УДК 621.3.049.77.083:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

# МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ

## Метод измерения максимальной скорости и времени нарастания выходного напряжения операционных усилителей

Integrated circuits. Method of measuring the operational amplifiers output voltage maximum build-up rate and time

ГОСТ 23089.10—83

ОКП 62 3100

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 9 сентября 1983 г. № 4165 срок действия установлен

с 01.01.84

Проверен в 1988 г. Постановлением Госстандарта СССР от 28.06.88 № 2431 срок действия продлен

до 01.01.94

Настоящий стандарт распространяется на операционные усилители (ОУ) и устанавливает метод измерения максимальной скорости $v_{U_{вых}}$ и времени нарастания выходного напряжения $t_{нар}$.

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

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3411—81 в части метода измерения максимальной скорости и времени нарастания выходного напряжения (см. справочное приложение 1).

## 1. ПРИНЦИП И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ

1.1. Метод основан на определении отношения разности напряжений между уровнями 0,1 $U_{вых}$ и 0,9 $U_{вых}$ ко времени нарастания выходного напряжения ОУ.

1.2. Измерение $t_{нар}$ проводят на фронте выходного импульса ОУ при подаче на вход как положительного, так и отрицательного прямоугольного импульса при инвертирующем или неинвертирующем включении ОУ.

Издание официальное

★

*Переиздание. Декабрь 1991 г.*

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



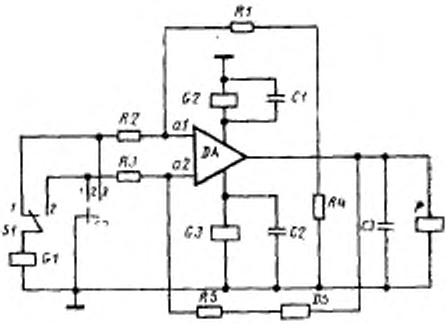
gost.e-ecolog.ru

1.3. Коэффициент усиления ОУ, включенного в схему с отрицательной обратной связью, $K_{у.ос}$, при котором измеряют $\upsilon_{U_{вых}}$ и $t_{нар}$, должен быть в пределах 1—10 и указан в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

1.4. Электрический режим (напряжения питания — $U_п$, сопротивление и емкость нагрузки — $R_н$ и $C_н$) и условия измерения должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

## 2. АППАРАТУРА

2.1. Электрическая структурная схема измерительной установки приведена на чертеже.




*DA* — проверяемый ОУ; *G1* — генератор прямоугольных импульсов; *G2* и *G3* — источники постоянного напряжения; *P* — измеритель; *DS* — устройство выборки и хранения; *R1*, *R2*, *R3*, *R5* — резисторы делителей напряжения; *R4* — резистор нагрузка ОУ; *C1* и *C2* — шунтирующие конденсаторы; *C3* — конденсатор нагрузки ОУ; *S1* и *S2* — устройства коммутации; *a1* — инвертирующий вход; *a2* — неинвертирующий вход. Элементы цепей коррекции не указаны

2.2. Генератор *G1* должен обеспечить установку и поддержание следующих параметров прямоугольных положительных и отрицательных импульсов.

2.2.1. Амплитуда импульсов должна обеспечивать получение на выходе ОУ максимальных выходных напряжений $U^{+}_{вых.\,max}$ и $U^{-}_{вых.\,max}$ установленных в стандартах или технических условиях на ОУ, при этом ОУ должен работать в линейном режиме.

Погрешность установки амплитуды импульсов должна быть в пределах $\pm 5$ %.

2.2.2. Длительность фронта $\tau_1$ должна удовлетворять условию

$$\tau_1 \leqslant \frac{t_{нар}}{3}. \quad (1)$$

2.2.3. Длительность импульсов $\tau_2$ должна удовлетворять условию

$$\tau_2 \geqslant 5t_{нар}. \quad (2)$$

2.2.4. Выбросы на импульсах должны быть в пределах ±5 % амплитуды импульсов.

2.2.5. Частота следования импульсов $f$ должна удовлетворять условию

$$f \leqslant \frac{1}{2\tau_2}. \quad (3)$$

2.2.6. Значения перечисленных параметров генератора должны быть указаны в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

2.3. Источники постоянного напряжения *G2* и *G3* должны обеспечивать установку и поддержание напряжений питания, установленных в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, с погрешностью в пределах ± 2 %.

2.4. Измеритель *P* должен обеспечивать измерение времени нарастания $t_{нар}$ положительного и отрицательного выходных напряжений ОУ между заданными уровнями 0,1 $U_{вых}$ и 0,9 $U_{вых}$ с погрешностями по напряжению $\delta_U$ и по времени $\delta_t$ в пределах ±5 % с доверительной вероятностью 0,997.

2.5. Устройство выборки и хранения *DS* и резистор *R5* должны обеспечивать балансировку ОУ с погрешностью, указанной в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

Устройство *DS* и резистор *R5* исключают из электрической структурной схемы измерительной установки, если напряжение смещения нуля $U_{см}$ на входе ОУ составляет 0,1 % выходного напряжения ОУ

$$U_{см} \cdot K_{у.U.ос} \leqslant 1\ \%\ U_{вых}. \quad (4)$$

2.6. Сопротивления резисторов *R1*, *R2* и *R3* при инверсном включении ОУ должны быть выбраны из следующих условий.

2.6.1. Для сопротивления резистора *R2*

$$R_2 > 10R_{вых.G1}, \quad (5)$$

где $R_{вых.\,G1}$ – выходное сопротивление генератора *G1*.

При этом сопротивление резистора *R2* следует выбирать так, чтобы постоянная времени входной цепи ОУ $\tau_{вх}$ была на порядок меньше времени нарастания ОУ:

$$\tau_{вх} < 0{,}1 t_{нар}, \quad (6)$$

$$\tau_{вх} = \frac{R_2}{2} \cdot C_{вх}, \quad (7)$$

$$C_{вх} = C_{вх.DA} + C_{п1}, \quad (8)$$

где $C_{вх.DA}$ — входная емкость проверяемого ОУ;

$C_{п1}$ — паразитная емкость монтажа входной цепи ОУ.

2.6.2. Для сопротивления резистора *R1*:

$$R_1 = K_{у.U.ос}(R_2 + R_{вых.G1}). \quad (9)$$

2.6.3. Для сопротивления резистора *R3*:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_{вых.G1})}{R_1 + (R_2 + R_{вых.G1})}. \quad (10)$$

2.7. Сопротивления резисторов *R1*, *R2*, *R3* и *R4* при неинверсном включении ОУ с коэффициентом $K_{у.U.ос} > 1$ должны быть выбраны из следующих условий.

2.7.1. Для сопротивления резистора *R3*:

$$R_3 > 10 R_{вых.G1}. \quad (11)$$

При этом сопротивление резистора *R3* следует выбирать так, чтобы постоянная времени входной цепи ОУ $\tau_{вх}$ была на порядок меньше времени нарастания ОУ [см. формулу (6)],

$$\tau_{вх} = R_3 \cdot C_{вх}. \quad (12)$$

2.7.2. Для сопротивлений резисторов *R1*, *R2*, *R4*:

$$R_2 = \frac{R_1}{K_{у.U.ос} - 1}; \quad (13)$$

$$R_2 + R_{вых.G1} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \quad (14)$$

где $R_{вх.DS}$ — входное сопротивление устройства выборки и хранения *DS*.

Сопротивление нагрузки $R_н$ равно сопротивлению параллельного соединения резисторов *R1*, *R4*, $R_{вх.P}$, $R_{вх.DS}$, где $R_{вх.P}$ — входное сопротивление измерителя *P*.

2.8. Сопротивления резисторов *R1* и *R3* при неинверсном включении ОУ с коэффициентом $K_{у.U.ос} = 1$ должны быть равны нулю, а резисторы *R2*, *R5* и устройство выборки и хранения *DS* исключены.

Сопротивление резистора *R4* следует выбирать из условия

$$\frac{R_4 \cdot R_{вх.P}}{R_4 + R_{вх.P}} = R_н. \quad (15)$$

2.9. Сопротивления резисторов *R1*—*R4* должны быть указаны в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

Допустимые отклонения сопротивлений резисторов *R1—R4* должны быть в пределах ±0,5 %.

2.10. Сопротивление резистора *R5* следует выбирать из условия

$$R_5 > 100R_3. \quad (16)$$

2.11. Емкости конденсаторов *C1* и *C2* должны обеспечивать на питающих выводах ОУ пульсацию напряжений не более значений, указанных в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов, во всей полосе пропускания ОУ.

2.12. Емкость конденсатора *C3* следует выбирать из условия

$$C_3 = C_н - C_{вн2} - C_{вх.P} - C_{вх.DS}, \quad (17)$$

где $C_{вн2}$ — паразитная емкость монтажа выходной цепи ОУ;

$C_{вх.P}$ — входная емкость измерителя *P* с учетом емкости соединительного кабеля;

$C_{вх.DS}$ — входная емкость устройства выборки и хранения *DS*.

Допустимое отклонение емкости конденсатора *C3* должно быть в пределах ±2 %.

2.13. Значения сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов цепей фазо-частотной коррекции ОУ должны быть указаны в стандартах или технических условиях на ОУ конкретных типов.

## 3. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Подключают ОУ к измерительной установке.

3.1.1. Устанавливают переключатели *S1* и *S2* в положение *1* для измерения $v_{U_{вых}}$ и $t_{нар}$ при инверсном включении ОУ.

3.1.2. Переводят переключатели *S1* и *S2* в положение *2* для измерения $v_{U_{вых}}$ и $t_{нар}$ при неинверсном включении ОУ с коэффициентом $K_{у.U.oc} > 1$.

3.1.3. Переводят переключатель *S1* в положение *2*, а *S2* — в положение *3* для измерения $v_{U_{вых}}$ и $t_{нар}$ при неинверсном включении ОУ с коэффициентом $K_{у.U.oc} = 1$.

3.2. Подают на ОУ напряжения питания от источников *G2* и *G3*.

3.3. Включают устройство выборки и хранения *DS* в режим выборки и компенсируют напряжение смещения ОУ, при этом амплитуда импульса генератора *G1* должна быть равна нулю.

3.4. Переводят устройство *DS* в режим хранения.

3.5. Подают от генератора *G1* входные импульсы.

3.6. Измеряют измерителем *P* время нарастания $t_{нар}$ выходного напряжения ОУ между уровнями отсчета 0,1 $U_{вых}$ и 0,9 $U_{вых}$.

## 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

4.1. Максимальную скорость нарастания выходного напряжения ОУ определяют по формуле

$$v_{U_{вых}} = \frac{|0{,}9U_{вых} - 0{,}1U_{вых}|}{t_{нар}} . \quad (18)$$

## 5. ПОКАЗАТЕЛИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Погрешность измерения максимальной скорости нарастания выходного напряжения ОУ должна быть в пределах ±10 % с доверительной вероятностью 0,997.

5.2. Определение показателей точности измерения приведено в приложении 2.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Справочное*

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О СООТВЕТСТВИИ ГОСТ 23089.10—83 СТ СЭВ 3411—81

ГОСТ 23089.10—83 соответствует п. 17 СТ СЭВ 3411—81.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Рекомендуемое*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ОУ

1. Составляющие суммарной погрешности измерения

1.1. Относительную инструментальную погрешность $\delta_P$ измерителя $P$ определяют по формуле

$$\delta_P = \pm \sqrt{\delta_U^2 + \delta_t^2} , \quad (1)$$

где $\delta_U$ — относительная погрешность, вызванная погрешностью формирования временно́го интервала по заданным уровням $0{,}1U_{вых}$ и $0{,}9U_{вых}$;

$\delta_t$ — относительная погрешность, вызванная погрешностью измерения временно́го интервала $t_{нар}$.

Значения $\delta_U$ и $\delta_t$ указаны в п. 2.4 настоящего стандарта.

1.2. Относительная методическая погрешность $\delta_{мет}$ состоит из следующих составляющих.

1.2.1. Погрешность $\delta_1$, вызванная влиянием длительности фронта $\tau_1$ входного импульса.

1.2.2. Погрешность $\delta_2$, вызванная влиянием напряжения смещения нуля $U_{см}$, приведенного к выходу проверяемого ОУ.

1.2.3. Погрешность $\delta_3$, вызванная неточностью установки и поддержания напряжения питания $U_п$ проверяемого ОУ.

1.2.4. Погрешность $\delta_4$, вызванная конечным значением коэффициента усиления $K_{у. U_{ос}}$ схемы включения ОУ.

1.2.5. Погрешность $\delta_5$, вызванная отклонением емкости нагрузки $C_н$ проверяемого ОУ.

1.2.6. Погрешность $\delta_6$, вызванная отклонением элементов фазо-частотной коррекции ОУ.

1.2.7. Составляющую погрешности $\delta_i$ ($i=1, 2, \ldots, 6$) определяют по формуле

$$\delta_i = \frac{\Delta v_{U_{вых.i}}}{v_{U_{вых.min}}}, \qquad (2)$$

где $\Delta v_{U_{вых.i}}$ — абсолютное значение изменения максимальной скорости нарастания выходного напряжения ОУ, вызванное отклонением соответствующего параметра по пп. 1.2.1—1.2.6;

$v_{U_{вых.min}}$ — минимальное значение максимальной скорости нарастания выходного напряжения проверяемого ОУ.

1.3. Суммарную методическую погрешность $\delta_{мет}$ определяют по формуле

$$\delta_{мет} = \pm \sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2+\delta_3^2+\delta_4^2+\delta_5^2+\delta_6^2}. \qquad (3)$$

2. Суммарная погрешность измерения

2.1. Суммарную погрешность измерения максимальной скорости нарастания выходного напряжения ОУ определяют по формуле

$$\delta_\Sigma = \pm \sqrt{\delta_P^2+\delta_{мет}^2}. \qquad (4)$$

gost.e-ecolog.ru