

1.2. Засоби вимірювань і їх похибки.

ТЕМА: Засоби вимірювань.

Мета: Ознайомитись з основними класами точності, структурною схемою вимірювального приладу, засвоїти основні похибки вимірювань.

План

1. Засоби вимірювання їх види і класифікація.
2. Міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі.
3. Структурна схема вимірювального приладу.
4. Класифікація і принципи маркування вимірювальних приладів.
5. Класи точності вимірювальних приладів.
6. Похибки вимірювань.

1. *Засоби вимірювань* — це технічні засоби для проведення експериментальної частини вимірювань, які мають нормовані метрологічні властивості.

До засобів вимірювань відносять:

- міри,
- вимірювальні прилади та перетворювачі,
- а також вимірювальні установки та системи, що складаються з цих засобів.

2. *Міра* — це засіб вимірювань, призначений для відтворювання фізичної величини певного розміру (наприклад: вимірювальна котушка опору, конденсатор, гиря). Мірі використовують як еталони, зразкові чи робочі засоби вимірювань.

Еталон — це міра, вимірювальний прилад або вимірювальна установка для відтворення, збереження або передання одиниць будь-якої величини з найвищою можливою точністю.

Зразкова міра — це міра для перевірки і градуювання робочих мір і вимірювальних приладів.

Робоча міра — це міра, що її використовують для перевірки електровимірювальних приладів в умовах виробництва та в наукових дослідженнях.

Вимірювальні прилади — це засоби вимірювання, що забезпечують можливість безпосереднього відрахунку людиною (чи автоматичного запису) значень вимірюваних величин (наприклад, електричних напруг, струмів, потужностей, електричних опорів худе).

Вимірювальні перетворювачі (датчики) — це засоби вимірювання, призначені перетворювати вимірювані фізичні величини у вихідні сигнали, зручні для подальшого перетворення, передання, оброблення чи реєстрації, але не здатні для безпосереднього сприймання та оцінки людиною. Їх застосовують для перетворення величин температури, тиску, рівня, швидкості та інших у функціонально зв'язані з ними величини електричної напруги чи струму.

3. Вимірювальною схемою називають сукупність активних і реактивних опорів, які служать для перетворення вимірювальної величини (напруга, струм, потужність, опір і т.д.) у струм або напругу, що підводяться до вимірювального механізму.

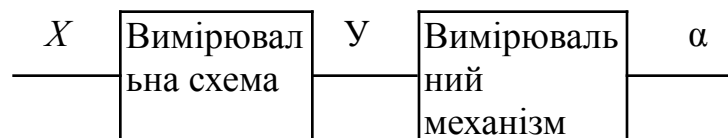


Рис.1. Загальна структурна схема вимірювального приладу

Тобто вимірювальне коло (схема) перетворює вимірювану електричну величину у пропорціональну їй величину, яка безпосередньо діє на вимірювальний механізм. Наприклад, у вольтметрі вимірювальне коло складається з котушки вимірювального механізму і додаткового резистора. При постійності опору вимірювального кола струм у вимірювальному механізмі вольтметра пропорційний вимірюваній напрузі. Один і той самий вимірювальний механізм у поєднанні з різними вимірювальними колами може служити для вимірювання різних величин.

В амперметрі за схемою (рис.2, а) вимірювальна схема (коло) відсутня. Обмотка рухомої рамки приладу має деякий активний та індуктивний опір і є елементом електричного кола, але вона складає конструктивну частину самого вимірювального механізму.

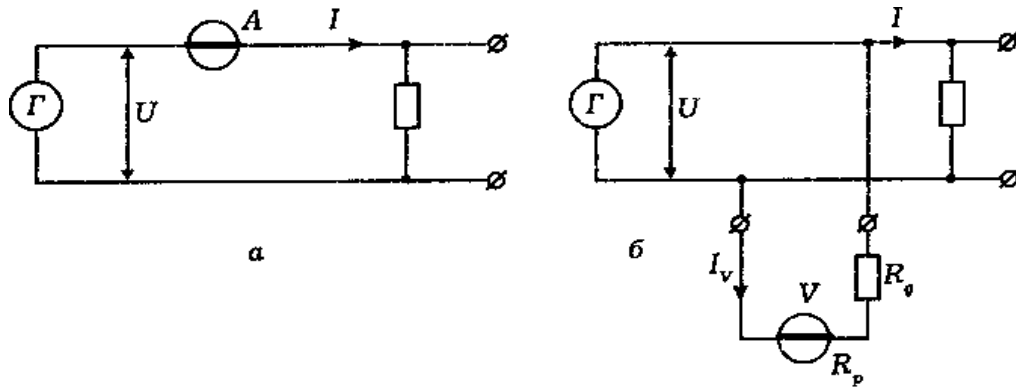


Рис.2. Вимірювальні схеми: а) — амперметра; б) — вольтметра; A — обмотка механізму (амперметра); R_d — додатковий досить великий опір; V — вольтметр; R_p — опір рамки приладу

У загальному вигляді суть роботи показуючого електровимірювального приладу можна ілюструвати структурною схемою (рис.1). Вимірювальні величина X , наприклад, напруга, подається до деякої вимірювальної схеми, в якій відбувається або зміна вимірювальної величини за розмірами (зменшення, збільшення) або перетворення її у деяку іншу величину Y (у вольтметрі напруга перетворюється у струм). Величина Y зв'язана у строгій функціональній залежності з величиною X , тобто $Y = F(X)$. Далі величина Y подається до вимірювального механізму, в якому вона створює обертовий момент, що викликає відхилення рухомої частини вимірювального механізму на деякий кут α .

Тобто у вимірювальному механізмі електрична енергія перетворюється у механічну енергію переміщення рухомої частини, звичайно у кутове переміщення. До допоміжних елементів відносяться стрілка, шкала, корпус приладу та інші пристрої. За принципом дії і конструкції електромеханічні вимірювальні механізми поділяють: магнітоелектричні, електромагнітні,

електродинамічні, електростатичні, індукційні, теплові, термоелектричні, випрямні.

4. Класифікація електровимірювальних приладів

Електровимірювальні прилади - це такі технічні засоби, які виробляють сигнали вимірювальної інформації у формі, що доступна для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Електровимірювальні прилади можна класифікувати:

- а)** за родом вимірювальної величини;
- б)** за фізичним принципом дії вимірювального механізму;
- в)** за родом струму;
- г)** за класом точності;
- д)** за типом відлікового пристрою;
- е)** за виконанням залежно від умов експлуатації;
- є)** за стійкістю до механічних впливів;
- ж)** за ступенем захисту від зовнішніх магнітних та електричних полів тощо.

Електровимірювальні прилади дають змогу вимірювати як електричні, так і неелектричні величини. На шкалі наводиться назва приладу або початкова латинська літера одиниці, що вимірюється.

За вимірювальною величиною електровимірювальні прилади поділяються на:

- вольтметри (позначаються літерою V);
- амперметри (A);
- ватметри (W),
- омметри (Ω);
- лічильники енергії (kWh);
- фазометри (ϕ);
- частотоміри (Hz) тощо.

До умовної літери може бути додано позначення кратності основної

одиниці, наприклад: міліамперметр — mA ; кіловольтметр — kV , тощо.

За фізичним принципом дії розрізняють такі системи електровимірювальних приладів,:

- 1) магнітоелектрична;
- 2) електромагнітна;
- 3) електродинамічна;
- 4) феродинамічна;
- 5) індукційна;
- 6) електростатична;
- 7) вібраційна тощо.

Умовні позначення на шкалі приладу характеризують класифікацію приладів *за родам струму*:

- а) постійний струм;
- б) змінний (однофазна система);
- в) постійний і змінний;
- г) трифазна система;
- д) трифазна несиметрична система.

За класом точності електровимірювальні прилади класифікуються відповідно до стандартів. Клас точності позначається цифрою, котра дорівнює зведених похибці у відсотках, що допускає прилад. Випускають прилади таких класів точності: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. У лічильниках електроенергії класи точності такі: 0,5; 1,0; 2,0; 2,5.

За типом відлікового пристрою електровимірювальні прилади розрізняються. В залежності від призначення прилади можуть бути:

- показуючі;
- реєструючі;
- самопишучі;
- друкуючі;

- інтегруючі;
- підсумовуючі.

Більш поширені показуючі прилади, тобто прилади безпосередньої оцінки. Відліковий пристрій цих приладів складається звичайно з шкали і показчика. Показчиком може бути стрілка або світлова пляма з рискою. Треба знати правила користування відліковим пристроєм. Такі показуючі прилади називаються аналоговими. Показання таких приладів — це безперервна функція величини, що вимірюється. В цифрових електровимірювальних приладах показання наводяться у цифровому вигляді.

У залежності від умов експлуатації, діапазону робочих температур та відносної вологості електровимірювальні прилади поділяються на п'ять груп:

- група А (температура $+10...+35^{\circ}\text{C}$, вологість 80);
- група Б (температура $-30...+40^{\circ}\text{C}$, вологість 90);
- група Б₁ (температура $-40...+50^{\circ}\text{C}$, вологість 95);
- група В₂ (температура $-50...+60^{\circ}\text{C}$, вологість 95);
- група В₃ (температура $-50...+80^{\circ}\text{C}$, вологість 98).

За стійкістю до механічних впливів прилади підрозділяються в залежності від значення максимально допустимого прискорення при ударах та вібраціях (м/с^2). За стандартом електровимірювальні прилади поділяються на групи:

- звичайні з підвищеною міцністю (ОП);
- нечутливі до вібрацій (ВН);
- віброміцні (ВП);
- нечутливі до трясіння (ТН);
- трясінняміцні (ТП);
- удароміцні (У).

Звичайні прилади групи ОП витримують прискорення до 15 м/с^2 .

За ступенем захисту від зовнішніх магнітних та електричних полів прилади поділяються на I і II категорії. Від зовнішніх полів прилади

захищаються екранами.

У більшості показуючих електровимірювальних приладів рухома частина пристрою переміщується внаслідок дії *обертаючого моменту*. Обертаючий момент виникає внаслідок взаємодії магнітних або електричних полів та, до деякої міри, пропорційний вимірюваній величині. У вимірюючому пристрої завжди є протидіючий момент, що створюється механічною або електромагнітною силою.

Для створення механічної протидії використовується звичайно спіральна пружина, іноді для більшої чутливості — підвіси або розтяжки.

Прилади, в котрих створюється електромагнітний протидіючий момент, називають *логометрами*.

5. Клас точності засобу вимірювання — це узагальнена характеристика, що є показником встановлених для нього Державними стандартами границь основної та додаткових похибок.

За наявності в засобі вимірювання кількох діапазонів вимірів, для кожного з них може бути встановлено свій клас точності. Те саме можна сказати й про засоби вимірювання, що здатні вимірювати декілька фізичних величин, де класи точності вимірювання різних величин можуть відрізнятися один від одного. Наприклад, багатодіапазонні вольтметри можуть мати вищий клас точності при вимірюваннях на діапазонах, що відповідають більшим напругам (300, 150 та 75 В), і нижчий — при вимірюваннях на діапазонах малих напруг (наприклад, 30 та 15 В).

Засоби вимірювання, що здатні працювати як на постійному, так і на змінному струмах, можуть мати різні класи точності для різних родів струму.

Для електровимірювальних приладів класи точності можуть мати значення: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 5,0.

Для допоміжних частин (пристроїв), які розширюють можливості вимірювань цими приладами, класи точності можуть бути: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2;

0,5; 1,0. До таких частин і пристроїв відносять калібровані шунти, додаткові опори, подільники напруги.

6. Позначена на приладі величина класу точності обмежує найбільшу допустиму величину основної похибки приладу, зведену до нормувальної величини. *Основна похибка* — це похибка, одержана при вимірюваннях за нормальних умов експлуатації приладу й за відсутності зовнішніх чинників, які впливали б на його роботу.

Основна похибка електровимірювальних приладів визначається: для приладів з односторонньою шкалою — у відсотках від кінцевого значення робочої частини шкали; для приладів із двосторонньою шкалою — у відсотках від суми кінцевих значень робочої частини шкали; для приладів із безнульовою шкалою — у відсотках від різниці кінцевого і початкового значень робочої частини шкали; для приладів із суттєво нерівномірними шкалами — у відсотках від довжини робочої частини шкали.

Основна похибка зразкових котушок опору, шунтів і додаткових опорів визначається у відсотках від їхніх номінальних опорів.

Основна похибка подільників напруги визначається у відсотках від їхніх номінальних коефіцієнтів поділу.

Основна похибка зразкових котушок індуктивності чи взаємодуктивності визначається у відсотках відповідно від номінальної величини індуктивності чи взаємодуктивності.

Основна похибка зразкових конденсаторів визначається у відсотках від номінальної величини їхньої ємності.

Величини класу точності позначаються на шкалах електровимірювальних приладів на табличках, які є на зразкових мірах та в технічних описах цих та інших засобів вимірювання.

Похибки засобів вимірювання під час їх реальної експлуатації можуть суттєво перевищувати ті значення, які обмежуються величиною класу точності. Це пояснюється можливістю складання додаткових похибок з основною похибкою і наявністю варіації.

Абсолютна похибка приладу - різниця між показником приладу і дійсним значенням вимірюваної величини A

$$\Delta A = A_{\text{пр}} - A_{\text{д}}$$

Відносна похибка приладу - відношення абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної величини, виражене у відсотках

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_{\text{д}}} \times 100\%$$

Відносна зведена похибка - відношення абсолютної похибки до максимального значення шкали приладу, виражене у відсотках

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{пр}}} \times 100\%$$

Основна відносна зведена похибка приладу визначає його клас точності. Всі прилади безпосередньої оцінки (крім лічильника електричної енергії) мають вісім класів точності: **0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 5,0.**