

1. Прочитайте и запишите конспект
2. Отчет пришлите на электронную почту

## Классы точности средств измерений

Единые правила установления пределов допускаемых погрешностей показаний по классам точности средств измерений регламентирует ГОСТ 8.401-80.

**Класс точности средств измерений** - обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерений. Классы точности присваиваются средствам измерений при их разработке с учетом результатов государственных приемочных испытаний.

Класс точности хотя и характеризует совокупность метрологических свойств данного средства измерений, однако не определяет однозначно точность измерений, так как последняя зависит от метода измерений и условий их выполнения.

Средствам измерений с двумя или более диапазонами измерений одной и той же физической величины допускается присваивать два или более класса точности. Средствам измерений, предназначенным для измерений двух или более физических величин, допускается присваивать различные классы точности для каждой измеряемой величины. С целью ограничения номенклатуры средств измерений по точности для СИ конкретного вида устанавливают ограниченное число классов точности, определяемое технико-экономическими обоснованиями.

Классы точности цифровых измерительных приборов со встроенными вычислительными устройствами для дополнительной обработки результатов измерений устанавливают без учета режима обработки.

### Способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик

Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей следует выражать в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей в зависимости от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида. Пределы допускаемой дополнительной погрешности допускается выражать в форме, отличной от формы выражения пределов допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемой основной погрешности устанавливают в последовательности, приведенной ниже:

- Устанавливаются пределы допускаемой абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta = \pm a$$

или

$$\Delta = \pm (a + b \cdot x)$$

где  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности (в единицах измеряемой величины или условно в делениях шкалы)

x - значение измеряемой величины,  
a, b - положительные числа, не зависящие от x.

- Устанавливаются пределы допускаемой приведенной основной погрешности по формуле:

$$\gamma = \Delta / X_n = \pm p$$

где  $\gamma$  - пределы допускаемой приведенной основной погрешности в %,  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной погрешности,

p - положительное число, выбираемое из ряда  $1 \cdot 10^n$ ,  $1,5 \cdot 10^n$ ,  $(1,6 \cdot 10^n)^*$ ,  $2 \cdot 10^n$ ,  $2,5 \cdot 10^n$ ,  $(3 \cdot 10^n)^*$ ,  $4 \cdot 10^n$ ,  $5 \cdot 10^n$ ,  $6 \cdot 10^n$  ( $n = 1, 0, -1, -2$  и т.д.)

\*не устанавливается для вновь разрабатываемых средств измерений, для средств измерений конкретного типа допускается устанавливать не более пяти различных пределов допускаемой основной погрешности при одном и том же значении степени n.

- Устанавливается нормирующее значение  $X_n$
- Для средств измерений с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой, а также для измерительных преобразователей, если нулевое значение измеряемого параметра находится на краю или вне диапазона измерений нормирующее значение устанавливается равным большему из пределов измерений. Для средств измерений, нулевое значение измеряемого параметра которых находится внутри диапазона измерений, нормирующее значение устанавливается равным большему из модулей пределов измерений.
- Для электроизмерительных приборов с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой и нулевой отметкой внутри диапазона измерений нормирующее значение допускается устанавливать равным сумме модулей пределов измерений.
- Для средств измерений физической величины, для которых принята шкала с условным нулем, нормирующее значение устанавливают равным модулю разности пределов измерений.
- Для средств измерений с установленным номинальным значением нормирующее значение устанавливают равным этому номинальному значению.
- Для измерительных приборов с существенно неравномерной шкалой нормирующее значение устанавливают равным всей длине шкалы или её части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.
- Устанавливаются пределы допускаемой относительной основной погрешности по формуле:

$$\delta = \Delta / x = \pm [c + d \cdot (|x_k / x| - 1)] \leq \pm q$$

где  $c = b + d$ ;  $d = a / |x_k|$

$\delta$  - пределы допускаемой относительной основной погрешности в %,  $\Delta$  - пределы допускаемой абсолютной основной погрешности (в единицах измеряемой

величины или условно в делениях шкалы)

$x$  - значение измеряемой величины,

$x_k$  - наибольший (по модулю) из пределов измерений,

$a, b$  - положительные числа, не зависящие от  $x$ .

$q, c, d$  - положительное число, выбираемое из ряда  $1 \cdot 10^n, 1,5 \cdot 10^n, (1,6 \cdot 10^n)^*, 2 \cdot 10^n, 2,5 \cdot 10^n, (3 \cdot 10^n)^*, 4 \cdot 10^n, 5 \cdot 10^n, 6 \cdot 10^n$  ( $n = 1, 0, -1, -2$  и т.д.)

\*не устанавливается для вновь разрабатываемых средств измерений,

для средств измерений конкретного типа допускается устанавливать не более пяти различных пределов допускаемой основной погрешности при одном и том же значении степени  $n$ .

В обоснованных случаях пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по более сложной формуле или в виде графика либо таблицы.

В стандартах или технических условиях на средства измерений должно быть установлено минимальное значение  $x$ , начиная от которого применим принятый способ выражения пределов допускаемой относительной погрешности.

Соотношение между числами  $c$  и  $d$  устанавливаются в стандартах на средства измерений конкретного вида.

### **Пределы допускаемых дополнительных погрешностей устанавливают одним из следующих способов:**

- в виде постоянного значения для всей рабочей области влияющей величины или в виде постоянных значений по интервалам рабочей области влияющей величины;
  - путем указания отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего регламентированному интервалу влияющей величины, к этому интервалу;
  - путем указания зависимости предела допускаемой дополнительной погрешности от влияющей величины (предельной функции влияния);
  - путем указания функциональной зависимости пределов допускаемых отклонений от номинальной функции влияния.
- Для различных условий эксплуатации средств измерений в рамках одного и того же класса точности допускается устанавливать различные рабочие области влияющих величин.

Предел допускаемой вариации выходного сигнала следует устанавливать в виде дольного (кратного) значения предела допускаемой основной погрешности или в делениях шкалы. Пределы допускаемой нестабильности, как правило, устанавливают в виде доли предела допускаемой основной погрешности.

Пределы допускаемых погрешностей должны быть выражены не более чем двумя значащими цифрами, причем погрешность округления при вычислении пределов должна быть не более 5%.

### **Обозначение классов точности средств измерений в документации**

- Для средств измерений пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютных погрешностей или относительных погрешностей, причем последние установлены в виде графика, таблицы или

формулы, классы точности в документации обозначаются прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами.

- В необходимых случаях к обозначению класса точности буквами латинского алфавита добавляют индексы в виде арабской цифры. Классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, соответствуют буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или цифры, означающие меньшие числа.
- Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности или относительной погрешности в соответствии с формулой  $\delta = \Delta / x = \pm q$ , классы точности в документации следует обозначаются числами, которые равны этим пределам погрешности, выраженными в процентах. Обозначение класса точности таким образом, дает непосредственное указание на предел допускаемой основной погрешности.
- Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительных погрешностей в соответствии с формулой  $\delta = \pm [c + d \cdot (|x_k / x| - 1)]$ , классы точности в документации обозначаются числами  $c$  и  $d$ , разделенных косой чертой.

В документации на средства измерений допускается обозначать классы точности так же, как на средствах измерений.

В эксплуатационной документации на средство измерений конкретного вида, содержащей обозначение класса точности, содержится ссылка на стандарт или технические условия, в которых установлен класс точности этого средства измерений.

### **Обозначение классов точности на средствах измерений**

Условные обозначения классов точности наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений.

При указании классов точности на измерительных приборах с существенно неравномерной шкалой, для информации, дополнительно указываются пределы допускаемой основной относительной погрешности для части шкалы, лежащей в пределах, отмеченных специальными знаками (например, точками или треугольниками). К значению предела допускаемой относительной погрешности в этом случае добавляют знак процента и помещают в кружок. Обращаем ваше внимание на то, что этот знак не является обозначением класса точности.

Обозначение класса точности допускается не наносить на высокоточные меры, а также на средства измерений, для которых действующими стандартами установлены особые внешние признаки, зависящие от класса точности, например параллелепипедная и шестигранная форма гирь общего назначения.

За исключением технически обоснованных случаев, вместе с условным обозначением класса точности на циферблат, щиток или корпус средств измерений наносится обозначение стандарта или технических условий, устанавливающих технические требования к этим средствам измерений.

На средства измерений, для одного и того же класса точности которых в зависимости от условий эксплуатации установлены различные рабочие области влияющих величин, наносятся обозначения условий их эксплуатации, предусмотренные в стандартах или

технических условиях на эти средства измерений.

### Расшифровка обозначений классов точности на средствах измерений

Обозначение класса точности		Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	Примечание
на средстве измерений	в документации			
0,5	Класс точности 0,5	Приведенная	$\gamma = \pm 0,5\%$	нормирующее значение выражено в единицах измеряемой величины
	Класс точности 0,5		$\gamma = \pm 0,5\%$	нормирующее значение принято равным длине шкалы или её части
	Класс точности 0,5	Относительная	$\delta = \pm 0,5\%$	$\delta = \Delta / x$
0,02/0,01	Класс точности 0,02/0,01		$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \cdot ( x_k / x  - 1)] \%$	$\delta = \pm [c + d \cdot ( x_k / x  - 1)]$

### Метрология и погрешность измерений

Результат измерений физической величины всегда отличается от истинного значения на некоторую величину, которая называется **погрешностью**.

Классификация погрешностей в зависимости от источника возникновения, условий проведения измерений, характера проявления измеряемой величины во времени и способа ее выражения приведена на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Классификация погрешностей

Погрешность метода обуславливается несовершенством метода и приемов использования средств измерений. Например, при определении мощности постоянного тока по показаниям амперметра и вольтметра без учета мощности, потребляемой указанными приборами, возникает **методическая погрешность**.

**Инструментальная погрешность** (погрешность инструмента) обуславливается погрешностью примененных средств измерений. Например, погрешность из-за неточной градуировки измерительного прибора.

**Субъективная погрешность** обуславливается несовершенством органов чувств оператора. Например, погрешность при измерении частоты методом биений со слуховым контролем.

**Основная погрешность** - погрешность, возникающая в нормальных условиях применения средства измерения (температура, влажность, напряжение питания и др.), которые нормируются и указываются в стандартах или технических условиях.

**Дополнительная погрешность** обуславливается отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормального значения. Например, изменение температуры окружающей среды, изменение влажности, колебания напряжения питающей сети. Значение дополнительной погрешности нормируется и указывается в технической документации на средства измерения.

Дополнительная погрешность от воздействия влияющей величины – это изменение оцененной статической функции преобразования, которое вызвано отклонением одной из влияющих величин от установленного при нормальных условиях номинального значения или номинального диапазона, причем все другие влияющие величины сохраняют свое номинальное значение или свой номинальный диапазон.

**Систематическая погрешность** - постоянная или закономерно изменяющаяся погрешность при повторных измерениях одной и той же величины в одинаковых условиях измерения. Например, погрешность, возникающая при измерении сопротивления ампервольтметром, обусловленная разрядом батареи питания. Систематическая составляющая основной погрешности при одном и том же значении информативного параметра входного сигнала в неизменных условиях применения

остается постоянной или изменяется настолько медленно, что ее изменениями за время измерения можно пренебречь, или изменяется по определенному закону, если условия меняются.

**Случайная погрешность** - погрешность измерения, характер изменения которой при повторных измерениях одной и той же величины в одинаковых условиях случайный. Например, погрешность отсчета при нескольких повторных измерениях.

**Грубая погрешность (промах)** - погрешность измерения, которая существенно превышает ожидаемую в данных измерениях.

**Статическая погрешность** - погрешность при измерении постоянной по времени величины. Например, погрешность измерения неизменного за время измерения напряжения постоянного тока.

**Динамическая погрешность** - погрешность измерения изменяющейся во времени величины. Например, погрешность измерения коммутируемого напряжения постоянного тока, обусловленная переходными процессами при коммутации, а также ограниченным быстродействием измерительного прибора.

**Абсолютная погрешность** измерения  $\Delta$  - разность между результатом измерения  $X$  и истинным значением  $X_0$  измеряемой величины:  $\Delta = x - x_0$

Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины.

**Относительная погрешность** измерения  $\delta$  - отношение абсолютной погрешности измерения  $\Delta$  к истинному значению измеряемой величины  $X_0$ :

$$\delta = \frac{\Delta}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0} \cdot 100\%$$

Относительная погрешность - безразмерная величина. Поскольку истинное значение измеряемой величины  $X_0$  неизвестно, то практически используют **действительное значение** измеряемой величины  $X_d$ , и тогда погрешность определяется как разность между измеренным  $X$  и действительным значением  $X_d$ :  $\Delta = x - x_d$

Действительное значение находят экспериментально, путем применения более точных методов и средств измерений. Обычно за действительное значение принимают показания образцовых средств измерения.

Значение относительной погрешности  $\delta$  на практике определяется как отношение абсолютной погрешности к действительному значению:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_d} = \frac{x - x_d}{x_d} \cdot 100\%$$

**Приведенная погрешность** измерения  $\gamma$  - это отношение абсолютной погрешности  $\Delta$  к нормирующему значению  $X_n$ :

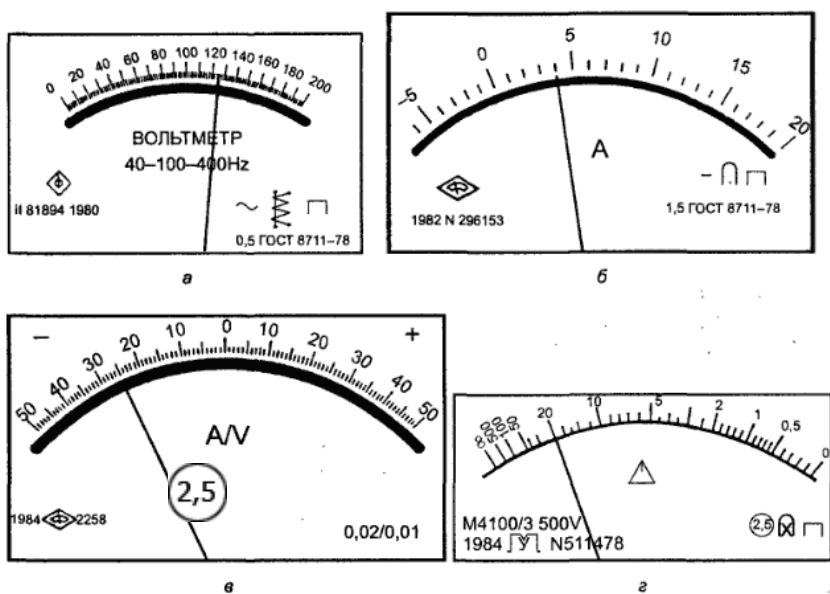
$$\gamma = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\%$$

**Нормирующее значение  $X_n$**  - это установленное значение ширины диапазона или определенное значение, к которому относится выражение значения характеристики. Нормирующее значение  $X_n$  принимается равным:

- 1)  $X_n = X100\%$  - конечному значению диапазона измерений - для приборов с односторонней шкалой;
- 2)  $X_n = X100\% + X0\%$  - сумме конечных значений диапазона измерений - для приборов с двухсторонней шкалой;
- 3)  $X_n = X100\% - X0\%$  - разности конечного и начального значений диапазона - для приборов с безнулевой шкалой.

При логарифмическом, гиперболическом и степенном характере шкалы прибора приведенную погрешность выражают в процентах от длины шкалы.

Примеры обозначения классов точности приведены на



**Рис. 3.2.** Лицевые панели приборов: а) вольтметра класса точности 0,5;

б) амперметра класса точности 1,5;

в) амперметра класса точности 0,02/0,01;

г) мегомметра класса точности с неравномерной шкалой