

Класс точности средств измерений

Класс точности – это обобщенная характеристика средства измерений, выражаемая пределами допускаемых значений его основной и дополнительной погрешностей, а так же другими характеристиками, влияющими на точность. Класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность СИ данного типа.

Средство измерений может иметь два и более класса точности. Например, при наличии у него двух и более диапазонов измерений одной и той же физической величины ему можно присваивать два и более класса точности. Приборы, предназначенные для измерения нескольких физических величин, также могут иметь различные классы точности для каждой измеряемой величины.

Пределы допускаемых основной и дополнительной погрешностей выражаются в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности устанавливаются по одной из формул:

$$\Delta = \pm a \quad \text{или}$$

$$\Delta = \pm (a + bx),$$

где x – значение измеряемой величины или число делений, отсчитываемое по шкале;
 a, b – положительные числа, не зависящие от x .



☆ 3 Ω
kΩ, MΩ, Ω
-1,0
1,0

Ц4312

N210302

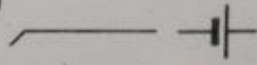
1982
~1,5





N20087 1981

Ц4340



1.0
kΩ 1.5



~2.5



Пределы допускаемой приведенной основной погрешности определяются по формуле:

$$\gamma = \Delta/X_N = \pm p,$$

где X_N - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и Δ ;

p - отвлеченное положительной число, выбираемое из ряда значений: (1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6)·
 10^n ; $n=1; 0; -1; -2; \dots$

Нормирующее X_N значение устанавливается равным большему из пределов измерений (или модулей) для СИ с равномерной, практически равномерной или степенной шкалами, если нулевое значение выходного сигнала находится на краю или вне диапазона измерений.

Для СИ шкала которой имеет условный нуль, X_N равно модулю разности пределов измерений.

Для приборов с существенно неравномерной шкалой X_N принимают равным всей длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений. В этом случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины, а на СИ класс точности условно обозначают в виде значка $\surd^{0.5}$, где 0,5 – значение числа p .

Пределы допускаемой относительной основной погрешности определяются по формуле:

$$\delta = \Delta/X = \pm q, \text{ если } \Delta = \pm a$$

Класс точности на приборе обозначается в виде , где 0,5 – конкретное число q .

В случае, если абсолютная погрешность задается формулой $\pm (a + bx)$, пределы допускаемой относительной основной погрешности

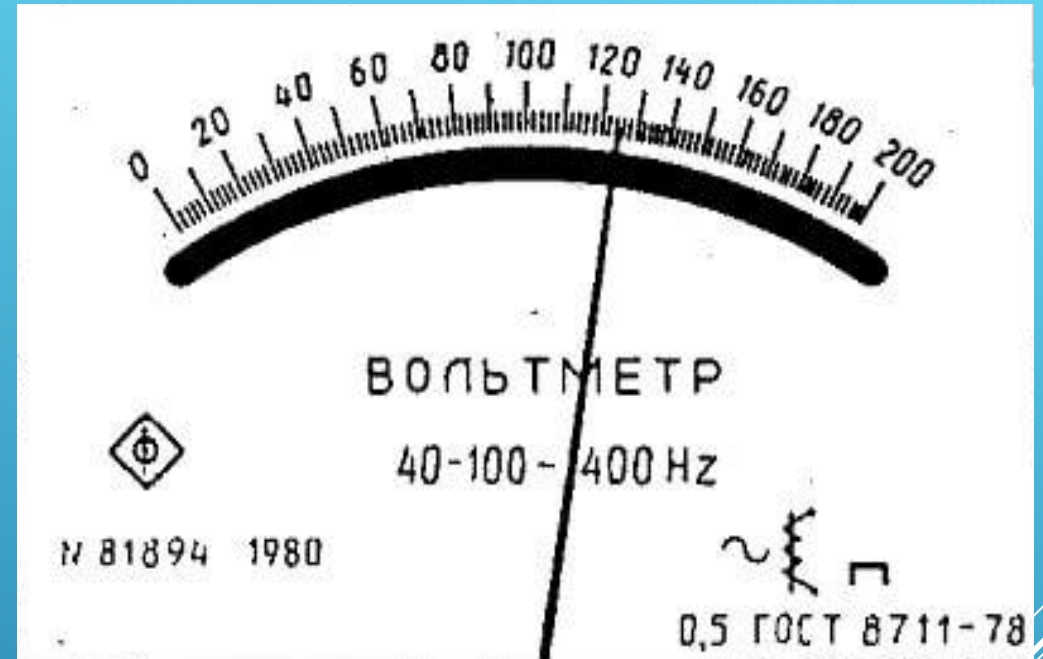
$$\delta = \Delta/X = [c + d (|X_k/X| - 1)],$$

где c, d – отвлеченные положительные числа, выбираемые из ряда: $(1; 1,5; 2; 2,5; 4; 5; 6) \cdot 10^n$; $n=1; 0; -1; -2$ и т.д.;

X_k – больший по модулю из пределов измерений При этом класс точности обозначается в виде $0,02/0,01$, где числитель конкретное значение числа c , знаменатель – числа d .

Обозначение класса точности	Форма выражения предела допускаемой погрешности		
	Абсолютная (Δ_n) единица измерения физической величины	Относительная (δ_n) %	Относительная (γ_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	$\Delta_n = \pm q \frac{x}{100}$	$\delta_n = \frac{\Delta_n}{x} \cdot 100 = \pm q$	$\gamma_n = \pm q \frac{x}{x_n}$
c/d 0.02/0.01	$\Delta_n = \pm \delta_n \frac{x}{100}$	$\delta_n = \frac{\Delta_n}{x} \cdot 100 =$ $= \pm \left[c + d \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$ x_k – верхний предел измерений	$\gamma_n = \pm \delta_n \frac{x}{x_n}$
P 1.5	$\Delta_n = \pm p \frac{x_n}{100}$	$\delta_n = \pm p \frac{x_n}{x}$	$\gamma_n = \frac{\Delta_n}{x_n} \cdot 100 = \pm p$ x_n – в единицах измеряемой величины
P 1.5	$\Delta_n = \pm p \frac{x_n}{100}$	$\delta_n = \pm p \frac{x_n}{x}$	$\gamma_n = \frac{\Delta_n}{x_n} \cdot 100 = \pm p$ x_n – определяется длиной шкалы

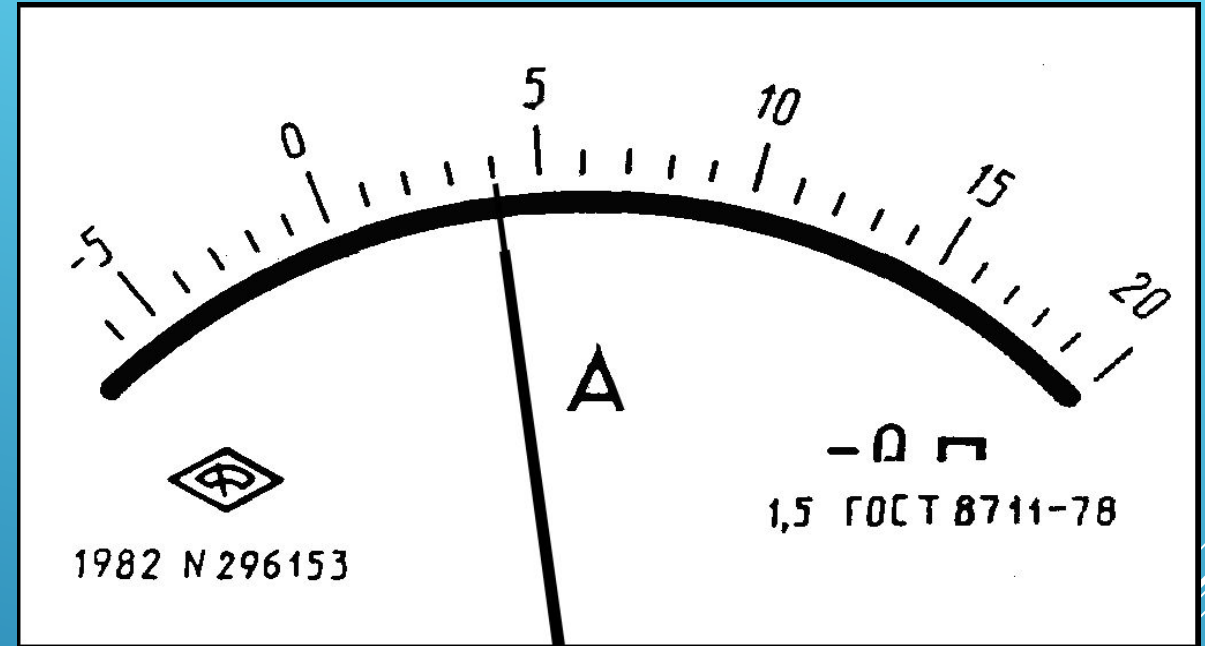
- Для средств измерений с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой, нулевой значение входного сигнала у которых находится на краю или вне диапазона измерений, обозначение класса точности арабской цифрой из ряда (1; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 4, 5,6)· 10^п, где п=1,0,-1,-2 и т.д., означает, что значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель отсчетного устройства, более, чем на соответствующее классу точности число процентов от верхнего предела



$$\Delta = \frac{0.5 \% \times 200 \text{ В}}{100 \%} = 1 \text{ В}$$

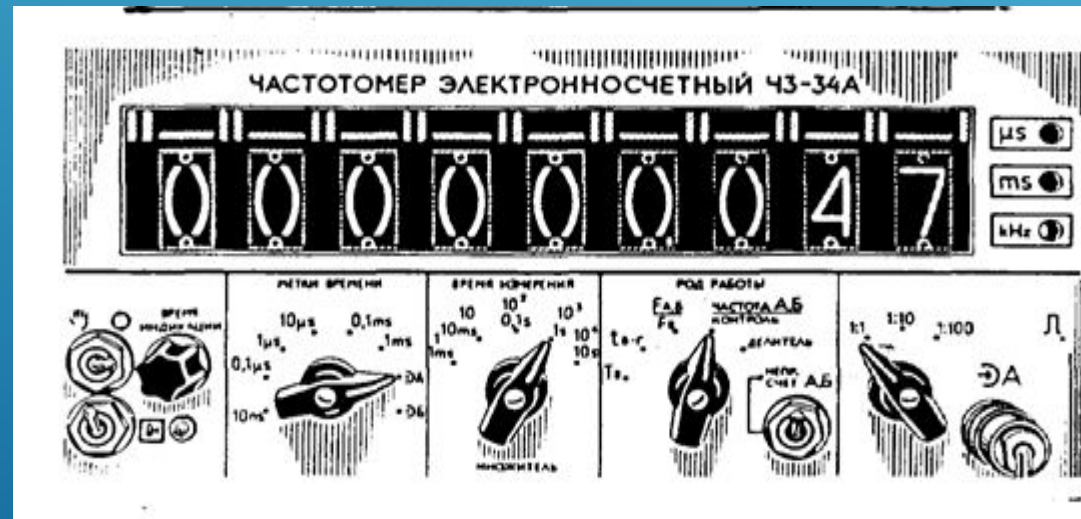
Для указанного прибора измеряемое напряжение не может отличаться от того, что показывает указатель, больше чем на 1 в. следовательно, измеряемое напряжение $123 \text{ В} \leq U \leq 125 \text{ В}$.

- ▶ Если нулевое значение находится внутри диапазона измерений, то значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель, больше, чем на соответствующее классу точности число процентов от большего из модулей пределов измерений.



Для указанного прибора измеряемая сила тока не может отличаться от той, что показывает указатель, более, чем на 0,3 А. поэтому измеряемая сила тока $3.7 \leq I \leq 4.3$ А.

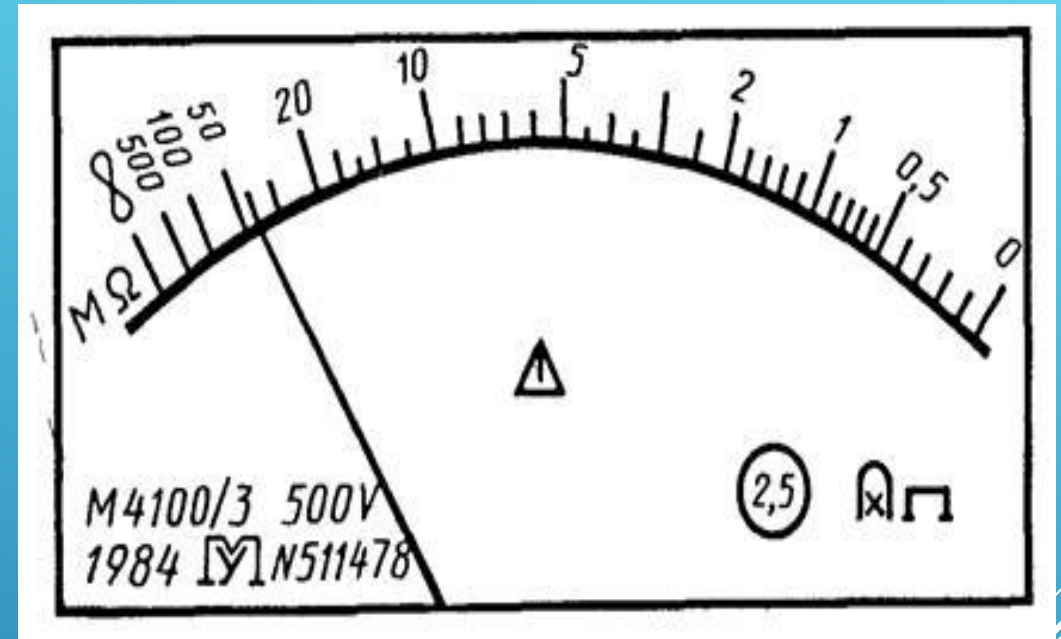
Обозначение классов точности цифрами из ряда предпочтительных чисел может сопровождаться применением условных знаков. Например, $\surd^{0.5}$ $\surd^{1.0}$ $\surd^{2.5}$ означает, что у измерительных приборов этого типа с существенно неравномерной шкалой значение измеряемой величины не может отличаться от того, что показывает указатель отсчетного устройства, более чем на указанное число процентов от всей длины шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений



▶ Заключение цифры в окружность
2.5 означает, что допускаемая основная погрешность выражена в виде относительной погрешности от измеренного значения и погрешность следует вычислять в процентах от измеренного значения. Так, при $X_i = 40 \text{ МОм}$ абсолютная погрешность прибора не должна превышать

$$\Delta = \frac{40 \text{ МОм} \times 2.5\%}{100} = \pm 1 \text{ МОм}$$

При таком обозначении класса точности измеряемая величина не может отличаться от значения, которое показывает указатель, более чем на 2.5%. поэтому измеряемое сопротивление $39 \text{ МОм} \leq 41 \text{ МОм}$



- ▶ При обозначении класса точности в виде дроби, например 0,02/0,01, измеряемая величина не может отличаться от значения x , показанного указателем, больше чем на $[c + d (|\frac{X_K}{X}| - 1)]\%$, где c и d соответственно числитель и знаменатель в обозначении класса точности, а X_K - больший (по модулю) из пределов измерений.

$$\delta = \Delta/X = [c + d (|X_K/X| - 1)]\%$$

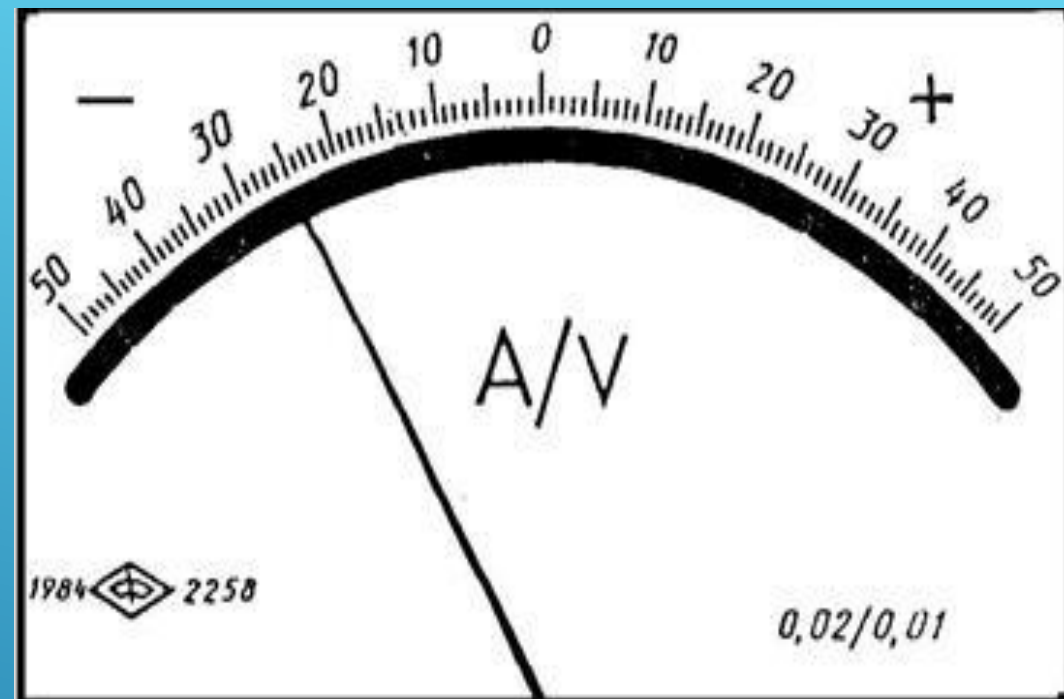
$$\delta = [0,02 + 0,01 (|50/-25| - 1)] = 0,03\%$$

А абсолютная погрешность измерения силы тока

$$\Delta = \pm \delta x/100 = \frac{0,03\% \times 25}{100\%} = \pm 0,0075A$$

Таким образом, измеряемая сила тока

$$24,992 A \leq I \leq 25,008 A$$



Примеры обозначения класса точности приборов

Формула для определения пределов допускаемых погрешностей	Примеры пределов основной допускаемой погрешности, %	Обозначение класса точности		Примечание
		в докумен- тации	на средствах измерения	
$\Delta = \pm a$	—	Класс точности М	М	—
$\Delta = \pm(a + bx)$	—	Класс точности С	С	—
$\gamma = \Delta / X_N = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$ $\gamma = \pm 0,5$	Класс точности 1,5	1,5	Если X_N выражено в единицах величины
	—	Класс точности 0,5	0,5 V	Если X_N определя- ется дли- ной шкалы (ее части)
$\delta = \Delta / X = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	(0,5)	—
$\delta = \pm [c + d(X_n/X - 1)]$	$\delta = \pm [0,02 + 0,01 \times$ $\times (X_n/X - 1)]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	—

Примечания: Δ — пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы; X — значение измеряемой величины на входе (выходе) средства измерения или число делений, отсчитываемых по шкале; a, b — положительные числа, не зависящие от X ; δ — пределы допускаемой относительной основной погрешности, %; q, p — больший (по модулю) из пределов измерений; c, d — положительные числа, выбираемые из ряда; $c = b + d$; $d = a|X_x|$; γ — пределы допускаемой приведенной основной погрешности, %; X_N — нормирующее значение измеряемой величины.

Классификация погрешностей

Понятие «**погрешность**» – одно из центральных в метрологии, где используются понятия «погрешность результата измерения» и «погрешность средства измерения».

Погрешность результата измерения – это разница между результатом измерения X и истинным (или действительным) значением Q измеряемой величины:

$$\Delta = X - Q.$$

Она указывает границы неопределенности значения измеряемой величины.

Погрешность средства измерения – разность между показаниями СИ и истинным (действительным) значением измеряемой ФВ. Она характеризует точность результатов измерений, проводимых данным средством.

Эти понятия близки друг к другу и классифицируются по одинаковым признакам.

По характеру проявления погрешности делятся на случайные, систематические, грубые(промахи).

Случайная погрешность – составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом в серии повторных измерений одного и того же размера ФВ, проведенных с одинаковой тщательностью в одних и тех же условиях. Случайные погрешности неизбежны, неустранимы и всегда присутствуют в результате измерения. Описание случайных погрешностей возможно только на основе теории случайных процессов и математической статистики

Систематическая погрешность – составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно меняющаяся при повторных измерениях одной и той же ФВ. Систематические погрешности могут быть предсказаны, обнаружены и благодаря этому почти полностью устранены введением соответствующей поправки.

Грубая погрешность (промах) – это случайная погрешность результата отдельного наблюдения, входящего в ряд измерений, которая для данных условий резко отличается от остальных результатов этого ряда. Как правило возникают из-за ошибок или неправильных действий оператора (его психофизического состояния, неверного отсчета, ошибок в записях и вычислениях, неправильного включения приборов, сбоев в их работе и др.).

Возможной причиной возникновения промахов могут быть кратковременные резкие изменения условий проведения измерений.

По способу выражения различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности. В зависимости от места возникновения различают инструментальные, методические и субъективные погрешности.

Инструментальная погрешность обусловлена погрешностью применяемого средства измерения.

Методическая погрешность измерения обусловлена принятым методом измерения.

Субъективная погрешность измерения обусловлена погрешностью отсчета оператором показаний по шкалам СИ. Они вызываются состоянием оператора, его положением во время работы, несовершенством органов чувств, эргономическими свойствами СИ.

По влиянию внешних условий различают основную и дополнительную погрешности СИ.

Основной называется погрешность СИ, определяемая в нормальных условиях его применения. Для каждого СИ в нормативно-технических документах оговариваются условия эксплуатации (температура окружающей среды, влажность, давление и т.д.).

Дополнительной называется погрешность СИ, возникающая вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин.

В зависимости от влияния характера изменения измеряемых величин погрешности СИ делят на статические и динамические.

Статическая погрешность – это погрешность СИ применяемого для измерения ФВ, принимаемой за неизменную.

Динамической называется погрешность СИ, возникающая дополнительно при измерении переменной ФВ и обусловленная несоответствием его реакции на скорость изменения измеряемого сигнала.

По зависимости абсолютной погрешности от значений измеряемой величины различают погрешности (а):

аддитивные Δ_A , не зависящие от измеряемой величины;

мультипликативные Δ_M , которые прямопропорциональны измеряемой величине (б);

нелинейные Δ_H , имеющие нелинейную зависимость от измеряемой величины (в).

