

Нормування класів точності засобів вимірювань. Основною характеристикою, що визначає гарантовані межі значень основних і додаткових похибок, є клас точності засобу вимірювальної техніки. Основні засоби визначення меж допустимих похибок і позначення класів точності засобів вимірювальної техніки встановлено ГОСТ 8.401—80. Різниця в способах нормування класів точності зумовлена переважно різним співвідношенням адитивної та мультиплікативної складових похибки засобів вимірювальної техніки.

За суто адитивного характеру похибок межі абсолютної похибки незмінні для будь-яких значень вимірюваної фізичної величини. Вказанням значення абсолютної похибки нормують класи точності для комплектів гир, лінійних мір, магазинів опорів та ємностей (наприклад, гарантована похибка Δ_x гирі — не більше ніж ± 1 мг).

Для аналогових приладів за різних діапазонів вимірювання нормувати значення абсолютної похибки Δ_x незручно; в цьому разі використовують різновид відносної похибки — *зведену похибку* $\delta_{зв}$.

Для аналогових вимірювальних приладів зведена похибка $\delta_{зв}$, %, виражається відношенням найбільшої абсолютної похибки $\Delta_{x \max}$ для всього діапазону показів до нормованого значення N цього приладу (області значень між найменшим і найбільшим значеннями шкали):

$$\delta_{зв} = (\Delta_{x \max} / N) 100. \quad (1.12)$$

Для приладу зі шкалою, відградуйованою в діапазоні $0 \dots +100$ В, нормоване значення $N = 100$ В; для приладу з двобічною шкалою, відградуйованою в діапазоні $-3 \dots 0 \dots +3$ В, $N = 6$ В.

Зведена похибка є основним критерієм для визначення класу точності k , %, вимірювального приладу, тому формулу (1.12) можна переписати так:

$$k = (\Delta_{x \max} / N) 100. \quad (1.13)$$

Звідси найбільша абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_{x \max} = kN / 100. \quad (1.14)$$

Для аналогових показуючих приладів установлено такі класи точності k : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 (зразкові й точні прилади); 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 (робочі прилади).

ПРИКЛАД 1.1

Показуючий вольтметр має шкалу, відградуйовану в діапазоні 0...30 В; позначення класу точності на шкалі: 2,5. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Розв'язання

Абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_x = \frac{kN}{100} = \frac{2,5 \cdot 30}{100} = 0,75 \approx 0,8 \text{ В.}$$

Слід зазначити, що прилад класу точності 1,0 зовсім не забезпечує точності $\pm 1\%$ у всьому діапазоні вимірювання: відносна похибка δ_x дорівнює класу точності k тільки на останній позначці шкали; за зменшення x відносна похибка прямує до нескінченності (при $x=0$).

Значення вимірюваної фізичної величини, за якого відносна похибка δ_x досягає 100 %, називають *порогом чутливості*. Отже, діапазон вимірюваних величин для такого засобу вимірювань обмежується знизу порогом чутливості, а зверху — межею вимірювання. На практиці рекомендується ці засоби вимірювань використовувати так, щоб під час вимірювання показчик перебував на останній чверті шкали.

У засобів вимірювань, в яких переважає адитивна складова похибки, але шкала істотно нерівномірна (наприклад, логарифмічна або гіперболічна), нормують зведене значення похибки щодо довжини шкали в міліметрах, а клас точності позначають, наприклад, так: 2,5.

Найбільшу абсолютну похибку результату вимірювання, наприклад опору омметром, можна обчислити за класом точності зі співвідношення

$$\Delta_R = \pm \frac{kL}{100S_x} \quad (1.15)$$

Тут L — довжина шкали, мм; $S_x = l_x / R_x$ — чутливість у точці відліку, мм/Ом, де l_x — відстань між поділками в точці відліку, мм; R_x — різниця відліків за цими поділками, Ом.

ПРИКЛАД 1.2

Позначення класу точності k на шкалі омметра: $1,5$; шкалу відградувано в діапазоні $0 \dots \infty$ кОм; довжина шкали $L = 100$ мм; відстань між поділками шкали біля значення вимірюваного опору $l_x = 5$ мм; різниця відліків за цими поділками $R_x = 0,05$ кОм. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Розв'язання

Чутливість у точці відліку

$$S_x = l_x / R_x = 5 / 0,05 = 100 \text{ мм/кОм.}$$

Абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_R = \frac{kL}{100 S_x} = \frac{1,5 \cdot 100}{100 \cdot 100} = 0,015 \text{ кОм.}$$

У засобах вимірювальної техніки із суто мультиплікативною похибкою для визначення класу точності використовують відносну похибку, тобто похибку чутливості

$$\delta_x = \Delta_x / x.$$

Відповідно клас точності k позначають числом, уміщеним у кружечок, наприклад: $(1,5)$. У такий спосіб нормують похибки інтегральних приладів (наприклад, лічильників електричної енергії), масштабних перетворювачів (подільників навантаження, шунтів, вимірювальних трансформаторів напруги та струму). Абсолютну похибку вимірювання обчислюють за формулою

$$\Delta_x = (k/100) x. \quad (1.16)$$

ПРИКЛАД 1.3

Лічильник електричної енергії має клас точності $(1,0)$. Обчислити похибку, яку він може допустити протягом відліку 100 кВт · год.

Розв'язання

$$\Delta_x = (k/100) x = (1,0/100) 100 = \pm 1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Клас точності цифрових вимірювальних приладів позначають двома числами, які записують через похилу риску, наприклад: 0,02/0,01. Тут перше число відповідає зведеній похибці наприкінці діапазону вимірювання (k_x), а друге — на початку (k_n).

Межа допустимої відносної похибки δ_x , %

$$\delta_x = [k_x + k_n (x_x/x - 1)], \quad (1.17)$$

де x_x — кінцеве значення діапазону вимірювання; x — вимірювана величина.

Оскільки відносна похибка

$$\delta_{x\%} = (\Delta_x/x)100,$$

то абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_x = \delta_{x\%} x/100. \quad (1.18)$$

ПРИКЛАД 1.4

Цифровий вольтметр класу точності 0,02/0,01 вимірює напругу $U_V \approx 75$ В на межі $U_x = 99,99$ В. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Розв'язання

Межа допустимої відносної похибки

$$\delta_x = [0,02 + 0,01 (99,99/75 - 1)] \% = 0,023332 \%$$

Абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_x = \frac{0,023332 \cdot 75}{100} = 0,017499 \text{ В} \approx 0,02 \text{ В}.$$

Для засобів вимірювальної техніки, що застосовуються в акустиці, електроніці, відліковій пристрій яких проградуїровано в децибелах, клас точності позначають у цих самих одиницях, наприклад: Кл. 0,5 дБ.

У деяких випадках клас точності нормують за значенням абсолютної похибки, причому клас позначають порядковими цифрами, які не пов'язані з розміром похибок (наприклад, абсолютна похибка штрихової міри класу точності 1 не більша ніж $\pm 0,05$ мм, незалежно від довжини цієї міри).