

Погрешности средств измерений

Для проведения измерений применяются специальные технические средства измерений, которые имеют нормализованные метрологические характеристики. Все средства измерений характеризуются абсолютной, относительной и приведенной погрешностью.

Абсолютная погрешность измерительного прибора – это разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины.

$$\pm \Delta = X - X_d$$

где X – показание прибора

X_d – действительное значение измеряемой величины.

Абсолютная погрешность может быть положительной и отрицательной и имеет размерность единицы измерения данной величины.

Относительная погрешность измерительного прибора – это отношение абсолютной погрешности прибора к действительному значению измеряемой величины.

$$\delta = (\Delta / X_d) \text{ или } \delta = (\Delta / X_d) \cdot 100\%$$

Приведенная погрешность измерительного прибора – это отношение абсолютной погрешности прибора к нормирующему значению, выраженное в процентах.

$$\Delta_{пр} = (\Delta / X_N) \cdot 100\%$$

За нормирующее значение может приниматься верхний предел измерения, диапазон измерения или длина шкалы. Обычно, X_N равен диапазону измерений, например,

*Для прибора: со шкалой (0 – 100 кПа) $X_N = 100 - 0 = 100$ кПа

со шкалой (-20 +20 кПа) $X_N = 20 - (- 20) = 40$ кПа

со шкалой (20 – 100 кПа) $X_N = 100 - 20 = 80$ кПа

Погрешность средств измерений зависит от условий проведения измерений. Различают основную и дополнительную погрешность средств измерений. **Основная** – погрешность средств измерения, работающего при нормальных условиях, которые указаны в нормативных документах на данное средство измерения (в паспорте или инструкции по эксплуатации). Если средство измерения работает в условиях, отличных от условий завода- изготовителя для данного средства, то возникает **дополнительная** погрешность.

Класс точности средств измерений

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средств измерений является сложной и трудоемкой процедурой. Поэтому для сравнения точности измерения различных средств измерений, применяемых на практике, введено понятие класс точности.

Класс точности – это обобщенная метрологическая характеристика средства измерения, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей. Предел допускаемой погрешности средства измерений – наибольшая без учета знака погрешность средства измерений, при которой оно может быть признано и допущено к применению.

Класс точности обозначается числом, соответствующим нормированной основной погрешности средства измерения. Класс точности устанавливают при выпуске прибора, путем градуировки его по образцовому прибору в нормальных условиях. При этом показания образцового прибора принимают за действительное значение измеряемой величины. Численное значение класса точности или предела допускаемых погрешностей указывают в технической инструкции на средство измерения и наносят на отсчетное устройство прибора около его шкалы или корпуса преобразователей.

Класс точности может быть выражен тремя способами:

- в форме абсолютной погрешности, обозначается прописными латинскими буквами (А, L, М) или римскими цифрами I, II, IV. Чем меньше число или ближе буква к началу алфавита, тем меньше предел погрешностей и выше точность. Например, стеклянные термометры выпускают классов точности I и II, у преобразователей сопротивления существует четыре класса допуска: АА, А, В, С;

2) в форме относительной погрешности – число в кружке или в виде дроби, например – 0,02/0,01 или

3) в форме приведенной погрешности (наиболее распространен):
в виде числа 0,5, при этом значение X_N принимается равным пределу измерения;
в виде 0,5, но при значении X_N , равным длине шкалы или ее части (если шкала неравномерная).

Для нахождения класса точности проводят несколько измерений (на оцифрованных отметках шкалы прибора), определяют приведенные погрешности для каждого измерения и максимальное значение погрешности округляют в большую сторону до стандартного ряда чисел.

$$(1; 1.5; 2; 2.5; 4; 5; 6) \times 10^{-2, -1, 0, 1}$$

Метрологические характеристики средств измерений

Метрологическим называются характеристики свойств средств измерений, оказывающие влияние на результат измерения и его погрешности. Характеристики, устанавливаемые нормативными документами, называются нормируемыми, а определяемыми экспериментально – действительными. Согласно действующим стандартам предусмотрены следующие основные статические характеристики средств измерений:

- диапазон измерений (пределы измерений, диапазон показаний, шкала);
- градуировочная характеристика (номинальная статическая характеристика НСХ) измерительного преобразователя, может быть выражена в виде уравнения, таблицы или графически;
- цена деления равномерной шкалы прибора или многозначной меры, при неравномерной шкале — минимальная цена деления;
- выходной код, число разрядов кода, номинальная цена единицы наименьшего разряда цифровых СИ;
- класс точности средства измерений (основная погрешность, предел основной погрешности);
- вариация показаний прибора или выходного сигнала преобразователя.

Вариация показаний прибора – разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при прямом и обратном ходе (когда измерения проводят постепенно увеличивая численные значения измеряемой величины, а затем – уменьшая их в обратном порядке). Вариация возникает из-за трения в опорах подвижных частей прибора, из – за гистерезисных характеристик пружин и других упругих элементов. Наибольшее значение вариации показаний не должно превышать значения, указанного в нормативных документах на данное средство измерения;

- дополнительные погрешности;
- чувствительность прибора – отношение изменения сигнала на выходе прибора к изменению измеряемой величины (сигнала) на входе

$$S = \Delta Y / \Delta X$$

Из формулы следует, чем меньше изменение измеряемой величины, отмеченное прибором, тем выше его чувствительность, то есть чувствительность обратно пропорциональна цене деления шкалы. Порог чувствительности – наименьшее изменение измеряемой величины, способное вызвать заметное изменение показаний прибора.

Динамические характеристики

- быстродействие прибора (время установлений показаний) – промежуток времени между моментом подключения прибора или изменением измеряемой величины до момента, когда отклонение указателя от установившегося значения не превышает 1,5% шкалы (бывает 2,5; 4; 10 и более секунд);

- инерционность преобразователя – промежуток времени между изменением измеряемой величины и изменением выходного сигнала преобразователя.