



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

## МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАСА  
УСТОЙЧИВОСТИ ПО ФАЗЕ  
ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

ГОСТ 23089.16—90

Издание официальное

БЗ 2—90/72

10 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ

Москва

Микросхемы интегральные

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАСА  
УСТОЙЧИВОСТИ ПО ФАЗЕ  
ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ**

**ГОСТ  
23089.16—90**

Integrated circuits. Method of measuring phase  
stability margin of operational amplifiers

ОКП 62 3100

Срок действия с 01.07.91  
до 01.07.96

Настоящий стандарт устанавливает метод измерения запаса устойчивости по фазе  $\varphi_0$  операционных усилителей (далее — ОУ).

Общие требования и требования безопасности — по ГОСТ 23089.0.

## 1. УСЛОВИЯ И РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Метод основан на измерении разности фаз между входным и выходным напряжением ОУ на частоте единичного усиления ОУ и последующем вычислении запаса устойчивости по фазе  $\varphi_0$ .

1.2. Электрический режим и условия измерения должны соответствовать установленным в технических условиях (ТУ) на ОУ конкретных типов

## 2. АППАРАТУРА

2.1. Измерения проводят на установке, электрическая структурная схема которой приведена на чертеже.

2.2. Источник переменного напряжения  $G1$  должен обеспечивать установление и поддержание на время измерения переменного напряжения синусоидальной формы  $U_1$ , установленного в ТУ на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$ . Частота переменного напряжения источника  $G1$  должна находиться в диапазоне:

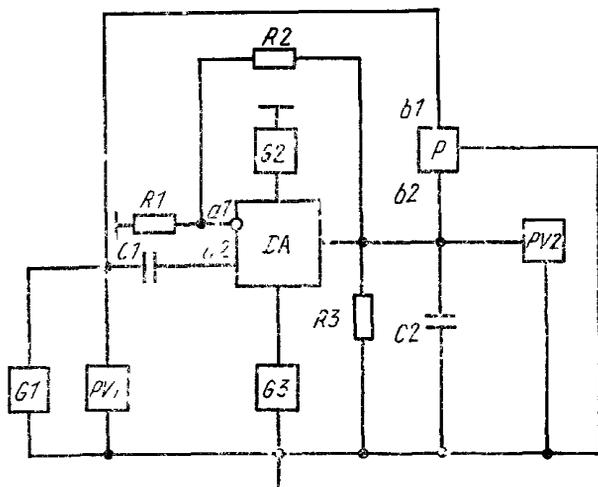
$$\text{от} \quad f_n \leq 0,9 f_{1 \text{ min}} \quad (1)$$

$$\text{до} \quad f_n \geq 1,1 f_{1 \text{ max}} \quad (2)$$



где  $f_{н}$  — нижний предел (по частоте) измерения запаса устойчивости по фазе ОУ на установке;  
 $f_{в}$  — верхний предел (по частоте) измерения запаса устойчивости по фазе ОУ на установке;  
 $f_{1 \text{ min}}$  — минимальная частота единичного усиления проверяемого ОУ;  
 $f_{1 \text{ max}}$  — максимальная частота единичного усиления проверяемого ОУ.

Нестабильность по напряжению источника переменного напряжения  $G1$  за время измерения не должна превышать  $\pm 2\%$ .



DA—проверяемый ОУ;  $G1$ —источник переменного напряжения;  $G2, G3$ —источники постоянного напряжения;  $PV1, PV2$ —измерители переменного напряжения;  $P$ —измеритель разности фаз;  $R1, R2$ —резисторы делителя напряжения;  $R3$ —резистор нагрузки проверяемого ОУ;  $C1$ —разделительный конденсатор;  $C2$ —конденсатор нагрузки проверяемого ОУ;  $a1$ —инвертирующий вход ОУ;  $a2$ —неинвертирующий вход ОУ;  $b1$ —первый вход измерителя  $P$ ;  $b2$ —второй вход измерителя  $P$

Погрешность установления и поддержания частоты переменного напряжения источника  $G1$  должна находиться в пределах  $\pm 2\%$ .

2.3. Источники постоянного напряжения  $G2$  и  $G3$  должны обеспечивать установление и поддержание напряжения питания, установленного в ТУ на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ .

2.4. Сопротивление резистора ( $R1$ ) в омах выбирают из условия

$$R_1 \leq 0,05 R_{вх}, \quad (3)$$

где  $R_{вх}$  — входное сопротивление проверяемого ОУ, Ом.

Допустимое отклонение сопротивления  $R_1$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.5. Сопротивления резисторов ( $R_2$  и  $R_3$ ) в омах выбирают из условий

$$U_{\text{см max}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \leq \frac{U_{\text{вых max}}}{2}, \quad (4)$$

$$\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{PV2}} + \frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_H}, \quad (5)$$

где  $U_{\text{см max}}$  — максимальное абсолютное значение напряжения смещения нуля ОУ, В;

$U_{\text{вых max}}$  — максимальное абсолютное значение выходного напряжения ОУ, В;

$R_{PV2}$  — входное сопротивление измерителя PV2, Ом;

$R_P$  — входное сопротивление измерителя P, Ом;

$R_H$  — сопротивление нагрузки, установленное в ТУ на ОУ конкретных типов, Ом.

Допустимое отклонение сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$  должно быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

2.6. Емкость конденсатора ( $C_1$ ) в фарадах выбирают из условия

$$\frac{1}{2\pi f_H C_1} \leq 0,01 R_1. \quad (6)$$

Допустимое отклонение емкости конденсатора  $C_1$  должно быть в пределах  $\pm 5\%$ .

2.7. Емкость конденсатора ( $C_2$ ) в пикофарадах выбирают из условия

$$C_2 = C_H - C_{\Pi} - C_{PV2} - C_P, \quad (7)$$

где  $C_H$  — емкость нагрузки, установленная в ТУ на ОУ конкретных типов, пФ;

$C_{\Pi}$  — паразитная емкость монтажа выходной цепи проверяемого ОУ, пФ;

$C_{PV2}$  — входная емкость измерителя PV2, пФ;

$C_P$  — входная емкость измерителя P, пФ.

Допустимое отклонение емкости конденсатора  $C_2$  должно быть в пределах  $\pm 2\%$ .

2.8. Измеритель переменного напряжения PV1 должен обеспечивать измерение напряжения  $U_1$  в вольтах на выходе источника GI с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_H$  до  $f_B$ .

2.9. Измеритель переменного напряжения PV2 должен обеспечивать измерение напряжения  $U_2$  в вольтах на выходе прове-

ряемого ОУ с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_n$  до  $f_v$ .

2.10 Измеритель разности фаз  $P$  должен обеспечивать измерение разности фаз между входным и выходным напряжением проверяемого ОУ в диапазоне от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  с погрешностью в пределах  $\pm 5^\circ$ .

2.11. Рекомендации по выбору приборов для автоматизированных измерений запаса устойчивости по фазе ОУ приведены в приложении 1.

### 3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Подключают ОУ к измерительной установке.

3.2. На ОУ подают напряжение питания от источников  $G2$  и  $G3$ .

3.3. От источника  $G1$  подают переменное напряжение с частотой, равной  $f_n$ .

Напряжение  $U_1$  на выходе источника  $G1$  контролируют измерителем  $PV1$ , а напряжение  $U_2$  на выходе ОУ — измерителем  $PV2$ .

3.4. Плавно увеличивают частоту переменного напряжения источника  $G1$  до выполнения условия

$$U_1 = U_2. \quad (8)$$

3.5. Регистрируют частоту входного переменного напряжения, равную частоте единичного усиления  $f_1$  проверяемого ОУ, и измеряют на этой частоте измерителем  $P$  разность фаз между входным и выходным напряжением проверяемого ОУ  $\varphi$ .

3.6. Запас устойчивости по фазе проверяемого ОУ ( $\varphi_0$ ) рассчитывают по формуле

$$\varphi_0 = 180^\circ - \varphi. \quad (9)$$

При  $\varphi_0 = 0$  возникают автоколебания.

Рекомендуемый запас устойчивости по фазе

$$\varphi_0 \geq 45^\circ. \quad (10)$$

### 4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Показатели точности измерения запаса устойчивости по фазе ОУ должны соответствовать установленным в ТУ на ОУ конкретных типов.

Интервал, в котором с установленной вероятностью 0,997 находится погрешность измерения, определяют по формулам приложения 2.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРИБОРОВ ДЛЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ  
ПО ФАЗЕ ОУ

В качестве измерителей переменного напряжения  $PV1$  и  $PV2$ , измерителя разности фаз  $P$ , а также источника переменного напряжения  $G1$  рекомендуется применять приборы, имеющие выход на шину IEEE—488

Для автоматизированного измерения запаса устойчивости по фазе ОУ рекомендуется применять приборы следующих типов ВЗ—63, В7—34, ФК2—39, Г4—174, Г4—179 или аналогичные.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
РекомендуемоеОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ ПО ФАЗЕ ОУ

## 1. Составляющие погрешности измерения

1.1. Погрешность ( $\delta_1$ ), вызванную погрешностью установления и поддержания частоты переменного напряжения источника  $G1$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_1 = \delta f_{G1}, \quad (11)$$

где  $\delta f_{G1}$  — относительная погрешность установления и поддержания частоты переменного напряжения источника  $G1$

1.2. Погрешность ( $\delta_2$ ), вызванную неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_2 = \frac{\Delta \varphi_{01}}{\varphi_{0 \min}}, \quad (12)$$

где  $\Delta \varphi_{01}$  — значение изменения запаса устойчивости по фазе, вызванное неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ, ...

$\varphi_{0 \min}$  — минимальное значение запаса устойчивости по фазе проверяемого ОУ, °.

1.3. Погрешность ( $\delta_3$ ), вызванную конечным значением коэффициента усиления схемы включения ОУ с отрицательной обратной связью  $K_{y, \text{о.с.}}$  рассчитывают по формуле

$$\delta_3 = \frac{\Delta \varphi_{02}}{\varphi_{0 \min}}, \quad (13)$$

где  $\Delta \varphi_{02}$  — значение изменения запаса устойчивости по фазе, вызванное конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, \text{о.с.}}$  схемы включения ОУ, °.

1.4. Погрешность ( $\delta_4$ ), вызванную отклонением сопротивления нагрузки  $R$ , проверяемого ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_4 = \frac{\Delta\varphi_{03}}{\varphi_0 \min}, \quad (14)$$

где  $\Delta\varphi_{03}$  — значение изменения запаса устойчивости по фазе, вызванное отклонением сопротивления нагрузки проверяемого ОУ, ...°.

1.5. Погрешность ( $\delta_5$ ), вызванную отклонением емкости нагрузки  $C_{\Sigma}$  проверяемого ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_5 = \frac{\Delta\varphi_{04}}{\varphi_0 \min}, \quad (15)$$

где  $\Delta\varphi_{04}$  — значение изменения запаса устойчивости по фазе, вызванное отклонением емкости нагрузки проверяемого ОУ, ...°.

1.6. Погрешность ( $\delta_6$ ), вызванную шумовыми параметрами проверяемого ОУ, определяют экспериментально статистической обработкой результатов измерений конкретных типов ОУ.

1.7. Погрешность ( $\delta_7$ ), вызванную погрешностью измерителя  $PV1$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_7 = \delta_{PV1}, \quad (16)$$

где  $\delta_{PV1}$  — относительная погрешность измерителя переменного напряжения  $PV1$ .

1.8. Погрешность ( $\delta_8$ ), вызванную погрешностью измерителя  $PV2$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_8 = \delta_{PV2}, \quad (17)$$

где  $\delta_{PV2}$  — относительная погрешность измерителя переменного напряжения  $PV2$ .

1.9. Погрешность ( $\delta_9$ ), вызванную погрешностью измерителя  $P$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_9 = \delta_P, \quad (18)$$

где  $\delta_P$  — относительная погрешность измерителя разности фаз  $P$ .

## 2. Погрешность измерения

2.1. Интервал ( $\delta_{\Sigma}$ ), в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения запаса устойчивости по фазе, рассчитывают по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_3}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_4}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_5}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_6}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_7}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_8}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_9}{K_1}\right)^2}, \quad (19)$$

где  $K_{\Sigma}$  — коэффициент, зависящий от закона распределения погрешности измерения и установленной вероятности  $P_{\Sigma}$ .

$K_{\Sigma} = 2,97$  для нормального закона распределения и  $P_{\Sigma} = 0,997$ ;  $K_1$  и  $K_2$  — коэффициенты, зависящие от законов распределения частных погрешностей. Для частной погрешности с нормальным законом распределения  $K_1 = 2,97$ . Для частной погрешности с равномерным законом распределения  $K_2 = 1,72$ .

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

### 1. РАЗРАБОТЧИКИ

А. К. Атанасян, А. В. Бильштейн, В. А. Зайко, М. Н. Коробкова, Е. Г. Татевосян, И. А. Туманова

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 30.03.90 № 698

3. Срок проверки — 1995 г. Периодичность проверки — 5 лет

4. В стандарт введен международный стандарт МЭК 47 (ЦБ) 186, ноябрь 1987 г.

5. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

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

Редактор *Т. С. Шeko*  
 Технический редактор *М И Максимова*  
 Корректор *Е. И. Морозова*

Сдано в наб 13 04 90 Подп в печ 07 07 90 0,5 усл п л 0,5 усл кр-отт 0,44 уч изд л.  
 Тир. 10 000 Цена 10 к.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3  
 Тип «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1863