

ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЙ

Издание официальное

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**ДИОДЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ****Методы измерения дифференциального и динамического сопротивлений**

Semiconductor diodes. Methods for measuring differential and slope resistances

МКС 31.080.10
ОКП 62 1000**ГОСТ
18986.14—85****Взамен
ГОСТ 18986.14—75,
ГОСТ 19656.8—74**

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 мая 1985 г. № 1448 дата введения установлена

01.07.86

Ограничение срока действия снято по протоколу № 5—94 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 11-12—94)

Настоящий стандарт распространяется на полупроводниковые диоды и устанавливает следующие методы измерения дифференциального и динамического сопротивлений:

- метод замещения (метод I);
- резонансный метод с параллельным контуром (метод II);
- резонансный метод с последовательным контуром (метод III);
- мостовой метод (метод IV).

Метод I применяют для измерения дифференциального сопротивления на низкой частоте.

Методы II, III, IV применяют для измерения дифференциального сопротивления на высокой частоте, а также для измерения динамического сопротивления, если значение амплитуды измерительного сигнала равно или меньше значения постоянного напряжения.

Стандарт не распространяется на стабилитроны.

Общие условия при измерении и требования безопасности — по ГОСТ 18986.0—74 и ГОСТ 19656.0—74.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 2769—80 в части методов измерения динамического сопротивления (см. приложение 1).

1. МЕТОД ЗАМЕЩЕНИЯ**1.1. Принцип, условия и режим измерения**

1.1.1. Метод основан на сравнении дифференциального сопротивления диода с сопротивлением калибровочного резистора.

1.1.2. Измерения проводят в нормальных климатических условиях по ГОСТ 20.57.406—81.

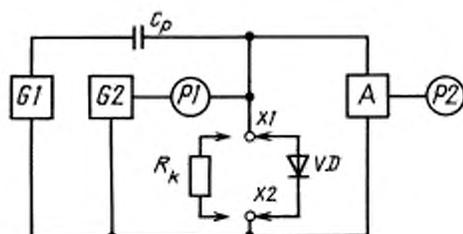
1.1.3. Значения постоянного тока, частоты измерения должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях (далее — ТУ) на диоды конкретных типов.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Измерения следует проводить на установке, электрическая структурная схема которой приведена на черт. 1.

Издание официальное**Перепечатка воспрещена***Переиздание. Май 2004 г.*

© Издательство стандартов, 1985
© ИПК Издательство стандартов, 2004



G1 — генератор переменного тока; *G2* — генератор постоянного тока; C_p — разделительный конденсатор; R_k — калибровочный резистор; *VD* — диод; *X1*, *X2* — контакты для подключения диода (допускается четырехжильная схема включения); *A* — усилитель; *P1*, *P2* — измерительные приборы

Черт. 1

1.2.2. Генератор переменного тока *G1* должен удовлетворять следующим требованиям:

- амплитуда переменного тока на диоде не должна превышать 10 % значения постоянного тока;
- нестабильность амплитуды не должна выходить за пределы $\pm 1\%$;
- выходное сопротивление генератора *G1* должно не менее чем в 100 раз превышать максимальное значение измеряемого сопротивления диодов;
- частота генератора должна быть фиксированной и выбираться из условий

$$f_a \leq \frac{1,59 \cdot 10^{-3}}{r_{\text{диф. max}} \cdot C_d} \quad \text{или}$$

$$f_a \leq \frac{1,59 \cdot 10^{-3} r_{\text{диф. min}}}{L_n},$$

где f_a — верхняя допустимая частота генератора (не ниже 1 кГц), Гц;
 $r_{\text{диф. max}}$ ($r_{\text{диф. min}}$) — максимальное (минимальное) значение дифференциального сопротивления, указанное в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов, Ом;
 C_d — общая емкость диода, Ф;
 L_n — индуктивность диода, Гн.

Конкретные значения C_d и L_n указывают в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов.

1.2.3. Генератор постоянного тока *G2* должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать установление и поддержание постоянного тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 3\%$;
- нестабильность тока не должна выходить за пределы $\pm 1\%$;
- выходное сопротивление генератора *G2* должно не менее чем в 100 раз превышать значение максимального измеряемого сопротивления;
- коэффициент пульсации не должен выходить за пределы $\pm 1\%$.

1.2.4. Емкость разделительного конденсатора C_p , Ф, следует выбирать из условия

$$\frac{1}{2\pi f C_p} \leq \frac{r_{\text{диф}}}{100},$$

где $r_{\text{диф}}$ — значение дифференциального сопротивления, указанное в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов, Ом;

f — частота измерения, Гц.

1.2.5. Значение сопротивления калибровочного резистора должно удовлетворять условию $R_k \equiv 0,9r_{\text{диф. max}}$

Погрешность определения значения сопротивления калибровочного резистора не должна выходить за пределы $\pm 0,5\%$.

Температурный коэффициент сопротивления калибровочного резистора не должен превышать 10^{-3} K^{-1} .

1.2.6. Измерительный прибор *P1* должен обеспечивать измерение постоянного тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 2\%$.

В электрической схеме допускается отсутствие прибора *P1*.

1.2.7. Усилитель A должен удовлетворять следующим требованиям:

- полное входное сопротивление усилителя должно не менее чем в 100 раз превышать дифференциальное сопротивление диода;
- амплитудная характеристика должна быть линейной с погрешностью в пределах $\pm 3\%$;
- усилитель должен иметь ступенчатое или плавное регулирование коэффициента усиления.

1.2.8. Погрешность измерительного прибора $P2$ не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Рекомендуемая частота измерения 1000 Гц.

1.3.2. Подключают калибровочный резистор R_k к контактам $X1$ и $X2$. Подают переменный ток от генератора $G1$. По известному значению сопротивления резистора R_k калибруют в омах шкалу измерительного прибора $P2$ путем изменения коэффициента усиления усилителя или изменения амплитуды генератора переменного тока $G1$, при этом должны быть выполнены требования к значению амплитуды, изложенные в п. 1.2.2.

1.3.3. Подключают диод к контактам $X1$ и $X2$. Устанавливают заданное значение постоянного тока от генератора $G2$.

1.3.4. По измерительному прибору $P2$ отсчитывают значение дифференциального сопротивления диода.

1.4. Показатели точности измерения

1.4.1. Погрешность измерения дифференциального сопротивления не должна выходить за пределы $\pm 7\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

1.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

2. РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ

2.1. Принцип, условия и режим измерения

2.1.1. Метод основан на измерении дополнительных потерь, вносимых в параллельный резонансный контур с известной добротностью при подключении к нему диода, через который пропускают прямой постоянный ток заданного значения.

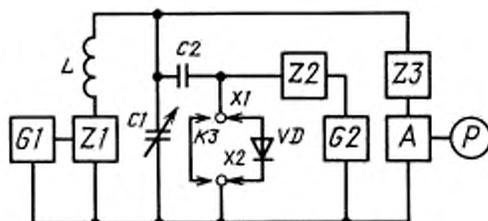
2.1.2. Условия и режим измерения должны соответствовать требованиям, изложенным в пп. 1.1.2 и 1.1.3.

2.2. Аппаратура

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

$G1$ — генератор тока высокой частоты; $Z1$ — элемент связи контура с генератором; $LC1$ — параллельный резонансный контур; $C2$ — конденсатор связи; $K3$ — короткозамыкающий проводник; VD — диод; $X1, X2$ — контакты подключения диода или короткозамыкающего проводника; $Z2$ — элемент развязки по переменному току; $G2$ — генератор постоянного тока; $Z3$ — элемент связи контура с усилителем; A — усилитель; P — измерительный прибор

Черт. 2



2.2.2. Генератор тока высокой частоты $G1$ должен удовлетворять следующим требованиям:

- амплитуда не должна превышать 10 % значения постоянного тока;
- нестабильность амплитуды не должна выходить за пределы $\pm 1\%$.

2.2.3. Элементы связи $Z1$ и $Z3$ могут быть выполнены по любому типу связи, принятому в куметрах. Связь с генератором и усилителем должна быть такой, чтобы при настройке контура в резонанс в режимах калибровки и измерения изменения измерительного сигнала и потерь, вносимых в контур, не привели бы к увеличению погрешности измерений более чем на 1 %.

2.2.4. Значение индуктивности L , Гн, контура выбирают из условия

$$2\pi fL \gg r_{\text{диф}}$$

С. 4 ГОСТ 18986.14—85

где $r_{\text{диф}}$ — значение дифференциального (или динамического) сопротивления диода, Ом;

f — частота измерения, Гц.

2.2.5. Колебательный контур LCI должен обеспечивать возможность настройки на частоту генератора $G1$.

Погрешность определения добротности контура при коротком замыкании контактов $X1$ и $X2$ не должна выходить за пределы $\pm 7\%$.

2.2.6. Если значение емкости конденсатора C_2 , Φ , выбирают из условия

$$C_2 = (0,9 - 1,1) \sqrt{\frac{C_k}{2\pi f r_{\text{диф}} Q_k}},$$

где C_k — полная емкость контура без диода при настройке его в резонанс на частоту измерения, Φ ;

Q_k — добротность контура без диода,

то потери, вносимые в контур при подключении диода, составят 0,9—1,1 собственных потерь контура.

Емкость конденсатора $C2$ должна быть определена с погрешностью в пределах $\pm 2\%$.

2.2.7. Полная емкость контура C_k должна быть определена с погрешностью в пределах $\pm 3\%$.

2.2.8. Короткозамыкающий проводник должен иметь такую же геометрическую форму, как и выводы диода.

2.2.9. В качестве развязки $Z2$ по высокой частоте следует применять резистор или дроссель. Значение полного сопротивления элемента развязки Z_2 , Ом, должно быть выбрано из условия

$$Z_2 > 100r_{\text{диф}}$$

2.2.10. Генератор постоянного тока $G2$ должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать установление и поддержание постоянного прямого тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 3\%$;

- нестабильность тока не должна выходить за пределы $\pm 1\%$;

- коэффициент пульсации не должен выходить за пределы $\pm 1\%$.

2.2.11. Усилитель A должен удовлетворять следующим требованиям:

- амплитудная характеристика должна быть линейной с погрешностью в пределах $\pm 2\%$;

- усилитель должен иметь ступенчатую или плавную регулировку коэффициента усиления.

2.2.12. Погрешность измерительного прибора P не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Подключают короткозамыкающий проводник к контактам $X1$ и $X2$.

2.3.2. Подают сигнал от генератора $G1$ и определяют значение добротности Q_k и общую емкость контура C_k в соответствии с методикой измерения параметров контуров на куметре.

2.3.3. Отсчитывают показание α_k прибора P в момент резонанса.

2.3.4. Заменяют короткозамыкающий проводник диодом, подают постоянный прямой ток заданного значения от генератора $G2$, настраивают контур в резонанс и отсчитывают показания α_d по прибору P .

2.3.5. Дифференциальное сопротивление диода $r_{\text{диф}}$, Ом, вычисляют по формуле

$$r_{\text{диф}} = \frac{C_k}{2\pi f C_2^2 Q_k} \left(\frac{1}{\alpha_d} - \frac{1}{\alpha_k} \right)$$

Если α_k соответствует полному отклонению шкалы прибора P , т. е. $\alpha_k = 1$, то расчет выполняют по формуле

$$r_{\text{диф}} = \frac{C_k}{2\pi f C_2^2 Q_k} \left(\frac{1}{\alpha_d} - 1 \right)$$

Допускается градуировку шкалы прибора P производить с помощью калибровочных резисторов, так как значения C_k, f, C_2 и Q_k постоянные для каждой конкретной измерительной установки.

2.4. Показатели точности измерений

2.4.1. Погрешность измерения дифференциального и динамического сопротивлений в процентах с доверительной вероятностью 0,997 не должна выходить за пределы $\pm (0,1 + \frac{0,025}{r_{\text{диф}}}) \cdot 100$, где $r_{\text{диф}}$ — значение дифференциального или динамического сопротивления диодов, указанное в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов, Ом.

2.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

3. РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ

3.1. Принцип, условия и режим измерения

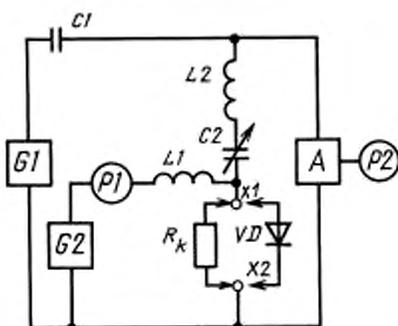
3.1.1. Метод основан на измерении общего сопротивления потерь последовательного резонансного контура, состоящего из дифференциального или динамического сопротивления диода и сопротивления собственных потерь контура.

3.1.2. Условия и режим измерения должны соответствовать требованиям, изложенным в пп. 1.1.2 и 1.1.3.

3.2. Аппаратура

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

$G1$ — генератор тока высокой частоты; $G2$ — генератор постоянного тока; $C1$ — разделительный конденсатор; $L1$ — индуктивность развязки по высокой частоте; $L2$ — индуктивность контура; $C2$ — переменный конденсатор; R_k — калибровочный резистор; VD — диод; $X1, X2$ — контакты для подключения диода или калибровочного резистора; A — усилитель; $P1, P2$ — измерительные приборы



Черт. 3

3.2.2. Генератор тока высокой частоты $G1$ должен удовлетворять требованиям, изложенным в п. 2.2.2.

3.2.3. Генератор постоянного тока $G2$ должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать установление и поддержание постоянного прямого тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 3\%$;
- нестабильность постоянного тока не должна выходить за пределы $\pm 1\%$;
- коэффициент пульсации не должен выходить за пределы $\pm 1\%$.

3.2.4. Значение емкости C_1 , Ф, выбирают из условия

$$\frac{1}{2\pi f C_1} > r_{\text{диф}} + r_{\text{п.к}} + r_{\text{конт}}$$

где $r_{\text{диф}}$ — значение дифференциального или динамического сопротивления диода, указанное в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов, Ом;

$r_{\text{п.к}}$ — сопротивление потерь резонансного контура, Ом;

$r_{\text{конт}}$ — значение переходного сопротивления контактов подключения, Ом;

f — частота измерения, Гц.

3.2.5. Значение индуктивности L_1 , Гн, выбирают из условия

$$2\pi f L_1 \gg r_{\text{диф}} + r_{\text{конт}}$$

3.2.6. Измерительный прибор $P1$ должен обеспечивать измерение постоянного тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 2\%$.

В электрической схеме допускается отсутствие прибора $P1$.

3.2.7. Колебательный контур $L2C2$ должен обеспечивать возможность настройки на частоту измерения и иметь добротность $Q \geq 400$.

3.2.8. Значение сопротивления калибровочного резистора R_k , Ом, выбирают из условия

$$R_k = (1 - 2)r_{\text{диф}}.$$

Погрешность определения сопротивления R_k не должна выходить за пределы $\pm 1\%$.

3.2.9. Если значение переходного сопротивления контактов $X1$ и $X2$ меньше или равно $0,015 r_{\text{диф}}$, то его при измерениях не учитывают.

3.2.10. Усилитель A должен удовлетворять требованиям, изложенным в п. 2.2.11.

3.2.11. Погрешность измерительного прибора $P2$ не должна выходить за пределы $\pm 2\%$.

3.3. Подготовка и проведение измерений

3.3.1. Подключают калибровочный резистор R_k к контактам $X1$ и $X2$, подают переменный ток генератора $G1$ и настраивают контур в резонанс по минимальному показателю измерительного прибора $P2$. Показания прибора $P2$ пропорциональны значению R_k или $r_{\text{диф}}$, т. к. сопротивление потерь резонансного контура и контактов постоянны для каждой конкретной измерительной установки.

По известному значению сопротивления резистора R_k калибруют в омах шкалу прибора $P2$ путем изменения коэффициента усиления усилителя A .

3.3.2. Подключают диод к контактам $X1$ и $X2$, подают от генератора $G2$ на диод постоянный ток заданного значения, настраивают контур в резонанс и отсчитывают значение дифференциального или динамического сопротивления диода.

3.4. Показатели точности измерения

3.4.1. Погрешность измерения дифференциального и динамического сопротивлений диодов не должна выходить за пределы $\pm 10\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

3.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

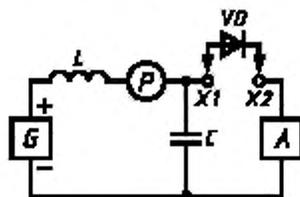
4. МОСТОВОЙ МЕТОД

4.1. Условия и режим измерения

4.1.1. Условия и режим измерения должны соответствовать требованиям, изложенным в пп. 1.1.2 и 1.1.3.

4.2. Аппаратура

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



G — генератор постоянного тока; L — разделительная индуктивность; P — измерительный прибор; C — конденсатор развязки; $X1, X2$ — контакты подключения диода; VD — диод; A — высокочастотный мост

Черт. 4

4.2.2. Генератор постоянного тока G должен удовлетворять следующим требованиям:

- установление и поддержание постоянного тока через диод с погрешностью в пределах $\pm 3\%$;
- нестабильность постоянного тока не должна выходить за пределы $\pm 1\%$;
- коэффициент пульсации не должен выходить за пределы $\pm 1\%$.

4.2.3. Индуктивность L служит для развязки по переменному току. Значения емкости C , Φ , и индуктивности L , Гн, выбирают из условий

$$2\pi fL \gg \frac{1}{2\pi fC}; \quad \frac{1}{2\pi fC} \ll r_{\text{диф}},$$

где $r_{\text{диф}}$ — значение дифференциального (или динамического) сопротивления диода, указанное в стандартах или ТУ на диоды конкретных типов, Ом.

4.2.4. Измерительный прибор P должен обеспечивать измерение постоянного тока диода с погрешностью в пределах $\pm 2\%$.

4.2.5. Высокочастотный мост A должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать измерение на заданной частоте;
- обеспечивать прохождение постоянного тока между его выходными контактами;
- обеспечивать заданную амплитуду переменного тока не более 10 % значения постоянного тока, проходящего через диод;
- погрешность измерения не должна выходить за пределы $\pm 5\%$.

4.2.6. Переходное сопротивление контактов $X1$ и $X2$, емкость между ними и емкость между входными контактами измерительного моста при обработке результатов измерения не учитывают.

4.3. Подготовка и проведение измерений

4.3.1. Уравнивают высокочастотный измерительный мост A согласно технической документации на него.

4.3.2. Подключают диод к контактам $X1$ и $X2$, устанавливают постоянный ток генератора G .

Уравнивают мост и отсчитывают значения параллельного сопротивления R_n и параллельной емкости C_n .

Дифференциальное (или динамическое) сопротивление диода $r_{диф}$, Ом, вычисляют по формуле

$$r_{диф} = \frac{R_n}{1 + (2\pi f R_n C_n)^2}.$$

4.4. Показатели точности измерения

4.4.1. Погрешность измерения дифференциального и динамического сопротивлений диода не должна выходить за пределы $\pm 10\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

4.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ ГОСТ 18986.14—85 СТ СЭВ 2769—80

Разд. 3 и 4 ГОСТ 18986.14—85 соответствуют разд. 6 СТ СЭВ 2769—80.

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Метод замещения

1.1. Дифференциальное сопротивление диода $r_{\text{диф}}$, Ом, определяют по формуле

$$r_{\text{диф}} = r_k \frac{\alpha_d}{\alpha_k}$$

1.2. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерений $\delta r_{\text{диф}}$, %, определяют по формуле

$$\begin{aligned} \delta r_{\text{диф}} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta r_k}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_k}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_d}{K_3}\right)^2} &= \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta r_k}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta A}{K_4}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_{\text{вх}}}{K_5}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_{\text{вых}}}{K_6}\right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K_7}\right)^2 + \left(\frac{\delta A}{K_4}\right)^2 +} \\ &+ \left(\frac{\delta B}{K_8}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_{\text{вх}}}{K_5}\right)^2 + \left(\frac{\delta R_{\text{вых}}}{K_6}\right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K_7}\right)^2 + \left(\frac{\delta U}{K_9}\right)^2} = \\ &= \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta r_k}{K_1}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta A}{K_4}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta R_{\text{вх}}}{K_5}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta R_{\text{вых}}}{K_6}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta P}{K_7}\right)^2 + \left(\frac{\delta B}{K_8}\right)^2 + \left(\frac{\delta U}{K_9}\right)^2}, \end{aligned}$$

где $K_{\Sigma}, K_1 \dots K_9$ — коэффициенты, зависящие от законов распределения суммарной и частных погрешностей соответственно;

δr_k — составляющая погрешности определения сопротивления резистора калибровки;

$\delta \alpha_k$ — составляющая погрешности отсчета по шкале измерительного прибора при подключении резистора калибровки;

$\delta \alpha_d$ — составляющая погрешности отсчета по шкале измерительного прибора при подключении диода;

δA — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды переменного тока;

$\delta R_{\text{вх}}$ — составляющая погрешности за счет шунтирующего влияния входного сопротивления усилителя;

$\delta R_{\text{вых}}$ — составляющая погрешности за счет шунтирующего влияния выходного сопротивления генератора;

δP — составляющая погрешности за счет неточности показаний измерительного прибора;

δB — составляющая погрешности за счет нелинейности усиления амплитуды переменного тока;

δU — составляющая погрешности за счет пульсации постоянного напряжения.

1.3. Так как суммарная погрешность измерения зависит от многих влияющих факторов и складывается из большого числа частных составляющих погрешности, принимаем распределение составляющих погрешности измерения и распределение суммарной погрешности измерения нормальным. Тогда при доверительной вероятности 0,997 коэффициенты K_i и K_{Σ} равны 3. Подставляя в формулу (см. п. 1.2) значения $\delta r_k = 0,5\%$, $\delta A = 1\%$, $\delta R_{\text{вх}} = 1\%$, $\delta R_{\text{вых}} = 1\%$, $\delta P = 3\%$, $\delta B = 2\%$, $\delta U = 2\%$, получаем, что погрешность измерения не должна выходить за пределы $\pm 7\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

2. Резонансный метод с параллельным контуром

2.1. Сопротивление диодов $r_{\text{диф}}$, Ом, определяют по формуле

$$r_{\text{диф}} = \frac{C_k}{2\pi f C_{\frac{1}{2}} Q_k} \left(\frac{1}{\alpha_d} - \frac{1}{\alpha_k} \right)$$

2.2. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерений $\delta r_{\text{диф}}$, %, определяют по формуле

$$\delta r_{\text{диф}} = \pm \left(\frac{r_{\text{конт}}}{r_{\text{д}}} + K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta C_{\text{к}}}{K_1} \right)^2 + \left(\frac{\delta f}{K_2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\delta C_2}{K_3} \right)^2 + \left(\frac{\delta Q_{\text{к}}}{K_4} \right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_{\text{д}}}{K_5} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\alpha_{\text{д}}}{\alpha_{\text{к}}}} \right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_{\text{к}}}{K_6} \cdot \frac{1}{\frac{\alpha_{\text{к}}}{\alpha_{\text{д}}}} - 1 \right)^2} \right),$$

при этом $\delta \alpha_{\text{д}}$ и $\delta \alpha_{\text{к}}$ определяют по формулам:

$$\delta \alpha_{\text{д}} = \pm K'_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta A}{K_7} \right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K_8} \right)^2 + \left(\frac{\delta U}{K_9} \right)^2};$$

$$\delta \alpha_{\text{к}} = \pm K''_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta A}{K_7} \right)^2 + \left(\frac{\delta C_{\text{к}}}{K_1} \right)^2 + \left(\frac{\delta P}{K_8} \right)^2},$$

где K_{Σ} , K'_{Σ} , K''_{Σ} , $K_1 \dots K_9$ — коэффициенты, зависящие от законов распределения суммарных и частных погрешностей соответственно;

$\delta C_{\text{к}}$ — составляющая погрешности определения емкости калибровочного конденсатора;

δf — составляющая погрешности за счет нестабильности частоты генератора;

δC_2 — составляющая погрешности определения общей емкости контура;

$\delta Q_{\text{к}}$ — составляющая погрешности определения добротности контура;

δA — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды переменного тока;

δP — составляющая погрешности отсчета показаний измерительного прибора;

δU — составляющая погрешности за счет пульсации постоянного напряжения.

2.3. Так как суммарная погрешность измерения зависит от многих влияющих факторов и складывается из большого числа частных составляющих погрешности, принимаем распределение составляющих погрешности измерения и распределение суммарной погрешности измерения нормальным. Тогда при доверительной вероятности $P = 0,997$ коэффициенты K_i и K_{Σ} равны 3. Подставляя в формулу значения $\delta C_{\text{к}} = 3\%$, $\delta C_2 = 2\%$, $\delta Q_{\text{к}} = 7\%$, $\delta A = 1\%$, $\delta P = 2\%$, $\delta B = 2\%$, $\delta U = 2\%$, получаем, что погрешность измерения $\delta r_{\text{диф}}$, %, с доверительной вероятностью $P = 0,997$ не должна выходить за пределы, рассчитанные по формуле

$$\delta r_{\text{диф}} = \pm \left(\frac{0,025}{r_{\text{диф}}} + 0,1 \right) \cdot 100.$$

3. Резонансный метод с последовательным контуром

3.1. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерений, определяют по методике, изложенной в разд. 1 настоящего приложения, при условии соблюдения требований пп. 3.2.4, 3.2.5.

4. Мостовой метод

4.1. Интервал, в котором с доверительной вероятностью находится погрешность измерений, $\delta r_{\text{диф}}$, %, определяют по формуле

$$\delta r_{\text{диф}} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta A}{K_1} \right)^2 + \left(\frac{\delta Z_{\text{с}}}{K_2} \right)^2 + \left(\frac{\delta Z_{\text{л}}}{K_3} \right)^2 + \left(\frac{\delta U}{K_4} \right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_{\text{опер}}}{K_5} \right)^2},$$

где K_{Σ} , $K_1 \dots K_5$ — коэффициенты, зависящие от законов распределения составляющих погрешностей соответственно;

δA — составляющая погрешности измерительного моста;

$\delta Z_{\text{с}}$, $\delta Z_{\text{л}}$ — составляющие погрешности за счет шунтирующего влияния конденсатора и разделительной индуктивности соответственно;

δU — составляющая погрешности за счет неточности установления и поддержания постоянного напряжения;

$\delta \alpha_{\text{опер}}$ — составляющая погрешности за счет неточности отсчета момента равновесия моста.

4.2. Так как суммарная погрешность измерения зависит от многих влияющих факторов и складывается из большого числа частных составляющих погрешности, принимаем распределение составляющих погрешности измерения и распределение суммарной погрешности измерения нормальным. Тогда при доверительной вероятности 0,997 коэффициенты K_i и K_{Σ} равны 3. Подставляя в формулу значения $\delta A = 5\%$, $\delta Z_{\text{с}} = 1\%$, $\delta Z_{\text{л}} = 1\%$, $\delta U = 2\%$, $\delta \alpha_{\text{опер}} = 2\%$, получаем, что погрешность измерения не должна выходить за пределы $\pm 10\%$ с доверительной вероятностью 0,997.

Редактор *В.И. Копысов*
Технический редактор *В.И. Прусакова*
Корректор *Н.Л. Рыбалко*
Компьютерная верстка *И.А. Назайкиной*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 31.05.2004. Подписано в печать 18.06.2004. Усл. печ. л. 1,40. Уч.-издл. 1,05.
Тираж 80 экз. С 2656. Зак. 212.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
<http://www.standards.ru> e-mail: info@standards.ru
Набрано и отпечатано в ИПК Издательство стандартов