



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЗАПАСА
УСТОЙЧИВОСТИ ПО ФАЗЕ
ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

ГОСТ 23089.16—90

Издание официальное

БЗ 2—90/72

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 φ_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 φ_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:

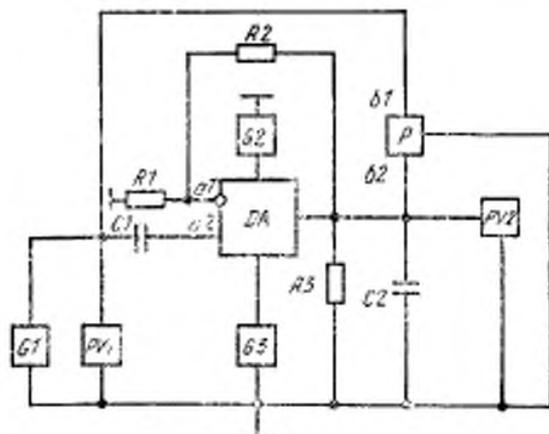
$$\text{от} \quad f_H \leq 0,9 f_{1 \text{ min}} \quad (1)$$

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



- где $f_{\text{н}}$ — нижний предел (по частоте) измерения запаса устойчивости по фазе ОУ на установке;
 $f_{\text{в}}$ — 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; b1—неинвертирующий вход ОУ; 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 (R_1) в омах выбирают из условия

$$R_1 \ll 0,05 R_{\text{вх}}, \quad (3)$$

где $R_{\text{вх}}$ — 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

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

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

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

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

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

R_P — входное сопротивление измерителя P, Ом;

R_n — 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

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

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

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

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

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

C_n — 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_n до f_k .

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 $f_{н}$ до $f_{в}$.

2.10. Измеритель разности фаз P должен обеспечивать измерение разности фаз между входным и выходным напряжением проверяемого ОУ в диапазоне от 0° до 180° 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 $f_{н}$.

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 φ .

3.6. Запас устойчивости по фазе проверяемого ОУ (φ_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 GI 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 (δ_1), вызванную погрешностью установления и поддержания частоты переменного напряжения источника GI , рассчитывают по формуле

$$\delta_1 = \delta_{f_{GI}}, \quad (11)$$

где $\delta_{f_{GI}}$ — относительная погрешность установления и поддержания частоты переменного напряжения источника GI .

1.2. Погрешность (δ_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 (δ_3), вызванную конечным значением коэффициента усиления схемы включения ОУ с отрицательной обратной связью $K_{У,У00}$ 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 $K_{У,У00}$ схемы включения ОУ, ... °.

1.4. Погрешность (δ_4), вызванную отклонением сопротивления нагрузки R_x 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 (δ_5), вызванную отклонением емкости нагрузки C_x 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 (δ_6), вызванную шумовыми параметрами проверяемого ОУ, определяют экспериментально статистической обработкой результатов измерений конкретных типов ОУ.

1.7. Погрешность (δ_7), вызванную погрешностью измерителя PVI, рассчитывают по формуле

$$\delta_7 = \delta_{P1,1}, \quad (16)$$

где $\delta_{P1,1}$ — относительная погрешность измерителя переменного напряжения PVI.

1.8. Погрешность (δ_8), вызванную погрешностью измерителя PV2, рассчитывают по формуле

$$\delta_8 = \delta_{P1,2}, \quad (17)$$

где $\delta_{P1,2}$ — относительная погрешность измерителя переменного напряжения PV2.

1.9. Погрешность (δ_9), вызванную погрешностью измерителя P, рассчитывают по формуле

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

где δ_P — относительная погрешность измерителя разности фаз P.

2. Погрешность измерения

2.1. Интервал (δ_{Σ}), в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения запаса устойчивости по фазе, рассчитывают по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{b_1}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{b_2}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{b_3}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{b_4}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{b_5}{K_3}\right)^2 + \left(\frac{b_6}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{b_7}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{b_8}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{b_9}{K_1}\right)^2}, \quad (19)$$

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

$K_{\Sigma} = 2,97$ 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. Шехо*

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. ко-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, Зах. 1863