

# МЕТРОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

---

Лекция 11. Особенности определения инструментальной составляющей погрешности измерений по нормируемым метрологическим характеристикам средств измерений

# Особенности определения инструментальной составляющей погрешности измерений по нормируемым метрологическим характеристикам средств измерений

В зависимости от решаемой измерительной задачи, экономической целесообразности и имеющейся исходной информации для расчета характеристик погрешности СИ рекомендуется использовать один из двух методов определения инструментальной составляющей погрешности  $\Delta_m$ .

1. При наличии существенной случайной составляющей основной погрешности осуществляется статистическое объединение всех составляющих погрешности СИ

$$\Delta_{m1} = \Delta_{OS} * \overset{\circ}{\Delta}_0 * \overset{\circ}{\Delta}_{0H} * \sum_{i=1}^I \Delta_{ci} * \Delta_{дин}$$

где  $\Delta_{OS}$  – систематическая составляющая основной погрешности;  $\overset{\circ}{\Delta}_0$  – случайная составляющая основной погрешности;  $\overset{\circ}{\Delta}_{0H}$  – случайная составляющая основной погрешности, обусловленная гистерезисом;  $\sum_{i=1}^I \Delta_{ci}$  – объединение дополнительных погрешностей, обусловленных действием влияющих величин;  $\Delta_{дин}$  – динамическая погрешность СИ;  $I$  – число учитываемых дополнительных погрешностей; \* – знак статистического объединения. В качестве исходных данных для расчета погрешности СИ данным методом используют следующие три группы характеристик

- нормированные метрологические характеристики СИ;
- характеристики влияющих величин;
- характеристики входного сигнала.

# Особенности определения инструментальной составляющей погрешности измерений по нормируемым метрологическим характеристикам средств измерений

2. При наличии несущественной случайной составляющей осуществляется расчет наибольших возможных значений погрешности СИ ( $\Delta_{m2}$ ) и не предполагает статистического объединения составляющих погрешностей. Инструментальная погрешность определяется как арифметическая сумма наибольших возможных значений ее составляющих. Такой подход позволяет определить доверительный интервал, в котором искомая инструментальная погрешность находится с вероятностью равной единице.

Второй метод рекомендуется использовать при наиболее ответственных измерениях, т.е. когда снижение требований к точности может привести к угрозе здоровью и жизни людей или к серьезным отрицательным экономическим или техническим последствиям.

В качестве исходных данных используются те же три группы характеристик, что и в первом методе, однако для расчета используются в основном предельные и граничные значения характеристик, т.е. те, которые обеспечивают расчет результирующей инструментальной погрешности с вероятностью равной единице.

Конкретные алгоритмы расчета и используемые расчетные формулы в обоих методах определяют в зависимости от известных исходных данных для расчета, условий и метода измерения.

# Определение инструментальной составляющей погрешности по классу точности средств измерений

Для большого количества СИ, находящихся в эксплуатации, погрешность определяется по классу точности в соответствии с ГОСТ 8.401-80. Информация о пределе допускаемой основной погрешности конкретного СИ заложена в условных обозначениях его класса точности или приводится в нормативно-технической документации.

Если для СИ нормируется предел допускаемой основной абсолютной погрешности по формулам

$$\Delta_n = \pm a$$

если погрешность имеет аддитивный характер, или по формуле

$$\Delta_n = \pm(a + bx)$$

то класс точности обозначается буквами латинского алфавита или римскими цифрами, например, M, C, L,... или I, II,...

Примером измерительного прибора с классом точности, выражаемым с помощью букв латинского алфавита, может служить измеритель фазового сдвига.

Для СИ, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительных погрешностей по формуле

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{x} \cdot 100 = \pm q,$$

классы точности обозначают числами в кружках, которые численно равны пределу относительной погрешности  $\delta_n$  в процентах, а если используется формула

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{x} = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$$

то классы точности обозначают числами c и d, разделяя их косой чертой.

# Определение инструментальной составляющей погрешности по классу точности средств измерений

Классы точности СИ, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности

$$\gamma_n = \left( \frac{\Delta_n}{x_n} \right) \cdot 100 = \pm p$$

обозначают арабскими цифрами или арабскими цифрами с добавлением какого-либо условного знака.

Значения указанных чисел равны пределу допускаемой приведенной погрешности, выраженной в процентах. Если, например, арабская цифра заключена в уголок, то в формуле  $x_n$  определяется длиной шкалы или ее частью, соответствующей диапазону измерений.

Для электроизмерительных приборов установлены девять классов точности: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, а для вспомогательных устройств (шунтов, добавочных резисторов и др.) – семь классов точности: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0.

При одной и той же величине допускаемой абсолютной погрешности  $\Delta_n$  получим следующее соотношение между приведенной и относительной погрешностями:

$$\delta = \frac{x_n}{x} \gamma$$

# Правила и обозначения классов точности

Обозначение класса точности	Форма выражения предела допускаемой погрешности		
	Абсолютная ( $\Delta_n$ ) единица измерения физической величины	Относительная ( $\delta_n$ ) %	Относительная ( $\gamma_n$ ) %
M C	$\Delta_n = \pm a$ $\Delta_n = \pm(a + bx)$ $a, b$ – положительные числа	Значение предела указывается в нормативно-технической документации на данный тип СИ	
q	1,0		
c/d 0.02/0.01		– верхний предел измерений	
P 1.5			– в единицах измеряемой величины
P 1.5			– определяется длиной шкалы

# Определение инструментальной составляющей погрешности по классу точности средств измерений

Пример. Вольтметр имеет равномерную шкалу от 0 до 100 В. Определить значение измеряемого напряжения, а также абсолютную, относительную и приведенные инструментальные погрешности измерения, если стрелка прибора установилась на отметке 50 В. Дополнительная погрешность отсутствует.

Задачу решить для классов точности, обозначенных следующими символами: 1,0; 1,0, 0,02/0,01.

а) Класс точности измерительных приборов, обозначаемых арабскими числами 1,0 соответствует пределу допускаемой приведенной погрешности, т.е.  $\gamma_n = \pm 1\%$ . По определению,

$$\gamma_n = \frac{\Delta_n}{x_n} \cdot 100\%, \text{ тогда } \Delta_n = \pm \frac{\gamma_n x_n}{100\%}.$$

При нулевой отметке на краю шкалы нормирующее значение  $x_n$  определяется верхним пределом измерения (100 В):

$$\Delta_n = \frac{1\% \cdot 100}{100\%}$$

По определению,

$$\delta_n = \frac{\Delta_n}{x} \cdot 100\% = \frac{\gamma_n x_n \cdot 100\%}{100\% \cdot x} = \frac{\gamma_n x_n}{x} = \pm 2\%$$

Значение измеряемого напряжения  $U_x = (50 \pm 1)$  В.

# Определение инструментальной составляющей погрешности по классу точности средств измерений

б) При обозначении класса точности цифрой в круге нормируется предел допускаемой относительной погрешности, т.е.  $\delta_n = 1\%$ .

$$\Delta_n = \frac{\delta_n x}{100} = \frac{1\% \cdot 50}{100\%} = \pm 0.5 \text{ В}$$

где  $x$  – значение измеренного вольтметром напряжения;

$$\gamma_n = \frac{\delta_n x}{x_n} = \frac{1\% \cdot 50}{100} = 0,5\%$$

$$U_x = (50 \pm 0,5) \text{ В.}$$

в) При обозначении класса точности 0,02/0,01

$$\delta_n = [c + d(|x_k|/|x| - 1)] = [0.02 + 0.01(100/50 - 1)] = 0.03\%$$

$$\Delta_n = \frac{\delta_n x}{100} = \frac{0.03 \cdot 50}{100} = \pm 0.015 \text{ В}$$

$$U_x = (50 \pm 0.015) \text{ В}$$