изменяется в соответствии с изотермической характеристикой T_1 . Нагрев корпуса внешним нагревателем увеличивает обратное напряжение и при равенстве его амплитудного значения значению V_0 температура перехода будет равна T_0 .

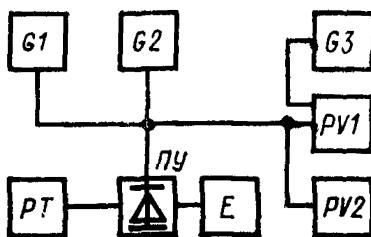
4.1.4. Значения постоянного обратного тока и частоты генератора высокочастотного тока, при которых проводят измерения, должны соответствовать установленным в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.



Черт. 7

4.2. Аппаратура

4.2.1. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на черт. 8.



G₁—источник постоянного тока; *G₂*—генератор тока высокой частоты; *G₃*—источник опорного напряжения; *PV₁*—измеритель амплитуды обратного напряжения; *PV₂*—измеритель постоянного обратного напряжения; *PT*—измеритель температуры корпуса ПУ; *E*—нагреватель; ПУ—подключающее устройство с диодом.

Черт. 8

4.2.2. Источник постоянного тока должен обеспечивать: ступенчатое уменьшение тока на значение $\Delta I = I_0 - I_1$; погрешность — в пределах $\pm 1\%$;

погрешность задания тока I_0 в пределах $\pm 5\%$;
внутреннее сопротивление не менее 10 кОм;
нестабильность тока за время измерения диода в пределах $\pm 0,2\%$.

4.2.3. Генератор тока высокой частоты должен обеспечивать:
установку и поддержание высокочастотного тока с амплитудой, равной $\Delta I = I_0 - I_1$;
суммарную погрешность — в пределах $\pm 4\%$;
период колебаний — не более $0,05 \tau_t$;
внутреннее сопротивление — не менее 1 кОм.

4.2.4. Источник опорного напряжения должен обеспечивать:
установку и поддержание напряжения в пределах, необходимых для компенсации обратного напряжения диода;
суммарную нестабильность напряжения — в пределах $\pm 0,02\%$.

4.2.5. Погрешность измерения амплитудного значения обратного напряжения относительно опорного напряжения измерителем напряжения $PV1$ не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

4.2.6. Погрешность измерения обратного напряжения диода измерителем постоянного обратного напряжения $PV2$ не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

4.2.7. Погрешность измерения приращения температуры измерителем температуры корпуса PU не должна выходить за пределы $\pm 5\%$.

4.2.8. Нагреватель должен обеспечивать нагрев корпуса диода относительно первоначальной температуры не менее чем на 10°C .

4.2.9. Подключающее устройство должно обеспечивать тепловое сопротивление между корпусом диода и PU для диодов в корпусе или между теплоотводящей поверхностью диода и PU для бескорпусных диодов не более 10% значения измеряемого теплового сопротивления.

4.3. Подготовка и проведение измерений

4.3.1. Устанавливают диод в подключающее устройство.
4.3.2. С помощью источника постоянного тока $G1$ задают ток I_0 . Калибруют измеритель температуры PT при установленной начальной температуре корпуса PU .

4.3.3. С помощью источника опорного напряжения $G3$ устанавливают удобное для отсчета показание измерителя $PV1$.

4.3.4. Уменьшают значение тока I_0 на значение ΔI с помощью источника постоянного тока $G1$ и включают генератор тока высокой частоты $G2$ с амплитудой ΔI .

4.3.5. Включают нагреватель и измеряют температуру корпуса PU до совпадения показаний измерителя $PV1$ с показаниями этого прибора, установленными в п. 4.3.3.

4.3.6. Измеряют обратное напряжение диода с помощью измерителя *PV2*.

4.3.7. Измеряют приращение температуры корпуса ПУ с помощью измерителя температуры *РТ*.

4.4. Обработка результатов измерений

4.4.1. Тепловое сопротивление $R_{\theta \text{ пер-кор}}$, $^{\circ}\text{C/Bt}$, определяют по формуле

$$R_{\theta \text{ пер-кор}} = \frac{\Delta T}{\Delta I U_0} - R_{\theta \text{ кор.-пу}}, \quad (5)$$

где ΔT — приращение температуры корпуса ПУ, измеренное измерителем температуры *РТ*, $^{\circ}\text{C}$;

ΔI — изменение постоянного тока через диод, А;

U_0 — постоянное обратное напряжение диода, измеренное измерителем *PV2* при токе I_0 , В;

$R_{\theta \text{ кор-пу}}$ — тепловое сопротивление между корпусом диода и подключающим устройством, указанное в технической документации на измерительную установку, $^{\circ}\text{C/B}$.

4.5. Показатели точности измерений

4.5.1. Погрешность измерения теплового сопротивления не должна выходить за пределы $\pm 15\%$ с доверительной вероятностью 0,997 с учетом значения $R_{\theta \text{ кор.-пу}}$, указанного в п. 4.4.1, и должна быть в пределах $\pm 25\%$ с доверительной вероятностью 0,997, если значение $R_{\theta \text{ кор.-пу}}$ не учитывается.

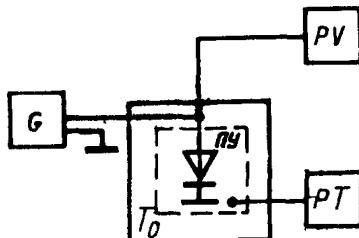
4.5.2. Расчет погрешности измерения $R_{\theta \text{ пер-кор}}$ приведен в справочном приложении 3.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Обязательное

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДИОДА (ТКН)**

1. Определение ТКН заключается в измерении прямого напряжения диода при протекании неразогревающего перехода прямого тока для двух значений температуры корпуса.

2. Измерения следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на чертеже.



G—источник постоянного тока;
 T_0 —термостатируемый объем;
ПУ—подключающее устройство;
PV—измеритель прямого напряжения;
PT—измеритель температуры

2.1. Источник постоянного тока должен обеспечивать подачу на диод требуемого тока с общей стабильностью $\pm 2\%$ и иметь внутреннее сопротивление не менее 10 кОм.

2.2. Термостатируемый объем должен обеспечивать задание и поддержание двух, отличающихся не менее чем на 20°C , температур измерения диодов; погрешность — в пределах $\pm 2\%$.

2.3. Погрешность измерения в заданных пределах напряжения диода измерителем прямого напряжения *PV* не должна выходить за пределы $\pm 0,5\%$.

2.4. Погрешность измерения температуры измерителем температуры *PT* не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

2.5. Подключающее устройство должно иметь переходное сопротивление не более 0,01 Ом в диапазоне рабочих температур. Рекомендуется применять многопозиционные подключающие устройства.

3. Порядок проведения измерений

3.1. Диод, установленный в подключающее устройство, выдерживают при температуре T_1 в течение времени, достаточного для полного прогрева диода. Время выдержки зависит от типа термостатируемого объема и корпуса диода и устанавливается в технической документации на измерительную установку.

3.2. Задают ток через диод и измеряют прямое напряжение $U_{\text{пр1}}$.

3.3. Устанавливают температуру T_2 , большую, чем T_1 , и после выдержки измеряют прямое напряжение $U_{\text{пр2}}$.

4. Значение ТКН, мВ/ $^\circ\text{C}$, рассчитывают по формуле

$$TKH = \frac{U_{\text{пр1}} - U_{\text{пр2}}}{T_2 - T_1},$$

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ
СВЧ-МОЩНОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ДИОДНОЙ КАМЕРЫ**

1. Определение коэффициента потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции диодной камеры основано на измерении добротности камеры с эквивалентом короткого замыкания. Эквивалентом короткого замыкания является устройство, максимально близкое по своим размерам и конструкции к проверяемому диоду, в котором в месте установки полупроводниковой структуры осуществлено короткое замыкание.

2. Измерение добротности камеры следует проводить с помощью панорамного измерителя КСВН, при этом диодную камеру включают в качестве конечной нагрузки.

3. Порядок проведения измерений

3.1. Устанавливают в камеру эквивалент короткого замыкания и на частоте измерений теплового сопротивления f_0 проводят согласование камеры до $\text{KСВН} \leq 1,4$.

3.2. Измеряют полосу пропускания камеры $\Delta f_{k,z}$ по уровню КСВН=2 и рассчитывают добротность камеры с эквивалентом короткого замыкания $Q_{k,z}$ по формуле

$$Q_{k,z} = \frac{f_0}{\Delta f_{k,z}} .$$

3.3. Устанавливают в камеру проверяемый диод и на частоте f_0 проводят согласование камеры до $\text{KСВН} \leq 1,4$ при заданном прямом токе.

3.4. Измеряют полосу пропускания камеры Δf_d по уровню КСВН=2 и рассчитывают добротность камеры с проверяемым диодом Q_d по формуле

$$Q_d = \frac{f_0}{\Delta f_d} .$$

3.5. Определяют коэффициент потерь СВЧ-мощности в элементах конструкции камеры K_P по формуле

$$K_P = \frac{Q_d}{Q_{k,z}} .$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

1. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления, определяемого методами, приведенными в разд. 1 и 2 настоящего стандарта

1.1. Погрешность измерения теплового сопротивления δR_Θ измеренного методами, приведенными в разд. 1 и 2 настоящего стандарта, подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_\Theta = \sqrt{(\delta U_{\text{пр}})^2 + (\delta TKH)^2 + (\delta P)^2}, \quad (1)$$

где $\delta U_{\text{пр}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения изменения прямого напряжения диода. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δTKH — предельное значение относительной погрешности измерения температурного коэффициента прямого напряжения диода. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δP — предельное значение относительной погрешности измерения мощности, рассеиваемой в диоде. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

1.2. Погрешность $\delta U_{\text{пр}}$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta U_{\text{пр}} = +\delta U_1 - \delta U_2 \pm \sqrt{(\delta U_3)^2 + (\delta U_4)^2 + (\delta U_5)^2}, \quad (2)$$

где δU_1 — предельное значение относительной систематической погрешности измерения $\Delta U_{\text{пр}}$, вызываемой нагревом корпуса диода в процессе действия импульса;

δU_2 — предельное значение относительной систематической погрешности измерения $\Delta U_{\text{пр}}$, вызываемой рассеиванием накопленного заряда;

δU_3 — предельное значение относительной погрешности измерения $\Delta U_{\text{пр}}$, вызываемой нестабильностью и пульсациями источника тока. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δU_4 — предельное значение относительной погрешности измерения $\Delta U_{\text{пр}}$, вызываемой выделением огибающей СВЧ-импульса. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δU_5 — предельное значение относительной погрешности измерителя $\Delta U_{\text{пр}}$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

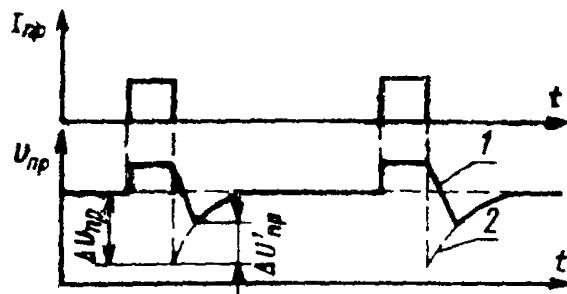
1.3. Погрешность δU_1 зависит от требований, предъявляемых к измерительной камере и подключающему устройству, и не должна превышать 5 %.

1.4. Погрешность δU_2 определяют по осциллограмме зависимости прямого напряжения диода $U_{\text{пр}}$ от времени при протекании через диод импульсного прямого тока, изображенной на черт. 1.

Погрешность δU_2 , %, рассчитывают после определения значений $\Delta U_{\text{пр}}$ и $\Delta U'_{\text{пр}}$ из осциллограммы по формуле

$$\delta U_2 = \frac{\Delta U'_{\text{пр}}}{\Delta U_{\text{пр}}} \cdot 100. \quad (3)$$

Если погрешность δU_2 превышает 10 %, то должны быть приняты меры по ее снижению или учету.



1—реальная зависимость; 2—зависимость без учета явления рассасывания накопленного заряда.

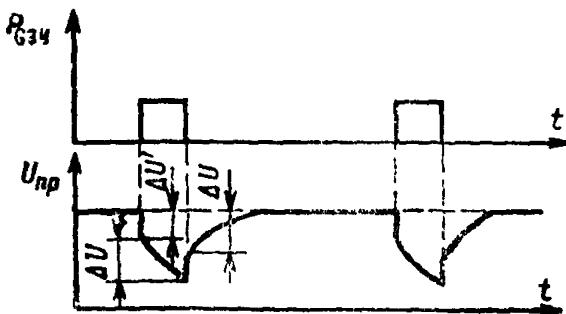
Черт. 1

1.5. Погрешность $\delta\Delta U_3$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta U_3 = \frac{\Delta I_{изм} r_n}{U_{np}} , \quad (4)$$

где $\Delta I_{изм}$ — максимальная абсолютная нестабильность измерительного тока, А; r_n — последовательное сопротивление потерь проверяемого диода, Ом; U_{np} — прямое напряжение диода при протекании через него измерительного тока, В.

1.6. Погрешность $\delta\Delta U_4$ определяют по осциллограмме зависимости прямого напряжения диода U_{np} от времени при рассеянии в диоде импульсной СВЧ-мощности, изображенной на черт. 2.



ΔU — изменение прямого напряжения за счет нагрева перехода СВЧ-мощностью;
 $\Delta U'$ — изменение прямого напряжения диода за счет выделения огибающей импульса СВЧ-мощности

Черт. 2

Погрешность $\delta\Delta U_4$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta\Delta U_4 = \frac{\Delta U'}{\Delta U + \Delta U'} \cdot 100 . \quad (5)$$

Если погрешность $\delta\Delta U_4$ выходит за пределы $\pm 5\%$, то должны быть приняты меры по ее снижению или учету.

1.7. Погрешность $\delta\Delta U_5$ зависит от требований, предъявляемых к измерителю, и не должна выходить за пределы $\pm 10\%$.

1.8. Значение погрешности $\delta\Delta U_{np}$, %, рассчитанное по формуле (2), составляется

$$\delta\Delta U_{np} = +5 - 10 \pm \sqrt{5^2 + 2^2 + 10^2} = -5 \pm 11 = +6.$$

1.9. Погрешность ТКН, %, рассчитывают по формуле

$$\delta TKN = \sqrt{2(\delta U_{np})^2 + (\delta\Delta T)^2}, \quad (6)$$

где δU_{np} — предельное значение относительной погрешности измерения прямого напряжения диода. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta\Delta T$ — предельное значение относительной погрешности измерения разности температур. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

1.10 Погрешность δU_{np} , %, рассчитывают по формуле

$$\delta U_{np} = \sqrt{(\delta U_1)^2 + (\delta U_2)^2}, \quad (7)$$

где δU_1 — предельное значение относительной погрешности измерения прямого напряжения, вызванной нестабильностью измерительного тока, определяемой по п. 1.5 настоящего приложения. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δU_2 — предельное значение относительной погрешности средств измерения напряжения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения и не должна выходить за пределы $\pm 0,5\%$ при использовании цифрового вольтметра.

1.11. Погрешность $\delta\Delta T$ рассчитывают в зависимости от применяемого оборудования, обеспечивающего измерение U_{np} при двух температурах, ее значение не должно выходить за пределы $\pm 3\%$ при разности температур более 20°C .

1.12. Значение погрешности ТКН, %, рассчитанное по формуле (6) составляет

$$\delta TKN = \pm \sqrt{2 \cdot (2,5)^2 + 3^2} = \pm 4,6.$$

1.13. При усреднении значения ТКН для данного типа диодов максимальное отклонение от среднего значения не должно выходить за пределы $\pm 10\%$. При этом значение погрешности δTKN не должно выходить за пределы $\pm 12\%$.

1.14. Погрешность δP , %, при измерении методом, приведенным в разд. 1 настоящего стандарта рассчитывают по формуле

$$\delta P = -\delta P_{op} - \delta P_K \pm \delta P_r, \quad (8)$$

где δP_{op} — предельное значение систематической относительной погрешности определения мощности, вызываемой конечным значением согласования измерительной камеры с диодом с трактом СВЧ;

δP_K — предельное значение систематической относительной погрешности определения мощности, вызываемой потерями в измерительной диодной камере;

δP_r — предельное значение относительной погрешности установки и измерения мощности СВЧ-генератора. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности δP не должно выходить за пределы $\pm 10\%$.

1.15. Погрешность δP , %, при измерении методом, приведенным в разд. 2 настоящего стандарта, рассчитывают в каждом конкретном случае с учетом применяемого оборудования, ее значение не должно выходить за пределы $\pm 10\%$.

1.16. Погрешность измерения δR_Θ , %, рассчитанная по формуле (1), при подстановке максимальных значений составляющих погрешности составляет

$$\delta R_\Theta = \sqrt{16,5^2 + 12,5^2 + 10^2} = \pm 23.$$

2. Расчет погрешности измерения теплового сопротивления, измеренного методом, приведенным в разд. 3 настоящего стандарта

2.1. Погрешность измерения теплового сопротивления δR_{Θ} пер-кор подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_{\Theta \text{пер-кор}} = \sqrt{(\delta U_{\text{пор}})^2 + (\delta I_{\text{пор}})^2 + (\delta I_{\text{пор,и}})^2 + \frac{T_1 \delta T_1 + T_2 \delta T_2}{(T_2 - T_1)^2}}, \quad (9)$$

где $\delta U_{\text{пор}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения постоянного порогового напряжения. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

$\delta I_{\text{пор}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения постоянного порогового тока. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

$\delta I_{\text{пор,и}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения импульсного порогового тока. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

T_1 — значение температуры корпуса при протекании постоянного порогового тока;

T_2 — значение температуры корпуса при внешнем подогреве;

δT_1 — предельное значение относительной погрешности измерения температуры корпуса при протекании постоянного порогового тока. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δT_2 — предельное значение относительной погрешности измерения температуры корпуса при внешнем подогреве. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

2.2. Погрешность $\delta U_{\text{пор}}$ зависит от требований, предъявляемых к измерителю постоянного напряжения и не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

2.3. Погрешность $\delta I_{\text{пор}}$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta I_{\text{пор}} = \sqrt{(\delta U)^2 + (\delta R)^2}, \quad (10)$$

где δU — предельное значение относительной погрешности измерителя постоянного напряжения, не должно выходить за пределы $\pm 2\%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δR — предельное относительное отклонение от номинального значения измерительного резистора, не должно выходить за пределы $\pm 1\%$.

Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta I_{\text{пор}}$, рассчитанное по формуле (10) составляет $\pm 2,3\%$.

2.4. Погрешность $\delta I_{\text{пор,и}}$ рассчитывают по формуле

$$\delta I_{\text{пор,и}} = \delta I_1 \pm \sqrt{(\delta I_2)^2 + (\delta I_3)^2}, \quad (11)$$

где δI_1 — предельное значение относительной систематической погрешности измерения импульсного порогового тока, вызываемой индуктивным выбросом на вершине измеряемого импульса. Значение погрешности δI_1 не должно превышать 5% .

Допускается применение цепей коррекции;

δI_2 — предельное значение относительной погрешности измерителя импульсного напряжения, не должно выходить за пределы $\pm 10\%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δI_3 — предельное относительное отклонение от номинального значения сопротивления измерительного резистора, не должно выходить за пределы $\pm 1\%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

2.5. Значение погрешности $\delta I_{\text{пор,и}}$, %, рассчитанное по формуле (11), составляет

$$\delta I_{\text{пор,и}} = 5 \pm \sqrt{10^2 + 1^2} = 5 \pm 10 = {}^{+15}_{-5}$$

2.6. Погрешность δT_1 , %, рассчитывают по формуле

$$\delta T_1 = -\delta T_k \pm \delta T_{\text{изм}}, \quad (12)$$

где δT_k — предельное значение относительной систематической погрешности измерения температуры за счет разности между температурой корпуса диода и температурой ПУ, не должно превышать 3 %;

$\delta T_{\text{изм}}$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры при минимальной температуре корпуса 25 °C, не должно выходить за пределы ± 6 %. Погрешность подчиняется нормальному закону распределения.

Значение погрешности δT_1 , %, рассчитанное по формуле (12), составляет ± 11 %.

2.7. Погрешность δT_2 , %, рассчитывают по формуле

$$\delta T_2 = -\delta T_k \pm \sqrt{(\delta T_{\text{вр}})^2 + (\delta T_{\text{изм}})^2}, \quad (13)$$

где δT_k — по п. 2.6;

$\delta T_{\text{вр}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения температуры, возникающей за счет изменения температуры корпуса за время реакции оператора в момент равенства импульсного и постоянного пороговых токов, которое рассчитывают в зависимости от применяемого оборудования при скорости нагрева 5 °C и времени реакции оператора 0,5 с, значение погрешности $\delta T_{\text{вр}}$ не должно превышать 5 %. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

$\delta T_{\text{изм}}$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры, которое при минимальной температуре корпуса 75 °C не должно превышать 2 %. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

2.8. Значение погрешности δT_2 , %, рассчитанное по формуле (13), составляет

$$\delta T_2 = -5 \pm \sqrt{5^2 + 2^2} = (-5 \pm 5,4) = {}^{+0,4}_{-10,4}.$$

2.9. Погрешность измерения $\delta R_{\Theta \text{ пер-кор}}$, %, рассчитанная по формуле (9), при подстановке максимальных значений составляющих погрешности составляет

$$\delta R_{\Theta \text{ пер-кор}} = \sqrt{2^2 + 2,3^2 + 15^2 + \frac{25,6 + 75 \cdot 10,5}{50}} = 24.$$

3. Расчет погрешности измерений теплового сопротивления измеренного методом, приведенным в разд. 4 настоящего стандарта

3.1. Погрешность измерения теплового сопротивления $\delta R_{\Theta \text{ пер-кор}}$ подчиняется нормальному закону распределения и рассчитывается по формуле

$$\delta R_{\Theta \text{ пер-кор}} = \sqrt{(\delta \Delta T)^2 + (\delta \Delta I)^2 + (\delta I_0)^2 + (\delta U_0)^2 + (\delta U_{\text{оп}})^2 + (\delta R_{\Theta \text{ кор-ПУ}})^2}, \quad (14)$$

где $\delta \Delta T$ — предельное значение относительной погрешности измерения ΔT . Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

$\delta \Delta I$ — предельное значение относительной погрешности измерения $R_{\Theta \text{ пер-кор}}$, вызванное погрешностью задания и нестабильностью ΔI . Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

δI_0 — предельное значение относительной погрешности измерения R_{Θ} _{пер-кор.}, вызванное нестабильностью постоянного тока I_0 . Погрешность подчиняется нормальному закону распределения;

δU_0 — предельное значение относительной погрешности измерения V_0 , которое не должно выходить за пределы $\pm 2 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

$\delta U_{\text{оп}}$ — предельное значение относительной погрешности измерения R_{Θ} _{пер-кор.}, вызванное нестабильностью источника опорного напряжения. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

δR_{Θ} _{кор.-ПУ} — предельное значение относительной погрешности измерения R_{Θ} _{пер-кор.}, вызванное погрешностью измерения R_{Θ} _{кор-ПУ}, которое не должно выходить за пределы $\pm 2 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

3.2. Погрешность $\delta \Delta T$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta \Delta T = \sqrt{(\delta \Delta T_1)^2 + (\delta \Delta T_2)^2}, \quad (15)$$

где $\delta \Delta T_1$ — предельное значение относительной погрешности измерителя температуры, которое не должно выходить за пределы $\pm 7 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

$\delta \Delta T_2$ — предельное значение относительной погрешности измерения приращения температуры, вызываемой точностью совмещения спектром показаний измерителя PVI , которое не должно выходить за пределы $\pm 5 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta \Delta T$, %, рассчитанное по формуле (15), составляет

$$\delta \Delta T = \pm \sqrt{7^2 + 5^2} = \pm 8,5.$$

3.3. Погрешность $\delta \Delta I$, %, рассчитывают по формуле

$$\delta \Delta I = \sqrt{(\delta \Delta I_1)^2 + (\delta \Delta I_2)^2}, \quad (16)$$

где $\delta \Delta I_1$ — предельное значение относительной погрешности измерения ΔI постоянного тока, которое не должно выходить за пределы $\pm 3 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения;

$\delta \Delta I_2$ — предельное значение относительной погрешности измерения амплитуды ΔI тока высокой частоты, которое не должно выходить за пределы $\pm 4 \%$. Погрешность подчиняетсяциальному закону распределения.

Значение погрешности $\delta \Delta I$, %, рассчитанное по формуле (16), составляет

$$\delta \Delta I = \pm \sqrt{3^2 + 4^2} = \pm 5.$$

3.4. Погрешность δI_0 , %, рассчитывают по формуле

$$\delta I_0 = \pm \frac{2 \delta I_{\text{н}} I_{0 \text{ max}}}{\Delta I}, \quad (17)$$

где $\delta I_{\text{н}}$ — предельное значение относительной нестабильности источника постоянного тока, которое не должно выходить за пределы $\pm 0,2 \%$;

$I_{0 \text{ max}}$ — максимальное значение постоянного тока, при котором проводят измерения;

ΔI — значение изменения постоянного тока при измерениях. Значение погрешности δI_0 , %, при $\Delta I = 3 \text{ mA}$;

$I_{0 \text{ max}} = 50 \text{ mA}$, рассчитанное по формуле (17), составляет

$$\delta I_0 = \pm \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 50}{3} = \pm 6,6.$$

3.5. Погрешность $\delta U_{\text{оп}}$ рассчитывают по формуле

$$\delta U_{\text{оп}} = \frac{\delta U_n U_{\text{оп, max}}}{\Delta U}, \quad (18)$$

где δU_n — предельное значение относительной нестабильности опорного напряжения, которое не должно выходить за пределы $\pm 0,02\%$;

ΔU — изменение обратного напряжения диода при уменьшении тока на ΔI ;

$U_{\text{оп, max}}$ — максимальное значение опорного напряжения при измерениях.

Значение погрешности $\delta U_{\text{оп}}$, %, при $\Delta U = 0,3$ В, $U_{\text{оп, max}} = 80$ В, рассчитанное по формуле (18), составляет

$$\delta U_{\text{оп}} = \frac{0,02 \cdot 80}{0,3} = \pm 5,3.$$

3.6. Погрешность измерения R_Θ пер-кор, %, рассчитанная по формуле (14), при подстановке максимальных составляющих погрешности составляет

$$\delta R_{\Theta \text{пер-кор}} = \pm \sqrt{8,5^2 + 5^2 + 6,6^2 + 2^2 + 5,3^2 + 2^2} = \pm 13.$$

3.7. В случае, если при расчете погрешности измерения R_Θ пер-кор по формуле (9) значение R_Θ кор-пу не учитывают, значение погрешности измерения R_Θ пер-кор увеличивают на систематическую погрешность, не выходящую за пределы $\pm 10\%$, при этом погрешность измерения R_Θ пер-кор не должна выходить за пределы $\pm \frac{23}{3}\%$.

Редактор *Т. С. Шеко*
Технический редактор *Н. В. Келеникова*
Корректор *Л. А. Синица*

Сдано в наб. 03.10.84 Подп. в печ. 06.12.84 1,5 усл. п. л. 1,5 усл. кр.-отт. 1,42 уч.-изд. л.
Тир. 10 000 Цена 10 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,
Новопресненский пер. 3,
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зак. 2818