

ПОГРЕШНОСТЬ средств измерений — отклонения метрологических свойств или параметров этих средств от номинальных, влияющие на *результаты измерений*, полученных данными средствами.

По способу выражения погрешности различают:

1. абсолютную погрешность, выражаемую в единицах измеряемой величины:

$$\Delta x = x_n - x_d;$$

2. относительную погрешность, выражаемую отношением абсолютной погрешности измерения к результату измерений или к действительному значению измеренной величины:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x_d} \text{ или } \delta = 100\% \frac{\Delta x}{x_d};$$

3. приведенную погрешность, представляющую собой относительную погрешность, выраженную в виде отношения к условно принятому значению величины (нормирующее значение), постоянному во всём или в части диапазона измерений:

$$\gamma x = 100\% \frac{\Delta x}{x_k},$$

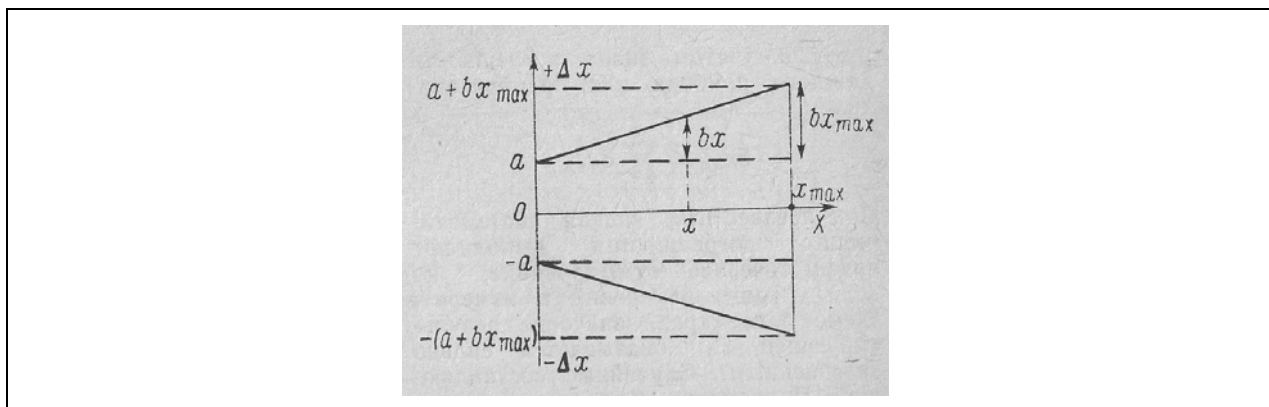
где: x_n – показания средства измерения;
 x_d – действительное значение измеряемой величины, определённое образцовым средством измерения, класс точности которого не ниже 1/3 – 1/5 числового значения класса точности средства измерений, показывающего значение x_n
 x_k – нормирующее значение

Нормирующее значение для средств измерений с нулевой отметкой на краю или вне шкалы равно конечному значению диапазона измерений, а для средств измерений с нулем посередине шкалы — арифметической сумме значений диапазона измерений.

Предельные значения абсолютной погрешности Δx_{\max} бывают как положительными, так и отрицательными, но одинаковыми по модулю. Их зависимость от измеряемой величины (см. рис.) описывается уравнением:

$$|\Delta x_{\max}| = |a| + |bx|,$$

где: a – предельное значение аддитивной, т.е. не зависящей от измеряемой величины, погрешности;
 bx – предельное значение мультипликативной, т.е. пропорциональной значению x , погрешности.



Зависимость абсолютной погрешности средств измерений от измеряемой величины.

Предельное значение относительной погрешности δx_{\max} связано с Δx_{\max} уравнением:

$$|\delta x_{\max}| = 100 |\Delta x_{\max}| / x = 100 [(|a|/x) + |b|]$$

Различают основную погрешность, которая появляется при использовании средств измерений в рабочем положении, при нормальной температуре окружающей среды, равной $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, а также при отсутствии внешних электрических и магнитных полей, и дополнительную погрешность, возникающую в результате отклонения одной или нескольких влияющих величин от нормального значения.

Каждое средство измерений имеет паспорт, в котором указывается максимальная погрешность, причем погрешность нового средства измерений не должна превышать 80 % этого значения.

На основании пределов основных и дополнительных погрешностей устанавливают *класс точности* средств измерений.

Если в измерительной схеме имеется несколько средств измерений (*преобразователей измерительных* и приборов), то при определении погрешности результата измерения аддитивные погрешности средств измерений суммируются, причем предварительно погрешности разделяют на систематические и случайные составляющие.

Систематическая погрешность средства измерений рассматривается как постоянная или закономерно изменяющаяся погрешность. Как правило, систематическая погрешность данного средства измерений может отличаться от аналогичной погрешности другого средства измерений этого же типа и поэтому может иногда рассматриваться как случайная погрешность.

Случайная погрешность средства измерения, как следует из названия, изменяется случайным образом.

Систематические погрешности остаются постоянными или изменяются закономерным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Они могут быть определены и устранены введением соответствующих поправок.

Случайные погрешности возникают от влияния на результат измерения причин случайного характера и поэтому не могут быть исключены опытным путем. Их влияние можно уменьшить многократным измерением величины в одинаковых условиях с последующей обработкой результатов измерений методами статистики.

Систематические составляющие погрешности измерительной схемы суммируют с учётом знака погрешности каждого прибора или преобразователя:

$$\delta x_{ад} = \sum_{j=1}^n \delta x_{ад j}.$$

При неизвестных знаках систематических погрешностей выполняют арифметическое суммирование, но если количество средств измерений в измерительной схеме более трех, значение результирующей погрешностей оказывается сильно завышенным.

Случайные составляющие погрешности измерительной схемы суммируют как случайные величины, в частности при статистически независимых случайных погрешностях их суммируют по формуле:

$$\delta x_{ад} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\delta x_{ад j})^2}.$$

В случае косвенных измерений, выполняемых несколькими средствами измерений, погрешность результата вычисляют на основании функциональной зависимости искомой величины от величин, полученных прямыми измерениями.

Пусть искомая величина x представляет собой некоторую функцию величин y, z , т. е. $x=f(y, z)$.

Прологарифмируем и продифференцируем исходное соотношение, полагая величины y, z переменными и заменяя дифференциалы малыми приращениями. Полагая также малые приращения переменных равными абсолютным погрешностям, получим соотношение для относительной погрешности:

$$\delta x = f_1(y, z) \delta y + f_2(y, z) \delta z,$$

где: $\delta x = \Delta x/x$; $\delta y = \Delta y/y$; $\delta z = \Delta z/z$ — относительные погрешности величин x, y, z ;
 $f_1(y, z)$; $f_2(y, z)$ — функции переменных y, z

Если знаки погрешностей δy и δz неизвестны, то для определения наибольшей ожидаемой погрешности всегда следует рассматривать неблагоприятный случай, когда слагаемые имеют одинаковые знаки.

Ниже приведены формулы вычисления погрешностей наиболее распространенных измерительных схем:

1. Схема двух *ваттметров* для измерения *мощности* имеет результирующую относительную погрешность:

при сложении показаний $\delta = C (n_{1k} + n_{2k}) / (n_1 + n_2)$, %

при вычитании показаний $\delta = C (n_{1k} + n_{2k}) / (n_1 - n_2)$, %

2. Относительную погрешность схемы *вольтметра—амперметра*, использующую для получения результата измерений умножение показаний приборов вычисляют по формуле:

$$\delta = (C_1 n_{1k} / n_1) + (C_2 n_{2k} / n_2).$$

3. Погрешность схемы с измерительных трансформатором описывается формулой:

$$\delta = (C n_{1k} / n_1) + C_T.$$

В формулах приняты такие обозначения:

C, C_1, C_2, C_T — классы точности приборов и измерительных трансформаторов;

n_1, n_2 — показания приборов;

n_{1k}, n_{2k} — пределы измерения приборов.

Лит.:

1. ГОСТ 16263—70. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения (заменён на РМГ 29-99).

2. РМГ 29-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. М., ИПК Издательство стандартов, 2000

3. Шульц. Ю. Электроизмерительная техника. 1000 понятий для практиков. М.: Энергоатомиздат, 1989, 288 с