



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ  
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПОЛНОЙ  
МОЩНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ  
УСИЛИТЕЛЕЙ

ГОСТ 23089.15—90

Издание официальное

БЗ 2—90/73

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ  
КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТАНДАРТАМ  
Москва



ГОСТ 23089.15-90, Микросхемы интегральные. Метод измерения частоты полной мощности операционных усилителей  
Integrated microcircuits. Method of measuring full power frequency of operational amplifiers

**МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ**

Метод измерения частоты полной  
мощности операционных усилителей

Integrated circuits. Method of measuring full  
power frequency of operational amplifiers

**ГОСТ**  
**23089.15—90**

ОКП 62 3100

Срок действия с 01.07.91  
до 01.07.96

Настоящий стандарт устанавливает метод измерения частоты полной мощности  $f_p$  операционных усилителей (далее — ОУ).

Расчет значения частоты полной мощности по известному значению максимальной скорости нарастания выходного напряжения приведен в приложении 1.

Общие требования и требования безопасности — по ГОСТ 23089.0.

**1. УСЛОВИЯ И РЕЖИМ ИЗМЕРЕНИЯ**

1.1. Метод основан на нахождении максимальной частоты, на которой коэффициент гармоник  $K_r$  выходного напряжения ОУ при максимальном размахе выходного напряжения не превышает значения, установленного в ТУ на ОУ конкретных типов.

1.2. Измерение  $f_p$  проводят при подаче на вход ОУ переменного напряжения синусоидальной формы при инвертирующем или неинвертирующем включении ОУ.

1.3. Коэффициент усиления схемы включения с отрицательной обратной связью  $K_{y, \text{обс}}$ , при котором измеряют частоту полной мощности  $f_p$ , выбирают из ряда 1, 2, 5, 10.

1.4. Электрический режим и условия измерения должны соответствовать установленным в ТУ на ОУ конкретных типов.

**2. АППАРАТУРА**

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

Издание официальное

Перепечатка воспрещена



© Издательство стандартов, 1990

2—1835

2.2. Сопротивления резисторов ( $R_1—R_3$ ) в омах при инвертирующем включении ОУ должны быть выбраны из следующих условий

$$R_1 > 10 R_{\text{вых } G1}; \quad (1)$$

$$R_2 = K_{y, U_{oc}} (R_1 + R_{\text{вых } G1}); \quad (2)$$

$$R_3 = \frac{R_2 (R_1 + R_{\text{вых } G1})}{R_2 + (R_1 + R_{\text{вых } G1})}, \quad (3)$$

где  $R_{\text{вых } G1}$  — выходное сопротивление источника переменного напряжения  $G1$ , Ом.

2.3. Сопротивления резисторов ( $R_1—R_3$ ) в омах при неинвертирующем включении с коэффициентом  $K_{y, U_{oc}} > 1$  должны быть выбраны из следующих условий

$$R_2 > 10 R_{\text{вых } G1}; \quad (4)$$

$$R_1 = \frac{R_2}{K_{y, U_{oc}} - 1}; \quad (5)$$

$$R_2 + R_{\text{вых } G1} = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3}. \quad (6)$$

Сопротивление резистора ( $R_5$ ) в омах выбирают из условия

$$\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{\text{вх } PV}} + \frac{1}{R_{\text{вх } DS}} + \frac{1}{R_{\text{вх } P}} = \frac{1}{R_H}, \quad (7)$$

где  $R_{\text{вх } PV}$  — входное сопротивление измерителя  $PV$ , Ом;

$R_{\text{вх } DS}$  — входное сопротивление устройства выборки и хранения  $DS$ , Ом;

$R_{\text{вх } P}$  — входное сопротивление измерителя нелинейных искажений  $P$ , Ом;

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

2.4. Сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$  в омах при неинвертирующем включении ОУ с коэффициентом  $K_{y, U_{oc}} = 1$  должны быть равны нулю, а резисторы  $R_1$ ,  $R_4$  и устройства выборки и хранения  $DS$  исключены.

Сопротивление резистора ( $R_5$ ) в омах выбирают из условия

$$\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_{\text{вх } PV}} + \frac{1}{R_{\text{вх } P}} = \frac{1}{R_H}. \quad (8)$$

2.5. Сопротивление резистора  $R_4$  в омах выбирают из условия

$$R_4 > 100 R_2. \quad (9)$$

2.6. Допустимые отклонения сопротивления резисторов  $R_1—R_5$  должны быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

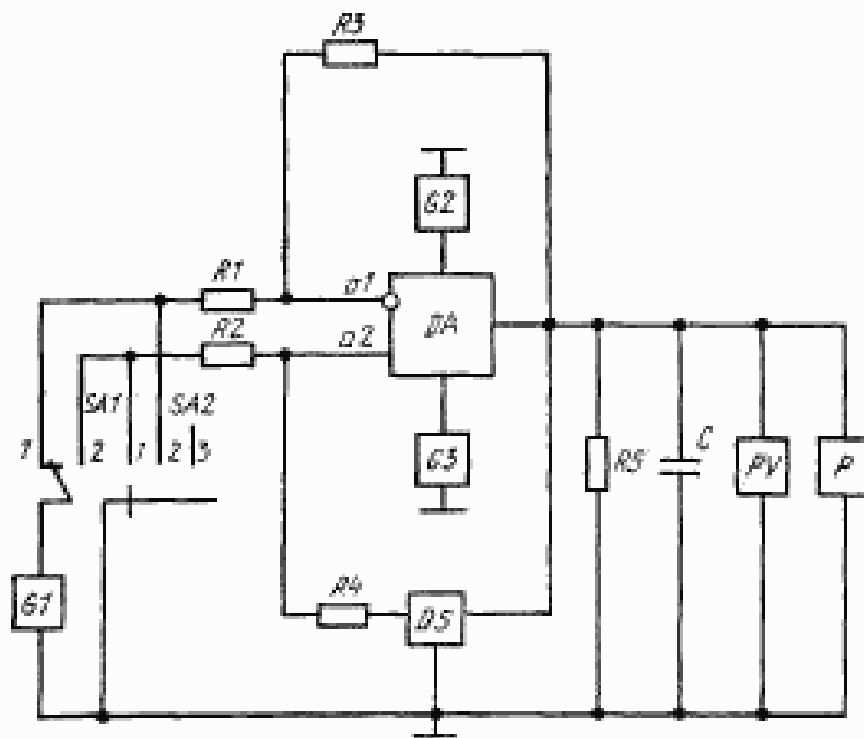
2.7. Источник переменного напряжения  $G1$  должен обеспечивать установление и поддержание на время измерения переменного напряжения синусоидальной формы  $U_1$ , установленного в ТУ на ОУ конкретных типов с погрешностью в пределах  $\pm 3\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_b$ .

Частоту  $f_0$  указывают в ТУ на ОУ конкретных типов, а частоту  $f_b$  выбирают из условия

$$f_b \geq 1,1 f_{P \max}, \quad (10)$$

где  $f_b$  — верхний предел измерения частоты полной мощности ОУ на установке, Гц;

$f_{P \max}$  — максимальное значение частоты полной мощности ОУ, Гц.



$DA$ —проверяемый ОУ;  $G1$ —источник переменного напряжения;  $G2$ ,  $G3$ —источники постоянного напряжения;  $G5$ —устройство выборки и хранения;  $PV$ —измеритель переменного напряжения;  $P$ —измеритель нелинейных искажений;  $R1—R4$ —резисторы делителей;  $R5$ —резистор нагрузки проверяемого ОУ;  $C$ —конденсатор нагрузки проверяемого ОУ;  $SA1$ ,  $SA2$ —устройства коммутации;  $a1$ —инвертирующий вход;  $a2$ —неинвертирующий вход

Коэффициент гармоник выходного напряжения источника  $G1$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_h(K_{г1})$  должен удовлетворять условию

$$K_{г1} \leq \frac{1}{3} \cdot K_{г0 \max} \quad (11)$$

где  $K_{г0 \max}$  — максимальное значение коэффициента гармоник выходного напряжения ОУ на частоте  $f_0$  при максимальном выходном напряжении ОУ, установленном в ТУ на ОУ конкретных типов, %.

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

2.9. Измеритель переменного напряжения  $PV$  должен обеспечивать измерение напряжения на выходе проверяемого ОУ  $U_{\text{вых}}$  с погрешностью в пределах  $\pm 2\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_h$ .

2.10. Измеритель нелинейных искажений  $P$  должен обеспечивать измерение коэффициента гармоник напряжения на выходе проверяемого ОУ с погрешностью в пределах  $\pm 10\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_h$ .

2.11. Емкость конденсатора ( $C$ ) в пикофарадах выбирают из условия

$$C = C_n - C_{\text{п}} - C_{PV} - C_P - C_{DS}, \quad (12)$$

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

$C_{\text{п}}$  — паразитная емкость выходной цепи проверяемого ОУ, пФ;

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

$C_P$  — входная емкость измерителя  $P$ , пФ;

$C_{DS}$  — входная емкость устройства выборки и хранения  $DS$ , пФ.

2.12. Устройство выборки и хранения  $DS$  и резистор  $R_4$  должны обеспечивать балансировку ОУ с погрешностью, указанной в ТУ на ОУ конкретных типов.

Устройство  $DS$  и резистор ( $R_4$ ) исключают из электрической структурной схемы измерительной установки, если выполняется условие

$$U_{\text{см макс}} \cdot K_{У.У ос} \leq 0,01 U_{\text{вых макс}} \quad (13)$$

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

$U_{\text{вых макс}}$  — абсолютное максимальное значение выходного напряжения проверяемого ОУ, В.

2.13. Рекомендации по выбору приборов для автоматизированных измерений частоты полной мощности ОУ приведены в приложении 2.

### 3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Подключают ОУ к измерительной установке.

3.2. Устанавливают переключатели  $SA1$  и  $SA2$  в положение 1 для измерения  $f_P$  при инвертирующем включении ОУ или переводят переключатели  $SA1$  и  $SA2$  в положение 2 при измерении  $f_P$  при неинвертирующем включении ОУ с коэффициентом  $K_{y, U_{oc}} > 1$ ; или переводят переключатель  $SA1$  в положение 2, а  $SA2$  — в положение 3 при измерении  $f_P$  при неинвертирующем включении ОУ с коэффициентом  $K_{y, U_{oc}} = 1$ .

3.3. На ОУ подают напряжения питания от источников  $G2$  и  $G3$ .

3.4. Включают устройство выборки и хранения  $DS$  в режим выборки и компенсируют напряжение смещения нуля ОУ, при этом выходное напряжение источника  $G1$  должно быть равно нулю.

3.5. Переводят устройство  $DS$  в режим хранения.

3.6. Подают от источника  $G1$  переменное напряжение  $U_1$  с частотой  $f_0$ .

Измеряют измерителем  $PV$  выходное напряжение ОУ  $U_{вых}$  и коэффициент гармоник выходного напряжения ОУ  $K_{г0}$  измерителем  $P$ . Увеличивают переменное напряжение  $U_1$  на выходе источника  $G1$  до такого значения, при котором выполняется условие

$$K_{г0} = K_{г0 \max} \quad (14)$$

где  $K_{г0, \max}$  — максимально допустимый коэффициент гармоник выходного напряжения ОУ на частоте  $f_0$ , установленный в ТУ на ОУ конкретных типов, %.

Не изменяя переменное напряжение  $U_1$  увеличивают его частоту до такого значения  $f$ , при котором выполняется условие

$$K_{гf} = K_{гfP \max} \quad (15)$$

где  $K_{гf}$  — коэффициент гармоник выходного напряжения ОУ на частоте  $f$ , %;

$K_{гfP \max}$  — максимально допустимый коэффициент гармоник выходного напряжения ОУ на частоте полной мощности  $f_P$ , установленной в ТУ на ОУ конкретных типов, %.

Регистрируют частоту переменного напряжения, равную частоте полной мощности  $f_P$  проверяемого ОУ.

#### 4. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Показатели точности измерений полной мощности ОУ должны соответствовать установленным в ТУ на ОУ конкретных типов.

Интервал, в котором с установленной вероятностью 0,997 находится погрешность измерения, рассчитывают по формулам, приведенным в приложении 3.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

*Справочное*

#### РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ ПО ИЗВЕСТНОМУ ЗНАЧЕНИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОУ

Если для ОУ известно значение максимальной скорости нарастания выходного напряжения  $V_{U \text{ вых}}$ , то частоту полной мощности допускается рассчитывать по приближенной формуле

$$f_p = \frac{V_{U \text{ вых}}}{2\pi U_{0 \text{ макс}}}, \quad (16)$$

где  $U_{0 \text{ макс}}$  — максимальное выходное напряжение ОУ.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 2

*Рекомендуемое*

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПРИБОРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ ОУ

В качестве измерителя переменного напряжения  $PV$ , измерителя нелинейных искажений  $P$  и источника переменного напряжения синусоидальной формы  $GI$  рекомендуется применять приборы, имеющие выход на шину IEEE—488.

Для автоматизированного измерения частоты полной мощности ОУ рекомендуется применять следующие типы приборов: ВЗ—63, В7—34, С6—12, ГЗ—122, Г4—164 или аналогичные.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ  
ЧАСТОТЫ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ ОУ

## 1. Определение показателей точности

1.1. Погрешность ( $\delta_1$ ), вызванную неточностью установления и поддержания переменного напряжения источника  $GI$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_1 = \frac{\Delta f_{P1}}{f_{P \min}}, \quad (17)$$

где  $f_{P1}$  — значение изменения частоты полной мощности  $f_P$ , вызванное неточностью установления и поддержания переменного напряжения, Гц;

$f_{P \min}$  — минимальное значение  $f_P$  проверяемого ОУ, Гц.

1.1.2. Погрешность ( $\delta_2$ ), вызванную неточностью установления и поддержания частоты переменного напряжения источника  $GI$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_2 = \delta f_{G1}, \quad (18)$$

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

1.1.3. Погрешность ( $\delta_3$ ), вызванную неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_3 = \frac{\Delta f_{P2}}{f_{P \min}}, \quad (19)$$

где  $f_{P2}$  — значение изменения  $f_P$ , вызванное неточностью установления и поддержания напряжения питания, Гц.

1.1.4. Погрешность ( $\delta_4$ ), вызванную конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, \text{вкл}}$  схемы включения ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_4 = \frac{\Delta f_{P3}}{f_{P \min}}, \quad (20)$$

где  $\Delta f_{P3}$  — значение изменения  $f_P$ , вызванное конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, \text{вкл}}$  схемы включения ОУ, Гц.

1.1.5. Погрешность ( $\delta_5$ ), вызванную отклонением сопротивления нагрузки  $R_3$  проверяемого ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_5 = \frac{\Delta f_{P4}}{f_{P \min}}, \quad (21)$$

где  $\Delta f_{P4}$  — значение изменения  $f_P$ , вызванное отклонением сопротивления нагрузки проверяемого ОУ, Гц.



1.1.6. Погрешность ( $\delta_6$ ), вызванную отклонением емкости нагрузки  $C$  проверяемого ОУ, рассчитывают по формуле

$$\delta_6 = \frac{\Delta f_{P5}}{f_{P \min}} \quad (22)$$

где  $\Delta f_{P5}$  — значение изменения  $f_P$ , вызванное отклонением емкости нагрузки проверяемого ОУ, Гц.

1.1.7. Погрешность  $\delta_7$ , вызванную шумовыми параметрами проверяемого ОУ, определяют экспериментально статистической обработкой результатов измерений конкретных типов ОУ.

1.1.8. Погрешность ( $\delta_8$ ), вызванную погрешностью измерителя  $PV$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_8 = \delta_{PV} \quad (23)$$

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

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

$$\delta_9 = \delta_P \quad (24)$$

где  $\delta_P$  — относительная погрешность измерителя коэффициента гармоник  $P$ .

1.1.10. Погрешность ( $\delta_{10}$ ), вызванную наличием гармонических искажений в выходном напряжении источника  $GI$ , рассчитывают по формуле

$$\delta_{10} = \frac{\Delta f_{P4}}{f_{P \min}} \quad (25)$$

где  $\Delta f_{P4}$  — значение изменения  $f_P$ , вызванное наличием гармонических искажений в выходном напряжении источника  $GI$ , Гц.

## 2. Погрешность измерения

2.1. Интервал ( $\delta_{\Sigma}$ ), в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения частоты полной мощности, рассчитывают по формуле

$$\delta_{\Sigma} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_3}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_4}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_5}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_6}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_7}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_8}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{10}}{K_2}\right)^2} \quad (26)$$

где  $K_{\Sigma}$  — коэффициент, зависящий от закона распределения погрешности измерения и установленной вероятности  $P_{\Sigma}$ .  $K_{\Sigma} = 2,97$  для нормального закона распределения,  $P_{\Sigma} = 0,997$ ;

$K_1, K_2$  — 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 748—3—86

### 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. Шело*  
Технический редактор *В. Н. Прусакова*  
Корректор *Е. А. Воежикова*

Сдано в наб. 19.04.90 Пода. в печ. 27.07.90 0,75 усл. п. л. 0,75 усл. кр.-отт. 0,64 уч.-изд. л.  
Тир. 10 000

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новоспасский пер., 3  
Тад. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1536