

Приложение Примеры представления результатов однократных измерений



Если однократное измерение правильно организовано, то для представления результатов измерений достаточно, как правило, сведений о показании средства измерений и пределах инструментальной составляющей погрешности. Для определения пределов инструментальной составляющей погрешности используется такая метрологическая характеристика, как класс точности средства измерений. Правила вычисления пределов основной погрешности средств измерений и примеры обозначения для них классов точности приведены в таблице П.4.1, здесь X – показание средства измерений, X_N – нормирующее значение, принятое для данного средства измерений, X_k – конечное значение выбранного диапазона измерений, DX – абсолютная погрешность средства измерений, $g_{\text{отн}}$ – относительная погрешность средства измерений, $g_{\text{пр}}$ – приведенная погрешность средства измерений, а величины P , q , s и d представляют собой числа, выбираемые из ряда: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$, ($n = 1; 0; -1; -2$ и т. д.). Понятие класса точности используется на практике как при представлении результатов измерений, так и при выборе средств измерений, подходящих для решения поставленной измерительной задачи (см. примеры 1–4).

Пример 1. Отсчетное устройство вольтметра класса точности 0,5 имеет нижний предел 0 В, а верхний – 200 В. Указатель показывает 127 В. Определить, чему равно измеряемое напряжение, если условия измерения нормальные и методическая погрешность пренебрежимо мала.

Решение. Для данного средства измерений предел основной приведенной погрешности $\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta X}{X_N} \times 100\%$ не превышает 0,5%. Отсюда находим, что пределы допускаемой основной абсолютной погрешности средства измерений ΔX состав-

Таблица П.4.1

Формула для вычисления предела основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Примеры обозначения класса точности средства измерений	
		общий вид	пример
$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta X}{X_N} \times 100\% = \pm P$	$\pm P$	P	2,5
$\gamma_{\text{отн}} = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% = \pm q$	$\pm q$	Ⓚ	Ⓚ,5
$\gamma_{\text{отн}} = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% =$ $= \pm \left[c + d \left(\left\lfloor \frac{X_k}{X} \right\rfloor - 1 \right) \right]$	$\pm \left[c + d \left(\left\lfloor \frac{X_k}{X} \right\rfloor - 1 \right) \right]$	$\frac{c}{d}$	0,02/0,01

ляют ± 1 В. Поскольку методическая погрешность измерений предполагается пренебрежимо малой, погрешность результата измерений определяется только инструментальной погрешностью средства измерений, и, следовательно, истинное значение измеряемого напряжения U лежит в пределах от 126 В до 128 В.

Пример 2. Омметр класса точности 4,0 имеет неравномерную шкалу. Указатель отсчетного устройства прибора показывает 50 Ом. Чему равно измеряемое сопротивление, если измерение проводилось в нормальных условиях и методическая погрешность была пренебрежимо мала?

Решение. Для данного средства измерений предел основной относительной погрешности $\gamma_{\text{отн}} = \Delta X/X \times 100\% = \Delta X/50 \times 100\%$ не превышает 4%. Отсюда находим, что пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ΔX составляют ± 2 Ом. Следовательно (см. пример 1), истинное значение измеряемого сопротивления R лежит в пределах от 48 Ом до 52 Ом.

Пример 3. Указатель отсчетного устройства амперметра, имеющего верхний предел 50 мА, показывает 25 мА, класс точности прибора – 0,02/0,04. Чему равен измеряемый ток, если измерение проводилось в нормальных условиях и методическая погрешность была пренебрежимо мала?

Решение. Для данного прибора предел основной относительной погрешности в процентах $\gamma_{\text{отн}} = \pm [0,02 + 0,04 (\lfloor 50/25 \rfloor - 1)] = \pm 0,06\%$. Следовательно, модуль предельно допустимой основной абсолютной погрешности средства измерений не превышает $|\Delta X| \leq 0,0006 \times 25 \text{ мА} = 0,015 \text{ мА}$, и результат измерения тока можно записать в виде $I = (25,00 \pm 0,015) \text{ мА}$.

Пример 4. Выбрать вольтметр для измерения сетевого напряжения 220 В с относительной погрешностью, не превышающей 1%. Записать результат измерений, если прибор показал 230 В, измерение проводилось в нормальных условиях и методическая погрешность была пренебрежимо мала.

Решение. Выбираем вольтметр с нижним пределом шкалы 0 В и верхним пределом 300 В. Исходя из приведенного условия, для того чтобы относительная погрешность измерения не превысила 1%, необходимо, чтобы модуль абсолютной погрешности измерений не превысил 2,2 В. Поскольку погрешность измерений определяется только инструментальной погрешностью средства измерений, получаем, что модуль приведенной погрешности средства измерений не может превысить: $|\gamma_{\text{пр}}| = \Delta X / X_N \times 100\% = 2,2 / 300 \times 100\% = 0,7\%$, что соответствует классу точности 0,7. Приборы такого класса не выпускаются, поэтому выбирается вольтметр класса точности 0,5. Результат измерений записывается в виде $U = (230 \pm 1,5) \text{ В}$.

Как правило, сведения о классе точности средства измерений не содержат данных, позволяющих оценить степень достоверности результатов измерений, определить ширину доверительного интервала и значение доверительной вероятности. В примерах 5 и 6 рассмотрены некоторые варианты представления результатов однократных измерений, если сведения об их достоверности должны быть приведены обязательно.

Пример 5. Температура измеряется термометром, показания термометра – 290 °К. Известно, что с вероятностью 0,95 абсолютная погрешность измерений заключена между –1 °К и +2 °К. Представить результат измерения.

Решение. Результат измерения записывается в виде: $T = 290 \text{ °К}$, ΔT от –1 °К до +2 °К, $P_d = 0,95$, или в другой форме – истинное значение температуры лежит в интервале от 289 °К до 292 °К с доверительной вероятностью $P_d = 0,95$.

Пример 6. При измерении напряжения показания вольтметра (класс точности 0,5; начальное и конечное значения рабочей части шкалы 0 В и 100 В) составили 75 В. Измерение проводилось в нормальных условиях, методическая погрешность была пренебрежимо мала. Представить результат измерения.

Решение. Результат измерения записывается в следующем виде: $U = 75 \text{ В}$, предел допускаемой погрешности составляет 0,5 В, доверительную вероятность найти нельзя, так как документальных сведений о ней не приводится. Отметим, что в рассмотренном случае самое большее, что мы можем сказать о степени достоверности результата измерений, заключается в том, что результат получен с помощью такого-то средства в таких-то условиях. Если принять естественное предположение, что $0,5 \text{ В} \leq 3\sigma$, то с помощью неравенства Чебышева можно найти приблизительную оценку доверительной вероятности $P_d \geq 0,89$. Иными словами, истинное значение измеряемого напряжения может оказаться за пределами интервала от 74,5 В до 75,5 В не более чем в 11 случаях из 100.