



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ  
СОЮЗА ССР**

---

# **МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ**

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ СРЕЗА И ЧАСТОТЫ  
ЕДИНИЧНОГО УСИЛЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ**

**ГОСТ 23089.13—86**

**Издание официальное**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ**

**Москва**

**МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ**

Методы измерения частоты среза и частоты единичного усиления операционных усилителей

Integrated microcircuits. Measurement methods of the operational amplifiers cut-off frequency and unitary-gain frequency

**ГОСТ**  
**23089.13-86**

ОКП 62 3100

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 августа 1986 г. № 2485 срок действия установлен

с 01.01.88  
до 01.01.93

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на операционные усилители и устанавливает методы измерения частоты среза  $f_{срз}$  и частоты единичного усиления  $f_1$ :

метод 1 — измерение частоты среза с плавным изменением частоты входного сигнала;

метод 2 — измерение частоты единичного усиления на фиксированной частоте.

Расчет значения частоты среза по известным значениям коэффициента усиления на постоянном токе и частоты единичного усиления приведен в справочном приложении 1.

Стандарт соответствует Публикации МЭК 147-2J в части требований к методу измерения частоты среза операционных усилителей (ОУ).

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

**1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ СРЕЗА С ПЛАВНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВХОДНОГО СИГНАЛА**

1.1. Принцип, условия и режим измерений

1.1.1. Метод основан на нахождении на амплитудно-частотной характеристике проверяемого ОУ частоты, на которой коэффициент усиления ( $K_{у, \nu}$ ) ОУ уменьшается на 3 дБ относительно значения на заданной частоте  $f_0$ .



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

## 1.2. Аппаратура

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

1.2.2. Сопротивление резистора  $R_3 = R_4$  выбирают из условия

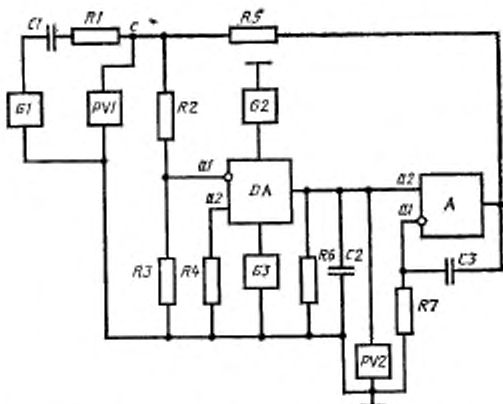
$$R_3 \leq 0,01 R_{вх}, \quad (1)$$

где  $R_{вх}$  — типовое значение модуля входного сопротивления ОУ.

1.2.3. Сопротивление резисторов  $R_1 = R_5$  и  $R_2$  выбирают из следующих условий:

$$U_{см, \max} \cdot \frac{R_2 + R_3 + R_5}{R_3} \leq \frac{U'_{вмх, \max}}{2}, \quad (2)$$

где  $U_{см, \max}$  — абсолютное максимальное значение напряжения (э. д. с.) смещения нуля проверяемого ОУ;  $U'_{вмх, \max}$  — абсолютное максимальное значение выходного напряжения вспомогательного устройства балансировки (ВУБ);



DA — проверяемый ОУ; G1 — источник переменного напряжения; G2, G3 — источники постоянного напряжения; А — вспомогательное устройство балансировки (ВУБ); PV1, PV2 — измерители переменного напряжения; R1, R5 — суммирующие резисторы; R2, R3 — резисторы входного делителя напряжения; R4 — симметрирующий резистор; R6 — резистор нагрузки проверяемого ОУ; R7 — входной резистор ВУБ; C1 — разделительный конденсатор; C2 — конденсатор нагрузки проверяемого ОУ; C3 — конденсатор цепи обратной связи ВУБ; a1 — инвертирующий вход; a2 — неинвертирующий вход; c — суммирующая точка.

$$R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_{PV1}} + \frac{1}{R_2 + R_3} + \frac{1}{R_5}} \geq R_{01}, \quad (3)$$

где  $R_{PV1}$  — входное сопротивление измерителя PV1;  $R_{01}$  — минимальное допустимое сопротивление нагрузки источника переменного напряжения;

$$R_3 + \frac{1}{\frac{1}{R_{PV1}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}} \geq 2 R_R, \quad (4)$$

где  $R_R$  — минимальное допустимое сопротивление нагрузки ВУБ.

1.2.4. Сопротивление резистора  $R_6$  выбирают из условия

$$\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{PV2}} + \frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_R}, \quad (5)$$

где  $R_{PV2}$  — входное сопротивление измерителя;  $R_A$  — модуль входного сопротивления ВУБ;  $R_R$  — сопротивление нагрузки, установленное в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

1.2.5. Сопротивление резистора  $R_7$  выбирают из условия

$$R_7 \geq 2 R_R. \quad (6)$$

1.2.6. Допустимые отклонения сопротивления резисторов  $R_1$ — $R_7$  должны быть в пределах  $\pm 0,5\%$ .

1.2.7. Источник переменного напряжения  $G1$  должен обеспечивать установление и поддержание на время измерения переменного напряжения синусоидальной формы  $U_1$ , установленного в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 3\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_B$ .

Частоту  $f_0$  указывают в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, а частоту  $f_B$  выбирают из условия

$$f_B \geq 1,1 f_{срз, \max}, \quad (7)$$

где  $f_B$  — верхний предел измерения частоты среза ОУ на установке;  $f_{срз, \max}$  — максимальное значение частоты среза проверяемого ОУ.

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

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

1.2.8. Источники постоянного напряжения  $G2$  и  $G3$  должны обеспечивать установление и поддержание напряжения питания,

установленного в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 1\%$ .

1.2.9. Емкость конденсатора  $C_1$  выбирают из условия

$$\frac{1}{2\pi f_0 C_1} \leq 0,05 R_1. \quad (8)$$

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

1.2.10. Емкость конденсатора  $C_2$  выбирают из условия

$$C_2 = C_n - C_{\text{п}} - C_{PV2} - C_A, \quad (9)$$

где  $C_n$  — емкость нагрузки, установленная в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов;  $C_{\text{п}}$  — паразитная емкость выходной цепи проверяемого ОУ;  $C_{PV2}$  — входная емкость измерителя PV2;  $C_A$  — входная емкость ВУБ.

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

1.2.11. Емкость конденсатора  $C_3$  выбирают из условия

$$\frac{1}{2\pi f_0 C_3} \leq 0,05 R_1, \quad (10)$$

Допустимое отклонение емкости конденсатора  $C_3$  должно находиться в пределах  $\pm 5\%$ .

1.2.12. Измеритель переменного напряжения PVI должен обеспечивать измерение напряжения в суммирующей точке с с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_{\text{в}}$ .

1.2.13. Измеритель переменного напряжения PV2 должен обеспечивать измерение напряжения  $U_{\text{вых}}$  на выходе проверяемого ОУ с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_0$  до  $f_{\text{в}}$ .

1.2.14. Коэффициент усиления вспомогательного устройства балансировки (ВУБ) на частоте  $f_0$  должен удовлетворять условию

$$K'_{y,0} \geq 10, \quad (11)$$

где  $K'_{y,0}$  — коэффициент усиления ВУБ на частоте  $f_0$ .

ВУБ, резистор  $R7$  и конденсатор  $C3$  исключают из схемы измерительной установки, если выполняется условие

$$U_{\text{см, макс}} \cdot \frac{R_2 + R_3 + R_5}{R_3} \leq 0,1 \cdot U_{\text{вых, макс}}, \quad (12)$$

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

При этом выход проверяемого ОУ подсоединяют к правому по схеме выводу резистора  $R_5$ . В этом случае значение сопротивления резистора  $R_6$  вместо условия (5) выбирают из условия

$$\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{PV2}} + \frac{1}{R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_{PV1}} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}}} = \frac{1}{R_n} \quad (13)$$

### 1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Подключают ОУ к измерительной установке.

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

1.3.3. От источника  $G1$  подают переменное напряжение  $U_1$  с частотой  $f_0$ .

1.3.4. Измеряют напряжение  $U_{c,0}$  в суммирующей точке с измерителем  $PV1$  и напряжение  $U_{вых,0}$  на выходе ОУ измерителем  $PV2$ .

1.3.5. Увеличивают частоту переменного напряжения источника  $G1$  до такого значения частоты  $f$ , на которой выполняется условие

$$\frac{U_{вых, f}}{U_{c, f}} = 0,707 \frac{U_{вых, 0}}{U_{c, 0}} \quad (14)$$

Регистрируют частоту переменного напряжения, равную частоте среза  $f_{срз}$  проверяемого ОУ.

### 1.4. Показатели точности измерений

1.4.1. Показатели точности измерения частоты среза должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов с доверительной вероятностью 0,95.

Границы интервала, в котором находится погрешность измерения, определяют по формулам приложения 2.

## 2. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ЕДИНИЧНОГО УСИЛЕНИЯ НА ФИКСИРОВАННОЙ ЧАСТОТЕ

### 2.1. Принцип, условия и режим измерений

2.1.1. Метод основан на измерении коэффициента усиления проверяемого ОУ на фиксированной частоте  $f_0$  и дальнейшем вычислении частоты единичного усиления.

2.1.2. Значение частоты  $f_0$  должно находиться в пределах линейного участка спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) проверяемого ОУ и должно выбираться из ряда  $10^n$  кГц, где  $n=0, 1, 2, 3, \dots$

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

2.1.4. Метод необходимо применять для ОУ, имеющих спад АЧХ в области высоких частот, равный 20 дБ/дек.

2.1.5. Для ОУ, у которых спад амплитудно-частотной характеристики в области высоких частот отличен от 20 дБ/дек, рекомендуется применять метод измерения частоты единичного усиления с плавным изменением частоты входного сигнала по рекомендуемому приложению 3.

## 2.2. Аппаратура

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

2.2.2. Сопrotивления резисторов  $R1-R7$  должны удовлетворять требованиям пп. 1.2.2—1.2.6.

2.2.3. Источник переменного напряжения  $G1$  должен обеспечивать установление и поддержание на время измерения переменного напряжения синусоидальной формы  $U_1$ , установленного в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 3\%$ .

Частоту переменного напряжения  $f_0$  выбирают по п. 2.1.2.

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

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

2.2.4. Источники постоянного напряжения  $G2$  и  $G3$  должны удовлетворять требованиям п. 1.2.8.

2.2.5. Емкости конденсаторов  $C1-C3$  должны удовлетворять требованиям пп. 1.2.9—1.2.11.

2.2.6. Измеритель переменного напряжения  $PV1$  должен обеспечивать измерение напряжения  $U_c$  в суммирующей точке  $c$  с погрешностью в пределах  $\pm 2\%$  на частоте  $f_0$ .

2.2.7. Измеритель переменного напряжения  $PV2$  должен обеспечивать измерение напряжения  $U_{вых}$  на выходе проверяемого ОУ с погрешностью в пределах  $\pm 2\%$  на частоте  $f_0$ .

## 2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Подключают ОУ к измерительной установке.

2.3.2. На ОУ подают напряжение питания от источника  $G2$  и  $G3$ .

2.3.3. От источника  $G1$  подают переменное напряжение с частотой  $f_0$ .

2.3.4. Измеряют напряжение  $U_c$  в суммирующей точке  $c$  измерителем  $PV1$ .

2.3.5. Измеряют напряжение  $U_{вых}$  на выходе проверяемого ОУ измерителем  $PV2$ .

## 2.4. Обработка результатов измерений

2.4.1. Частоту единичного усиления ОУ  $f_1$  определяют по формуле

$$f_1 = \frac{R_2 + R_3}{R_3} \cdot \frac{U_{\text{вых}}}{U_c} \cdot f_0. \quad (15)$$

## 2.5. Показатели точности измерений

2.5.1. Показатели точности измерения частоты единичного усиления проверяемого ОУ должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов с доверительной вероятностью 0,95.

Границы интервала, в котором находится погрешность измерения, определяют по формулам рекомендуемого приложения 2.

---

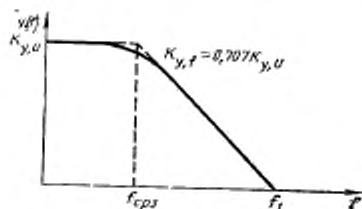


**РАСЧЕТ ЗНАЧЕНИЯ ЧАСТОТЫ СРЕЗА И ЧАСТОТЫ ЕДИНИЧНОГО  
УСИЛЕНИЯ ОУ ПО ИЗВЕСТНОМУ ЗНАЧЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА  
УСИЛЕНИЯ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ**

Для ОУ, имеющих однополюсную АЧХ со спадом 20 дБ/дек, частота среза может быть определена по известному значению коэффициента усиления на постоянном токе  $K_{y,0}$  и частоты единичного усиления  $f_1$  по формуле

$$f_{\text{срз}} = \frac{f_1}{K_{y,0}}$$

Коэффициент усиления на постоянном токе  $K_{y,0}$  может быть определен по ГОСТ 23089.1—83, а частота единичного усиления  $f_1$  — по методу 2 или рекомендуемому приложению 3 настоящего стандарта



**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
Рекомендуемое

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ  
ЕДИНИЧНОГО УСИЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ СРЕЗА**

**1. Составляющие погрешности измерения**

1.1. Погрешность  $\delta_1$ , вызванную погрешностью установления и поддержания частоты переменного напряжения источника  $GI$ , определяют по формуле

$$\delta_1 = \delta f_{GI}, \quad (1)$$

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

1.2. Погрешность  $\delta_2$ , вызванную неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ, для методов 2 и метода приложения 3 определяют по формуле

$$\delta_2 = \frac{\Delta f_{1,1}}{f_{1,\min}}, \quad (2)$$

где  $\Delta f_{1,1}$  — значение изменения частоты единичного усиления, вызванное неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ;  $f_{1,\min}$  — минимальное значение частоты единичного усиления проверяемого ОУ.

1.3. Погрешность  $\delta_3$ , вызванную неточностью установления и поддержания напряжения питания, для метода 1 определяют по формуле

$$\delta_3 = \frac{\Delta f_{\text{срз}, 1}}{f_{\text{срз}, \min}}, \quad (3)$$

где  $\Delta f_{\text{срз}, 1}$  — значение изменения частоты среза, вызванное неточностью установления и поддержания напряжения питания ОУ;  $f_{\text{срз}, \min}$  — минимальное значение частоты среза проверяемого ОУ.

1.4. Погрешность  $\delta_4$ , вызванную конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, v, oc}$  схемы включения ОУ, для методов 2 и метода приложения 3 определяют по формуле

$$\delta_4 = \frac{\Delta f_{1,2}}{f_{1,\min}}, \quad (4)$$

где  $\Delta f_{1,2}$  — значение изменения частоты единичного усиления, вызванное конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, v, oc}$  схемы включения ОУ.

1.5. Погрешность  $\delta_5$ , вызванную конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, v, oc}$  схемы включения ОУ, для метода 1 определяют по формуле

$$\delta_5 = \frac{\Delta f_{\text{срз}, 2}}{f_{\text{срз}, \min}}, \quad (5)$$

где  $\Delta f_{\text{срз}, 2}$  — значение изменения частоты среза, вызванное конечным значением коэффициента усиления  $K_{y, v, oc}$  схемы включения ОУ.

1.6. Погрешность  $\delta_6$ , вызванную отклонением сопротивления нагрузки  $R_n$  проверяемого ОУ, для метода 2 определяют по формуле

$$\delta_6 = \frac{\Delta f_{1,3}}{f_{1, \min}}, \quad (6)$$

где  $\Delta f_{1,3}$  — значение изменения частоты единичного усиления, вызванного отклонением сопротивления нагрузки проверяемого ОУ.

1.7. Погрешность  $\delta_7$ , вызванную отклонением сопротивления нагрузки  $R_n$  проверяемого ОУ, для метода 1 определяют по формуле

$$\delta_7 = \frac{\Delta f_{\text{срз}, 3}}{f_{\text{срз}, \min}}, \quad (7)$$

где  $\Delta f_{\text{срз}, 3}$  — значение изменения частоты среза, вызванное отклонением сопротивления нагрузки проверяемого ОУ.

1.8. Погрешность  $\delta_8$ , вызванную отклонением емкости нагрузки  $C_n$  проверяемого ОУ, для метода 2 и метода приложения 3 определяют по формуле

$$\delta_8 = \frac{\Delta f_{1,4}}{\Delta f_{1, \min}}, \quad (8)$$

где  $\Delta f_{1,4}$  — значение изменения частоты единичного усиления, вызванное отклонением емкости нагрузки проверяемого ОУ.

1.9. Погрешность  $\delta_9$ , вызванную отклонением емкости нагрузки  $C_n$  проверяемого ОУ, для метода 1 определяют по формуле

$$\delta_9 = \frac{\Delta f_{\text{срз}, 4}}{f_{\text{срз}, \min}}, \quad (9)$$

где  $\Delta f_{\text{срз}, 4}$  — значение изменения частоты среза, вызванное отклонением емкости нагрузки проверяемого ОУ.

1.10. Погрешность  $\delta_{10}$ , вызванную шумовыми параметрами проверяемого ОУ, определяют экспериментально статистической обработкой результатов измерений конкретных типов ОУ.

1.11. Погрешность  $\delta_{11}$ , вызванную погрешностью измерителя  $PV1$ , определяют по формуле

$$\delta_{11} = \delta_{PV1}, \quad (10)$$

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

1.12. Погрешность  $\delta_{12}$ , вызванную погрешностью измерителя  $PV2$ , определяют по формуле

$$\delta_{12} = \delta_{PV2}, \quad (11)$$

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

## 2. Погрешность измерения

2.1. Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения частоты единичного усиления ОУ по методу 2 и методу приложения 3, определяют по формуле

$$\delta_{\pm 2} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_4}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_6}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_8}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{10}}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{11}}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{12}}{K_1}\right)^2}, \quad (12)$$

где  $K_{\Sigma}$  — коэффициент, зависящий от закона распределения погрешности измерения и установленной вероятности  $P_{\Sigma}$ .  $K_{\Sigma} = 1,96$  для нормального закона распределения и  $P_{\Sigma} = 0,95$ ;  $K_1, K_2$  — коэффициенты, зависящие от законов распределений частных погрешностей. Для частной погрешности с нормальным законом распределения  $K_1 = 1,96$ . Для частной погрешности с равномерным законом распределения  $K_2 = 1,65$ .

2.2. Интервал, в котором с установленной вероятностью находится погрешность измерения частоты среза ОУ по методу 1, определяют по формуле

$$\delta_{\pm 1} = \pm K_{\Sigma} \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_3}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_7}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_9}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{10}}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{11}}{K_1}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{12}}{K_1}\right)^2}. \quad (13)$$

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ ЕДИНИЧНОГО УСИЛЕНИЯ С ПЛАВНЫМ  
ИЗМЕРЕНИЕМ ЧАСТОТЫ ВХОДНОГО СИГНАЛА

## 1. Принцип, условия и режим измерений

1.1. Метод основан на определении частоты, на которой коэффициент усиления ( $K_{\nu}$ ,  $\nu$ ) ОУ равен единице.

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

## 2. Аппаратура

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

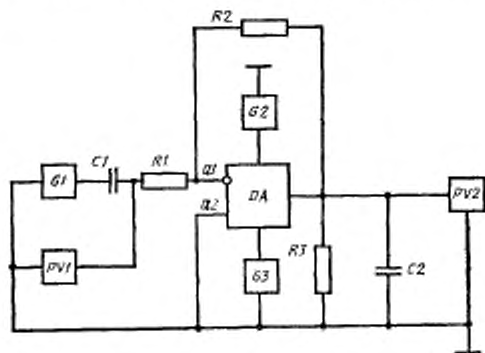
2.2. Источник переменного напряжения  $G1$  должен обеспечивать установление и поддержание на время изменения переменного напряжения синусоидальной формы  $U_1$ , установленного в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$ .

Частота переменного напряжения источника  $G1$  должна находиться в диапазоне

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

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

где  $f_{\text{н}}$  — нижний предел измерения частоты единичного усиления на установке;  $f_{\text{в}}$  — верхний предел измерения частоты единичного усиления на установке;  $f_{1 \text{ min}}$  — минимальная частота единичного усиления проверяемого ОУ;  $f_{1 \text{ max}}$  — максимальная частота единичного усиления проверяемого ОУ.



DA — проверяемый ОУ;  $G1$  — источник переменного напряжения;  $G2$ ,  $G1$  — источники постоянного напряжения;  $PV1$ ,  $PV2$  — измерители переменного напряжения;  $R1$ ,  $R2$  — резисторы делителя напряжения;  $R3$  — резистор нагрузки проверяемого ОУ;  $C1$  — разделительный конденсатор;  $C2$  — конденсатор нагрузки проверяемого ОУ;  $a1$  — инвертирующий вход;  $a2$  — неинвертирующий вход.

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

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

2.3. Источники постоянного напряжения  $G2$  и  $G3$  должны удовлетворять требованиям п. 1.2.8 настоящего стандарта.

2.4. Сопротивление резистора  $R_1$  выбирают из условия

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{PV1}} \leq \frac{1}{R_{G1}}, \quad (3)$$

где  $R_{PV1}$  — входное сопротивление измерителя  $PV1$ ;  $R_{G1}$  — минимальное допустимое сопротивление нагрузки источника переменного напряжения  $G1$ .

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

2.5. Сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  выбирают из условий:

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

$$\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{2}{R_{PV2}} \leq \frac{1}{R_n}, \quad (5)$$

где  $U_{\text{см, max}}$  — максимальное абсолютное значение напряжения (ЭДС) смещения нуля ОУ;  $U_{\text{вых, max}}$  — максимальное абсолютное значение выходного напряжения ОУ;  $R_{PV2}$  — входное сопротивление измерителя  $PV2$ ;  $R_n$  — сопротивление нагрузки, установленное в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

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

2.6. Емкость конденсатора  $C_1$  выбирают из условия

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

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

2.7. Емкость конденсатора  $C_2$  выбирают из условия

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

где  $C_n$  — емкость нагрузки, установленная в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов;  $C_n$  — паразитная емкость монтажа выходной цепи проверяемого ОУ;  $C_{PV2}$  — входная емкость измерителя  $PV2$ .

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

2.8. Измеритель переменного напряжения  $PV1$  должен обеспечивать измерение напряжения  $U_1$  на выходе источника  $G1$  с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_n$  до  $f_x$ .

2.9. Измеритель переменного напряжения  $PV2$  должен обеспечивать измерение напряжения  $U_2$  на выходе проверяемого ОУ с погрешностью в пределах  $\pm 4\%$  в диапазоне частот от  $f_n$  до  $f_x$ .

### 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  $U_1$  с частотой, равной  $f_n$ .

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

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

$$U_1 = U_2.$$

Регистрируют частоту входного переменного напряжения, равную частоте единичного усиления  $f_1$  проверяемого ОУ.

#### 4. Показатели точности измерений

4.1. Показатели точности измерения частоты единичного усиления проверяемого ОУ должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов с доверительной вероятностью 0,95.

Границы интервала, в котором находится погрешность измерения, определяют по формулам рекомендуемого приложения 2.

---

Редактор *В. П. Огурцов*  
Технический редактор *М. И. Максимова*  
Корректор *В. С. Черная*

Сдано в наб. 27.09.86 Подл. в печ. 25.11.86 1,0 усл. в. л. 1,0 усл. кр.-отт. 0,81 уч.-изд. л.  
Тир. 20 000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3  
Тип. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 2838