

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР****МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ**

**Метод измерения входных токов и разности  
входных токов операционных усилителей  
и компараторов напряжения**

**Integrated circuits. Method of measuring  
the input currents and input bias current of operational  
amplifiers and voltage comparators**

**ГОСТ****23089.4—83****ОКП 62 3100**

**Срок действия с 01.01.84  
до 01.01.94**

Настоящий стандарт распространяется на усилители операционные (ОУ) и компараторы напряжения (КН) и устанавливает метод измерения входных токов  $I_{\text{вх}1}$ ,  $I_{\text{вх}2}$ , среднего входного тока  $I_{\text{вх}}$  и разности входных токов  $\Delta I_{\text{вх}}$ .

Общие требования к измерению и требования безопасности — по ГОСТ 23089.0—78.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3411—81 в части метода измерения входного тока и разности входных токов (см. приложение 1).

(Измененная редакция, Изм. № 1).

**1. ПРИНЦИП И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ**

1.1. Метод основан на компенсации падения напряжения от входных токов на резисторах определенного значения, которое устанавливают в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов, вспомогательным устройством балансировки (ВУБ) и измерении напряжения на его выходе с последующим вычислением входных токов.

1.2. Электрический режим и условия измерения должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов.

1.1, 1.2. (Измененная редакция, Изм. № 1).

Издание официальное

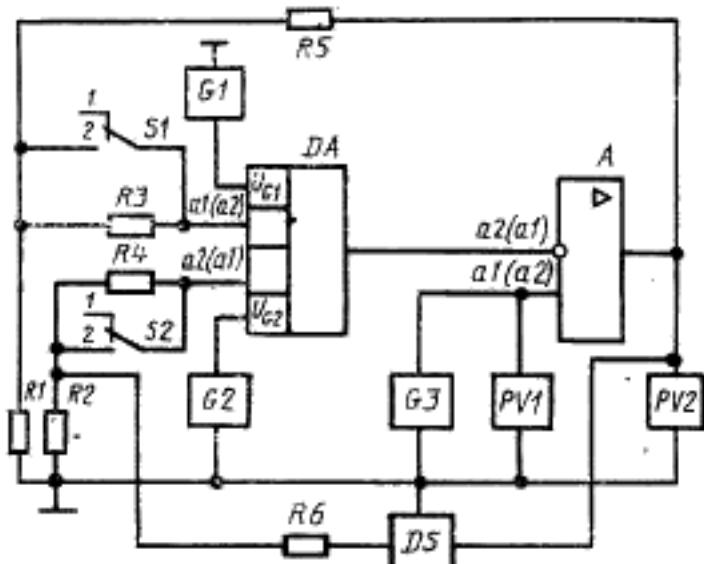


Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта ССР

## 2. АППАРАТУРА

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

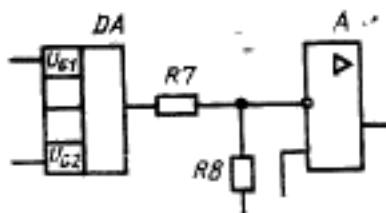
При измерении ОУ с одним входом резисторы  $R2$ ,  $R4$ ,  $R6$  устройство коммутации  $S2$  и устройство выборки и хранения  $DS$  исключают из структурной электрической схемы установки.



$DA$  — проверяемый КН или ОУ;  $A$  — вспомогательное устройство балансировки (ВУБ);  $G1$ ,  $G2$ ,  $G3$  — источники постоянного напряжения;  $DS$  — устройство выборки и хранения;  $PV1$ ,  $PV2$  — измерители постоянного напряжения;  $R1$ ,  $R2$ ,  $R5$ ,  $R6$  — резисторы делителей напряжения;  $R3$ ,  $R4$  — токосъемные резисторы;  $S1$ ,  $S2$  — устройства коммутации;  $a1$  — инвертирующий вход;  $a2$  — неинвертирующий вход

Черт. 1

2.2. При измерении по измерительной установке кроме  $I_{bx1}$ ,  $I_{bx2}$ ,  $I_{bx}$ ,  $\Delta I_{bx}$  параметров  $K_{y,U}$ ,  $K_{oc,co}$  допускается соединение проверяемого ОУ или КН и вспомогательного устройства балансировки делителем, приведенным на черт. 2.



Черт. 2

ков постоянного напряжения  $G1, G2$ ;  $a1$  ( $a2$ ) источники напряжения управления устройствами коммутации  $S1$  и  $S2$ ;

$\delta_6$  — погрешность сигнала на выходе проверяемого ОУ или КН от наличия эквивалентного выходного напряжения шумов проверяемого ОУ или КН;

$\delta_7$  — погрешность установления и поддержания температуры окружающей среды;

$\delta_8$  — для измерения с токосъемными резисторами — погрешность сигнала на входе проверяемого ОУ или КН от наличия термо-э. д. с. замкнутых контактов устройств коммутации  $S1, S2$ , а для измерения с интегрирующими конденсаторами — погрешность установления и поддержания времени интегрирования  $t_a$ ;

$a1$  — коэффициент влияния напряжения питания проверяемого ОУ или КН на измеряемый параметр;

$a2$  — коэффициент влияния напряжения покоя на выходе проверяемого ОУ или КН на измеряемый параметр;

$a3$  — коэффициент влияния погрешности произведений  $I_{\text{вх}1} \cdot R_3$ ,  
 $I_{\text{вх}2} \cdot R_4$ ;

$$I_{\text{вх}1} \cdot \frac{t_a}{C_1} \text{ и } I_{\text{вх}2} \cdot \frac{t_a}{C_2} \quad \text{на измеряемый параметр;}$$

$a4$  — коэффициент влияния погрешности суммирования сигналов на входе ВУБ на измеряемый параметр;

$a5$  — коэффициент влияния наличия токов утечки на измеряемый параметр;

$a6$  — коэффициент влияния эквивалентного выходного напряжения шумов проверяемого ОУ или КН на измеряемый параметр;

$a7$  — коэффициент влияния температуры окружающей среды на измеряемый параметр;

$a8$  — для измерения с токосъемными резисторами — коэффициент влияния наличия термо-э. д. с. замкнутых контактов устройств коммутации  $S1, S2$  на измеряемый параметр, а для измерения с интегрирующими конденсаторами — коэффициент влияния времени интегрирования  $t_a$  на измеряемый параметр.

От  $K_1$  до  $K_8$  — предельные коэффициенты зависящие от закона распределения соответствующей погрешности от  $\delta_1$  до  $\delta_8$ .

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_5 = K_6 = K_7 = K_8 = 1,73 \\ K_4 = 3$$

(Измененная редакция, Изм. № 1, 2)

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочное

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ**  
**ГОСТ 23089.4—83 СТ СЭВ 3411—81**

ГОСТ 23089.4—83 соответствует п. 2.3 СТ СЭВ 3411—81.  
**ПРИЛОЖЕНИЕ 2.** (Исключено. Изд. № 1).

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ**

- 1. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 09.09.83 № 4165
- 2. Срок проверки — 1992 г.**
- 3. Стандарт соответствует СТ СЭВ 3411—81 в части метода измерения входного тока и разности входных токов**
- 4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**
- 5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 23089.0—78	Вводная часть

- 6. Переиздание (декабрь 1991 г.) с Изменениями № 1, № 2, утвержденными в феврале 1986 г., августе 1989 г. (ИУС 6—86, 12—89)**
- 7. Проверен в 1988 г. Срок действия продлен до 01.01.94 (Постановление Госстандарта СССР от 28.06.88 № 2429)**

2.3. Источники постоянного напряжения  $G1$  и  $G2$  должны обеспечивать установление и поддержание напряжения, установленного в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ .

2.4. Источник постоянного напряжения  $G3$  должен обеспечивать установление напряжения покоя на выходе проверяемого ОУ или КН, установленного в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ .

Напряжение источника постоянного напряжения  $G3$  выбирают из условия:

при наличии делителя

$$U_{G3} = \frac{R_s}{R_s + R_b} \cdot U_0, \quad (1)$$

где  $U_{G3}$  — напряжение источника постоянного напряжения  $G3$ ;

$U_0$  — напряжение покоя на выходе проверяемого ОУ или КН, установленное в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов;

при отсутствии делителя

$$U_{G3} = U_0. \quad (2)$$

Измерение напряжения источника  $G3$  за время измерения не должно превышать значения

$$|\Delta U_{G3}| \leq 0,001 |\Delta I_{\text{вх}, \min} | R_s \cdot K_{y, U, \min}, \quad (3)$$

где  $\Delta U_{G3}$  — изменение напряжения источника  $G3$ ;

$\Delta I_{\text{вх}, \min}$  — минимальное значение разности входных токов проверяемого ОУ или КН;

$K_{y, U, \min}$  — минимальное значение коэффициента усиления проверяемого ОУ или КН.

2.5. Погрешность измерителей  $PV1$ ,  $PV2$  должна быть в пределах  $\pm 1\%$ .

2.6. Сопротивление резисторов  $R1$  и  $R2$  выбирают из условий (4) и (5)

$$100R_{\text{вх}, \max} < R_1 < 0,005R_{\text{вх}}, \quad (4)$$

$$R_2 = R_1, \quad (5)$$

где  $R_{\text{вх}, \max}$  — максимальное значение контактных сопротивлений и соединителей, используемых в измерительной установке;

$R_{\text{вх}}$  — входное дифференциальное сопротивление проверяемого ОУ или КН.

Допустимое отклонение сопротивления резисторов  $R1$  и  $R2$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.7. Сопротивление резистора  $R3$  выбирают из условия

$$R_3 \leq 0,01R_{\text{вх}, \text{сф}, \min}, \quad (6)$$

при этом оно должно соответствовать условию (7) при наличии устройства  $DS$

$$\left[ |AU_{DS}| \cdot \frac{R_2}{R_2+R_6} + B + \frac{|U_0|}{K_{y,U,\min}} \right] \cdot \frac{R_1+R_3}{R_1} \leq |U_{\text{вых},\max}|, \quad (7)$$

а при отсутствии устройства  $DS$  условию

$$\left[ |U_{\text{см},\max}| + B + \frac{|U_0|}{K_{y,U,\min}} \right] \cdot \frac{R_1+R_3}{R_1} \leq |U_{\text{вых},\max}|, \quad (8)$$

где  $R_{\text{ак},\text{сф},\min}$  — минимальное синфазное входное сопротивление проверяемого ОУ или КН;

$\Delta U_{DS}$  — абсолютная погрешность выборки и изменение выходного напряжения устройства  $DS$ ;

$B$  — произведение  $|I_{\text{вх1},\max} \cdot R_3|$  или  $|I_{\text{вх2},\max} \cdot R_4|$ ;

$I_{\text{вх1},\max}$ ,  $I_{\text{вх2},\max}$  — максимальные значения входных токов проверяемого ОУ или КН;

$U_{\text{вых},\max}$  — максимальное значение выходного напряжения ВУБ;

$U_{\text{см},\max}$  — максимальное значение напряжения смещения проверяемого ОУ или КН.

Допустимое отклонение сопротивления резистора  $R_3$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

## 2.8. Сопротивление резистора $R_4$ выбирают из условия

$$R_4 = R_3. \quad (9)$$

Допустимое отклонение сопротивления резистора  $R_4$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

Допустимый относительный разброс токосъемных резисторов должен соответствовать условию

$$\frac{R_3 - R_4}{R_3} < 0,01 \frac{|\Delta I_{\text{вх},\min}|}{I_{\text{вх},\max}}, \quad (10)$$

где  $I_{\text{вх},\max}$  — максимальное значение среднего входного тока проверяемого ОУ или КН.

## 2.9. Сопротивление резистора $R_5$ выбирают из условий (7) или (8).

Допустимое отклонение сопротивления резистора  $R_5$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

## 2.10. Сопротивление резистора $R_6$ выбирают из условия

$$\frac{R_2}{R_2+R_6} > \frac{|U_{\text{см},\max}|}{|U_{DS,\max}|}, \quad (10a)$$

где  $U_{DS,\max}$  — максимальное выходное напряжение устройства  $DS$ .

Допустимое отклонение сопротивления резистора  $R_6$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.11. Сопротивление резисторов  $R_7$  и  $R_8$  выбирают из условий (10б) и (10в)

$$R_7 > R_n, \quad (10б)$$

$$R_8 = R_7, \quad (10в)$$

где  $R_n$  — сопротивление нагрузки проверяемого ОУ или КН, установленное в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов.

Допустимое отклонение сопротивления резисторов  $R_7$  и  $R_8$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.12. Коэффициент усиления вспомогательного устройства балансировки  $A$  выбирают из условия

$$K'_{y,U} > \frac{R_1 + R_s}{R_1} \cdot \frac{10^3}{K_{y,U,\min}}, \quad (10г)$$

где  $K'_{y,U}$  — коэффициент усиления вспомогательного устройства балансировки  $A$ .

Коэффициент усиления вспомогательного устройства балансировки  $A$  при разомкнутой обратной связи должен быть более 60 дБ.

Вспомогательное устройство балансировки  $A$  может быть исключено из схемы измерительной установки при выполнении условия

$$K_{y,U,\min} > 10^3 \frac{R_1 + R_s}{R_1}, \quad (10д)$$

2.13. Устройство выборки и хранения  $DS$  должно обеспечивать компенсацию напряжения смещения нуля проверяемого ОУ или КН и хранение напряжения выборки на время измерения.

Максимальное выходное напряжение устройства выборки и хранения  $DS$  должно соответствовать условию

$$|U_{DS,\max}| \geq |U_{cm,\max}| \frac{R_2 + R_s}{R_s}. \quad (10е)$$

Изменение выходного напряжения устройства выборки и хранения  $DS$  за время измерения не должно превышать значения

$$|\Delta U_{DS}| \leq 0,001 \frac{R_2 + R_s}{R_s} \cdot |I_{min}| R_s, \quad (10ж)$$

где  $I_{min}$  — минимальное значение одного из параметров  $I_{bx1}$ ,  $I_{bx2}$ ,  $\Delta I_{ex}$  проверяемого ОУ или КН.

Устройство выборки и хранения  $DS$  и резистор  $R_6$  могут быть исключены из схемы измерительной установки при выполнении условия

$$\left[ |U_{cm,\max}| + B + \frac{|U_s|}{K_{y,U,\min}} \right] \cdot \frac{R_1 + R_s}{R_1} < |U'_{вых,\max}|. \quad (10и)$$

2.14. Значение термо-э. д. с. замкнутых контактов устройств коммутации  $S1, S2$  должно соответствовать условию

$$E_s \leq \frac{|U_{min}| \cdot R_1}{100}, \quad (10k)$$

где  $E_s$  — значение термо-э. д. с. замкнутых контактов устройств коммутации  $S1, S2$ ;

2.15. Точки утечки между точками:  $a1$  ( $a2$ ) — общий провод,  $a1$  ( $a2$ ) — места подключения источников постоянного напряжения  $G1, G2$ ;  $a1$  ( $a2$ ) — источники напряжения управления устройствами коммутации  $S1$  и  $S2$  должны быть в пределах  $\pm 1\%$  минимального входного тока проверяемого ОУ или КН.

2.16. Измерительные приборы и элементы, указанные в электрической структурной схеме (черт. 1), допускается устанавливать в других местах и заменять другими устройствами, обеспечивающими режимы и точность измерения, указанные в настоящем стандарте.

2.17. Для измерения входных токов нано- и пикоамперного диапазонов следует резисторы токосъемные  $R3$  и  $R4$  заменить интегрирующими конденсаторами  $C1$  и  $C2$  соответственно и изменить следующие требования к элементам структурной схемы (черт. 1).

2.17.1. Изменение напряжения источника  $G3$  за время измерения не должно превышать значения

$$|\Delta U_{G3}| \leq 0,001 |U_{ex,min}| \cdot B \cdot K_y, U, min, \quad (10l)$$

$$B = \frac{t_n}{C}. \quad (10m)$$

$$t_n > 100 t_{s,max}, \quad (10n)$$

где  $t_n$  — время интегрирования входных токов проверяемого ОУ или КН;

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2};$$

$t_{s,max}$  — максимальное время срабатывания устройств коммутации  $S1, S2$ .

2.17.2. Измеритель  $PV2$  должен обеспечивать преобразование скорости нарастания напряжения на его входе в напряжение постоянного тока  $U_x$  или во временной интервал  $t_x$  и измерять эти значения.

Погрешность коэффициента преобразования  $K_p$  должна быть в пределах  $\pm 2\%$ .

Погрешность измерения напряжения постоянного тока или временного интервала должна быть в пределах  $\pm 1\%$ .

2.17.3. Емкость конденсатора  $C1$  выбирают из условия

$$C_1 \geq 100 C_n, \quad (10n)$$

где  $C_m$  — монтажная емкость между точками  $a1$  ( $a2$ ) и общим проводом.

При этом должны удовлетворять условия (7) и (8), где  $B$  — произведение  $|I_{\text{вх1, max}}| \cdot \frac{t_m}{C_1}$  [ИЛИ]  $|I_{\text{вх2, max}}| \cdot \frac{t_m}{C_2}$ .

Допустимое отклонение емкости конденсатора  $C1$  должно быть в пределах  $\pm 1\%$ .

2.17.4. Емкость конденсатора  $C2$  выбирают из условия

$$C_2 = C_1. \quad (10p)$$

Допустимое отклонение емкости конденсатора  $C2$  должно быть в пределах  $\pm 1\%$ .

Допустимый относительный разброс емкостей конденсаторов  $C1$  и  $C2$  с учетом шунтирующих или монтажных емкостей должен соответствовать условию

$$\frac{C_1 - C_2}{C} \leq 0,02 \cdot \frac{|\Delta I_{\text{вх, min}}|}{I_{\text{вх, max}}}. \quad (10c)$$

2.17.5. Сопротивление резистора  $R5$  выбирают из условий (7) и (8) с произведением  $B$  по п. 2.17.3.

Допустимое отклонение сопротивления  $R5$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.17.6. Изменение выходного напряжения устройства выборки и хранения  $DS$  за время измерения не должно превышать значения

$$| \Delta U_{DS} | \leq 0,001 \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_2} \cdot | I_{\text{min}} | \cdot B. \quad (10t)$$

Устройство выборки и хранения  $DS$  и резистор  $R6$  могут быть исключены из схемы измерительной установки при выполнении условия (10и) с произведением  $B$  по п. 2.17.3.

Разд. 2. (Измененная редакция, Изм. № 1)

### 3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Подключают ОУ или КН к измерительной установке.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

3.2. Устанавливают устройства коммутации  $S1$  и  $S2$  в положение 2.

3.3. Подают напряжение от источников постоянного напряжения  $G1$ ,  $G2$  и  $G3$ .

3.4. Компенсируют устройством  $DS$  напряжение на выходе проверяемого ОУ или КН до значения напряжения покоя, для чего устройство  $DS$  включают в режим выборки. При этом устанавливается напряжение  $U_{xi}$ , которое измеряют измерителем постоянного напряжения  $PV2$ .

При отсутствии устройства  $DS$  измеряют напряжение  $U_{x1}$  измерителем постоянного напряжения  $PV2$ .

(Измененная редакция, Изм. № 1)

3.5. Переводят устройство выборки и хранения в режим хранения.

3.6. Устанавливают устройство коммутации  $S1$  в положение 1 ( $S2$  в положение 2) и измеряют напряжение  $U_{x2}$  (или временной интервал  $t_{x2}$ ) измерителем  $PV2$ .

3.7. Устанавливают устройства коммутации  $S1$  в положение 2,  $S2$  в положение 1 и измеряют напряжение  $U_{x3}$  (временной интервал  $t_{x3}$ ) измерителем  $PV2$ .

3.8. Устанавливают устройство коммутации  $S1$  в положение 1 ( $S2$  положение 1) и измеряют напряжение  $U_{x4}$  (временной интервал  $t_{x4}$ ) измерителем  $PV2$ .

3.6—3.8. (Измененная редакция, Изм. № 1).

#### 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Значение входного тока ОУ или КН по инвертирующему входу определяют по формуле

$$I_{bx1} = - \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot (U_{x2} - U_{x1}) \cdot \frac{1}{R_3} \quad (11)$$

или

$$I_{bx1} = - \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot \frac{U_{x2} \cdot C_1}{K_n}, \quad (11a)$$

где  $K_n$  — коэффициент передачи преобразования скорости нарастания напряжения на выходе проверяемого ОУ или КН

$$\text{или } I_{bx1} = - \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot \frac{C_1}{t_{x1} \cdot K_n}. \quad (11b)$$

4.2. Значение входного тока ОУ или КН по неинвертирующему входу определяют по формуле

$$I_{bx2} = \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot (U_{x3} - U_{x1}) \cdot \frac{1}{R_4}, \quad (12)$$

$$\text{или } I_{bx2} = \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot \frac{U_{x3} \cdot C_2}{K_n}, \quad (12a)$$

$$\text{или } I_{bx2} = \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot \frac{C_2}{t_{x2} \cdot K_n}. \quad (12b)$$

4.3. Значение разности входных токов ОУ или КН определяют по формуле

$$\Delta I_{bx} = \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot (U_{x4} - U_{x1}) \cdot \frac{1}{R_3} \quad (13)$$

$$\text{или } I_{bx} = \frac{R_1}{R_1 + R_5} \cdot \frac{U_{x4} \cdot C}{K_n}, \quad (13a)$$

$$\text{где } C = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$\text{или } \Delta I_{\text{вх}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{C}{t_{x3} - K_n}.$$

4.4. Значение среднего входного тока ОУ или КН определяют по формуле

$$I_{\text{вх}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (U_{x3} - U_{x2}) \cdot \frac{1}{2R_2}, \quad (14)$$

$$\text{или } I_{\text{вх}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (U_{x3} - U_{x2}) \cdot \frac{C}{2K_n}, \quad (14a)$$

$$\text{или } I_{\text{вх}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{C}{2(t_{x1} - t_{x2}) \cdot K_n}. \quad (14b)$$

#### Разд. 4. (Измененная редакция, Изд. № 1).

### 5. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

5.1. Показатели точности измерений входных токов, разности входных токов и среднего входного тока должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ или КН конкретных типов.

Границы интервала, в котором с доверительной вероятностью 0,997 находится погрешность измерения с токосъемными резисторами, определяют по формуле

$$\delta_I = \pm 2,97 \sqrt{2 \left( \frac{R_s}{R_1 + R_2} \right)^2 \sigma_R^2 + \sigma_{RI}^2 + \frac{U_{x1}^2 + U_{x2}^2}{(X_{x1} - X_{x2})^2} \cdot \sigma_{U_x}^2}, \quad (15)$$

$$\sigma_R^2 = \left( \frac{\delta_R}{1,73} \right)^2; \quad \sigma_{RI}^2 = \left( \frac{\delta_{RI}}{1,73} \right)^2; \quad \sigma_{U_x}^2 = \left( \frac{\delta_{U_x}}{1,73} \right)^2 + \\ + \sum_{i=1}^8 \left( a_i - \frac{\delta_i}{K_i} \right)^2. \quad (16)$$

Погрешность измерения входных токов и разности входных токов с интегрирующими конденсаторами определяют по формуле

$$\delta_{II} = \pm 2,97 \sqrt{2 \left( \frac{R_s}{R_1 + R_2} \right)^2 \sigma_R^2 + \sigma_{CI}^2 + \sigma_{K_n}^2 + \sigma_{U_x}^2}, \quad (17)$$

$$\sigma_{CI}^2 = \left( \frac{\delta_{CI}}{1,73} \right)^2; \quad \sigma_{K_n}^2 = \left( \frac{\delta_{K_n}}{1,73} \right)^2, \quad (18)$$

а погрешность измерения среднего входного тока с интегрирующими конденсаторами определяют по формуле

$$\delta_{III} = \pm 2,97 \sqrt{2 \left( \frac{R_s}{R_1 + R_2} \right)^2 \sigma_R^2 + \sigma_{CI}^2 + \frac{A_{P1}^2 + A_{P2}^2}{(A_{P1} - A_{P2})^2} \cdot \sigma_{U_x}^2}, \quad (19)$$

- где  $\delta_1$  — погрешность измерения с токосъемными резисторами проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_{II}$  — погрешность измерения входных токов и разности входных токов с интегрирующими конденсаторами проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_{III}$  — погрешность измерения среднего входного тока с интегрирующими конденсаторами проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_R$  — допустимое отклонение сопротивления резисторов  $R1$  и  $R5$ ;
- $U_{x1}, U_{x2}$  — равно значению  $U_{x2}, U_{x1}$  при определении  $I_{bx1}$ ;
- |                      |       |                 |
|----------------------|-------|-----------------|
| $U_{x3}, U_{x1} \gg$ | $\gg$ | $I_{bx2}$       |
| $U_{x4}, U_{x1} \gg$ | $\gg$ | $\Delta I_{bx}$ |
| $U_{x3}, U_{x2} \gg$ | $\gg$ | $I_{bx1}$       |
- $\delta_{R3}$  — допустимое отклонение сопротивления резисторов  $R3$  и  $R4$ ;
- $\delta_{C1}$  — допустимое отклонение емкости конденсаторов  $C1$  и  $C2$ ;
- $\delta_{K_n}$  — погрешность коэффициента передачи преобразования  $K_n$  скорости нарастания напряжения на выходе проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_{PV2}$  — погрешность измерителя  $PV2$ ;
- $A_{PV1}, A_{PV2}$  — соответственно  $U_{x2}(t_{x1})$  и  $U_{x3}(t_{x2})$ ;
- $\delta_1$  — погрешность установления и поддержания напряжения питания проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_2$  — погрешность установления и поддержания напряжения покоя на выходе проверяемого ОУ или КН;
- $\delta_3$  — погрешность выделения произведений:
- для токосъемных резисторов  $I_{bx1} \cdot R_3$  и  $I_{bx2} \cdot R_4$ ,  
при измерении параметров  $\Delta I_{bx}$ , определяют по формуле
- $$\delta_3 = \pm \frac{|R_3 - R_4|, \text{ max}}{R_3} \cdot \frac{I_{bx}}{|\Delta I_{bx}|}; \quad (20)$$
- для интегрирующих конденсаторов  $I_{bx1} \cdot \frac{t_n}{C_1}$  и  $I_{bx2} \cdot \frac{t_n}{C_2}$ ,  
при измерении параметра  $\Delta I_{bx}$ , определяют по формуле
- $$\delta_3 = \pm \frac{|C_1 - C_2|, \text{ max}}{C_1} \cdot \frac{I_{bx}}{|\Delta I_{bx}|}; \quad (21)$$
- $\delta_4$  — погрешность суммирования сигналов на входе ВУБ определяют по формуле
- $$\delta_4 = \pm \frac{|R_7 - R_8|, \text{ max}}{R_7}; \quad (22)$$
- $\delta_5$  — погрешность сигнала на выходе проверяемого ОУ или КН от наличия токов утечки между точками:  $a1$  ( $a2$ ) — общий провод;  $a1$  ( $a2$ ) — места подключения источни-