

# 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.

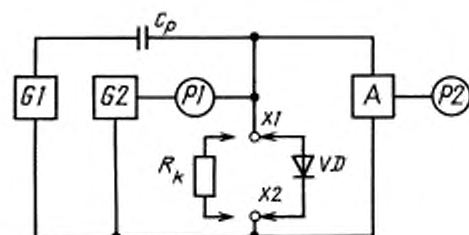
Издание официальное

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  $R_k \approx 0,9 r_{\text{диф. max}}$ .

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

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

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.

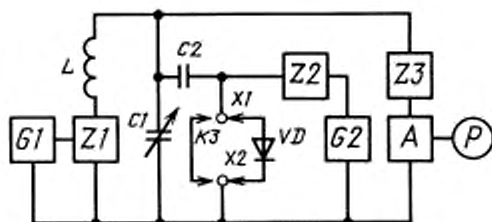
2.1.2. Условия и режим измерения должны соответствовать требованиям, изложенным в пп. 1.1.2 и 1.1.3.

### 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

$$2\pi fL \gg r_{\text{диф}},$$

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  $C_2$ ,  $\Phi$ , 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,  $\Phi$ ;  $Q_k$  — 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  $\alpha_k$  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  $\alpha_d$  по прибору  $P$ .

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

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

Если  $\alpha_k$  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.

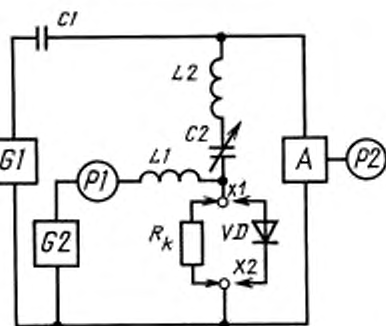
3.1.2. Условия и режим измерения должны соответствовать требованиям, изложенным в пп. 1.1.2 и 1.1.3.

### 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  $C_1, \Phi$ , 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.

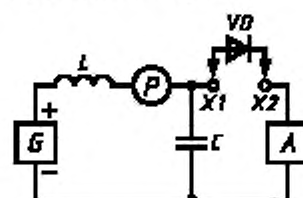
## 4. МОСТОВОЙ МЕТОД

### 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  $C$ ,  $\Phi$ , 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 задание амплитуды 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. Уравновешивают высокочастотный измерительный мост  $A$  согласно технической документации на него.

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

Уравновешивают мост и отсчитывают значения параллельного сопротивления  $R_n$  и параллельной емкости  $C_n$ .

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

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

#### 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;

$\delta r_k$  — 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;

$\delta A$  — 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;

$\delta P$  — составляющая погрешности за счет неточности показаний измерительного прибора;

$\delta B$  — составляющая погрешности за счет нелинейности усиления амплитуды переменного тока;

$\delta U$  — 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  $K_{\Sigma}$  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

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

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

$$\delta r_{\text{диф}} = \pm \left( \frac{r_{\text{конт}}}{r_d} + K_{\Sigma} \sqrt{\left( \frac{\delta C_k}{K_1} \right)^2 + \left( \frac{\delta f}{K_2} \right)^2 + 2 \left( \frac{\delta C_2}{K_3} \right) + \left( \frac{\delta Q_k}{K_4} \right)^2 + \left( \frac{\delta \alpha_d}{K_5} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\alpha_d}{\alpha_k}} \right)^2 + \left( \frac{\delta \alpha_k}{K_6} \cdot \frac{1}{\frac{\alpha_k}{\alpha_d} - 1} \right)^2} \right),$$

при этом  $\delta \alpha_d$  и  $\delta \alpha_k$  определяют по формулам:

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

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

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

- $\delta C_k$  — составляющая погрешности определения емкости калибровочного конденсатора;
- $\delta f$  — составляющая погрешности за счет нестабильности частоты генератора;
- $\delta C_2$  — составляющая погрешности определения общей емкости контура;
- $\delta Q_k$  — составляющая погрешности определения добротности контура;
- $\delta A$  — составляющая погрешности за счет нестабильности амплитуды переменного тока;
- $\delta P$  — составляющая погрешности отсчета показаний измерительного прибора;
- $\delta U$  — 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  $K_{\Sigma}$  равны 3. Подставляя в формулу значения  $\delta C_k = 3\%$ ,  $\delta C_2 = 2\%$ ,  $\delta Q_k = 7\%$ ,  $\delta A = 1\%$ ,  $\delta P = 2\%$ ,  $\delta B = 2\%$ ,  $\delta U = 2\%$ , 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

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

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

- $\delta A$  — составляющая погрешности измерительного моста;
- $\delta Z_C, \delta Z_L$  — составляющие погрешности за счет шунтирующего влияния конденсатора и разделительной индуктивности соответственно;
- $\delta U$  — 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  $K_{\Sigma}$  равны 3. Подставляя в формулу значения  $\delta A = 5\%$ ,  $\delta Z_C = 1\%$ ,  $\delta Z_L = 1\%$ ,  $\delta U = 2\%$ ,  $\delta \alpha_{\text{опер}} = 2\%$ , получаем, что погрешность измерения не должна выходить за пределы  $\pm 10\%$  с доверительной вероятностью 0,997.

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

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.-изд.л. 1,05.  
Тираж 80 экз. С2656. Зак. 212.

---

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