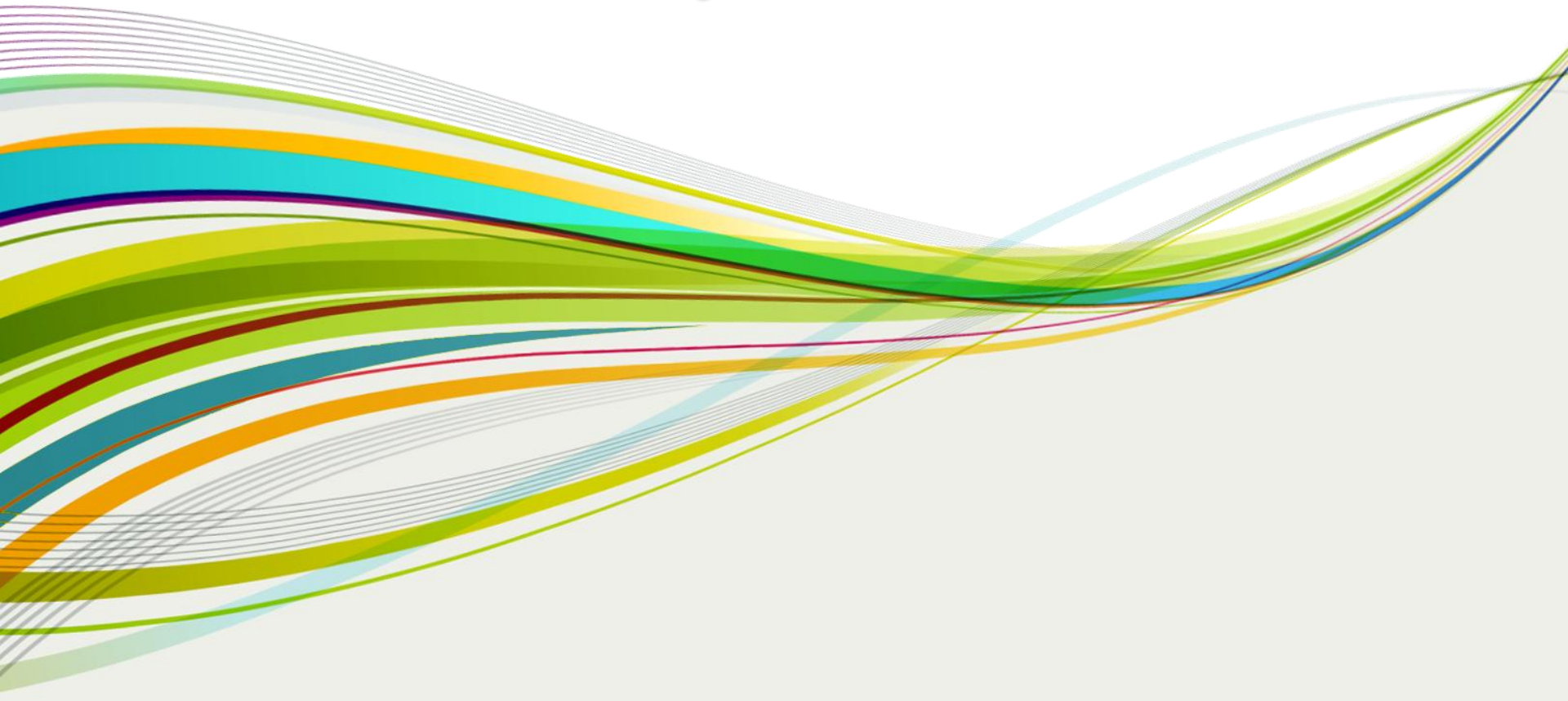


*Лекція 2.*  
*Електровимірювальні*  
*прилади*



# План лекції

---

1. Загальні відомості про вимірювання.
2. Похибки вимірювань та приладів. Клас точності.
3. Класифікація електровимірювальних приладів.
4. Системи електровимірювальних приладів.
5. Вимірювання струмів, напруг, потужностей та енергії.

# *1. Загальні відомості про вимірювання*



В електроустановках необхідно проводити операції вимірювання електричних величин, що характеризують, з одного боку, кількість електроенергії, спожитої струмоприймачами, а з іншого - кількісну сторону процесу перетворення електричної енергії в інші види.

**Метрологія** - наука про вимірювання, яка включає як теоретичні, так і практичні аспекти вимірювань у всіх галузях науки і техніки.

**Вимірювання** - відображення фізичних величин їхніми значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів.

**Одиниця вимірювань** - фізична величина певного розміру, прийнята для кількісного відображення однорідних з нею величин.

**Засіб вимірювальної техніки** - технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

**Еталон** - засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення і (чи) зберігання одиниці вимірювань одного чи декількох значень, а також передачу розміру цієї одиниці іншим засобам вимірювальної техніки. Існують державні, робочі та вихідні еталони.

**Повірка засобів вимірювальної техніки** - встановлення придатності засобів вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, до застосування на підставі результатів контролю їхніх метрологічних характеристик.

За призначенням технічні засоби вимірювань поділяються на міри, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, установки та системи.

**Міра** - засіб вимірювань, матеріальний зразок одиниці фізичної величини, що виготовлений з заданою точністю. Розрізняють міри зразкові та робочі. Існують однозначні та багатозначні (змінного значення) міри, а також набори та магазини мір.

**Методи вимірювань** залежно від способу одержання результату розподіляться на **прямі, непрямі та порівняльні**.

❑ **Прямим** називається такий метод вимірювань, при якому за допомогою вимірювального приладу одержують числове значення вимірюваної величини, наприклад, числове значення частоти струму, напруги, активної потужності, кількості спожитої за певний проміжок часу електроенергії тощо.

❑ **Непрямим** називають метод вимірювання, при якому вимірювану величину обраховують на основі виміру інших величин, що пов'язані з нею відомою залежністю (наприклад, на основі формули, номограми тощо).

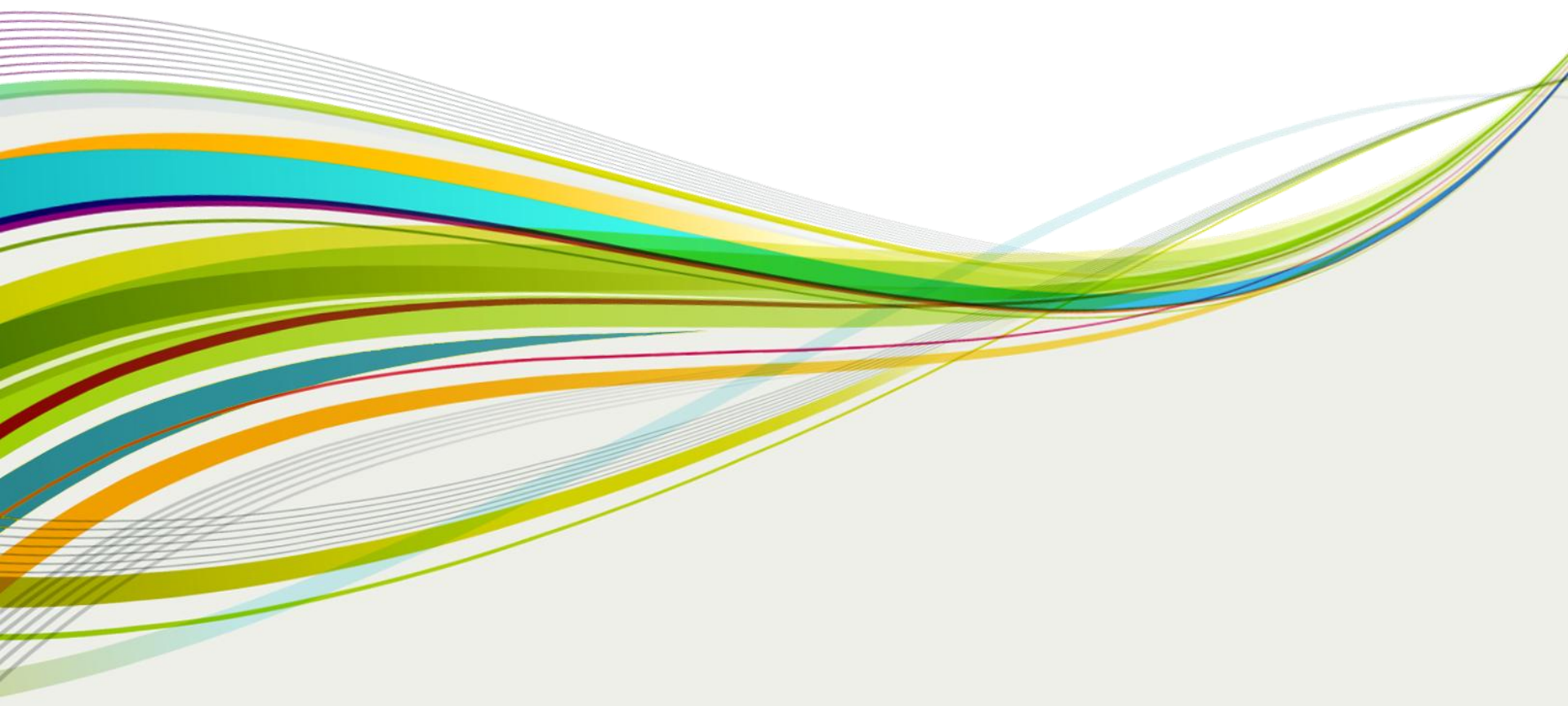
❑ При **порівняльному методі** вимірювана величина порівнюється з величиною того ж роду, що прийнята за одиницю - мірою.

---

**Повіркою електровимірювального приладу** називається процес порівняння показів приладу, що повіряється, на всій довжині його шкали зі зразковим, з метою знаходження абсолютних, відносних, приведених похибок, а також його класу точності.

А.Мрачковський, кафедра електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій НУБіП  
України

*2. Похибки  
вимірювань та приладів.  
Клас точності*





Будь-яке вимірювання не може бути абсолютно точним внаслідок недосконалості вимірювальних приладів, методів вимірювання, впливу зовнішніх чинників (зовнішні магнітні та електричні поля, зміна температури, вологості тощо). Тому в процесі вимірювання необхідно визначити не тільки значення вимірюваної величини але і ступінь точності вимірювання або **похибку**, тобто відхилення результату вимірювання від дійсного значення вимірюваної величини.

За **дійсне значення величини** приймають значення, виміряне за допомогою еталонних (зразкових) приладів. Похибки вимірювань розподіляють на:

- ✓ абсолютну,
- ✓ відносну,
- ✓ приведену,
- ✓ основну та
- ✓ додаткову.

Вони виражаються в абсолютних або відносних одиницях.

**Абсолютна похибка** – це різниця між виміряним та дійсним значенням величини:

$$\Delta A = A_B - A_D$$

де  $A_B$  – показання приладу (вимірювана величину);

$A_D$  - дійсна величина.

Абсолютна похибка, яка використовується із зворотнім знаком, називається **поправкою**, тобто:

$$\Delta P = - \Delta A$$

Тоді дійсне значення вимірюваної величини:

$$A_D = A_B + \Delta P$$

Точність вимірювання характеризується **відносною похибкою** – відношенням абсолютної похибки до дійсного значення величини у відсотках:

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

Абсолютна і відносна похибки характеризують точність вимірювання і не характеризують вимірювальний прилад. Для характеристики точності електровимірювального приладу вводять поняття **приведеної відносної похибки: абсолютної похибки у відсотках від номінальної величини приладу  $A_{\text{н}}$** :

$$\gamma\% = \frac{\Delta A}{A_{\text{н}}} 100\% = \frac{A_{\text{в}} - A_{\text{д}}}{A_{\text{н}}} 100\%$$

де  $A_{\text{н}}$  – номінальне значення (максимальне значення шкали приладу).

Приведена похибка визначає клас точності вимірювального приладу. За допустимим значенням приведеної похибки **всі прилади розділені на дев'ять класів точності: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.** Прилади класів точності **0,02; 0,05; 0,1; 0,2 і 0,5** називають **лабораторними**, а **1,0; 1,5; 2,5 і 4,0** - **технічними**.

Абсолютна похибка за характером прояву визначається систематичною, випадковою похибками та похибкою оператора.

Залежно від умов експлуатації електровимірювального приладу розрізняють **основну та додаткову похибки.**

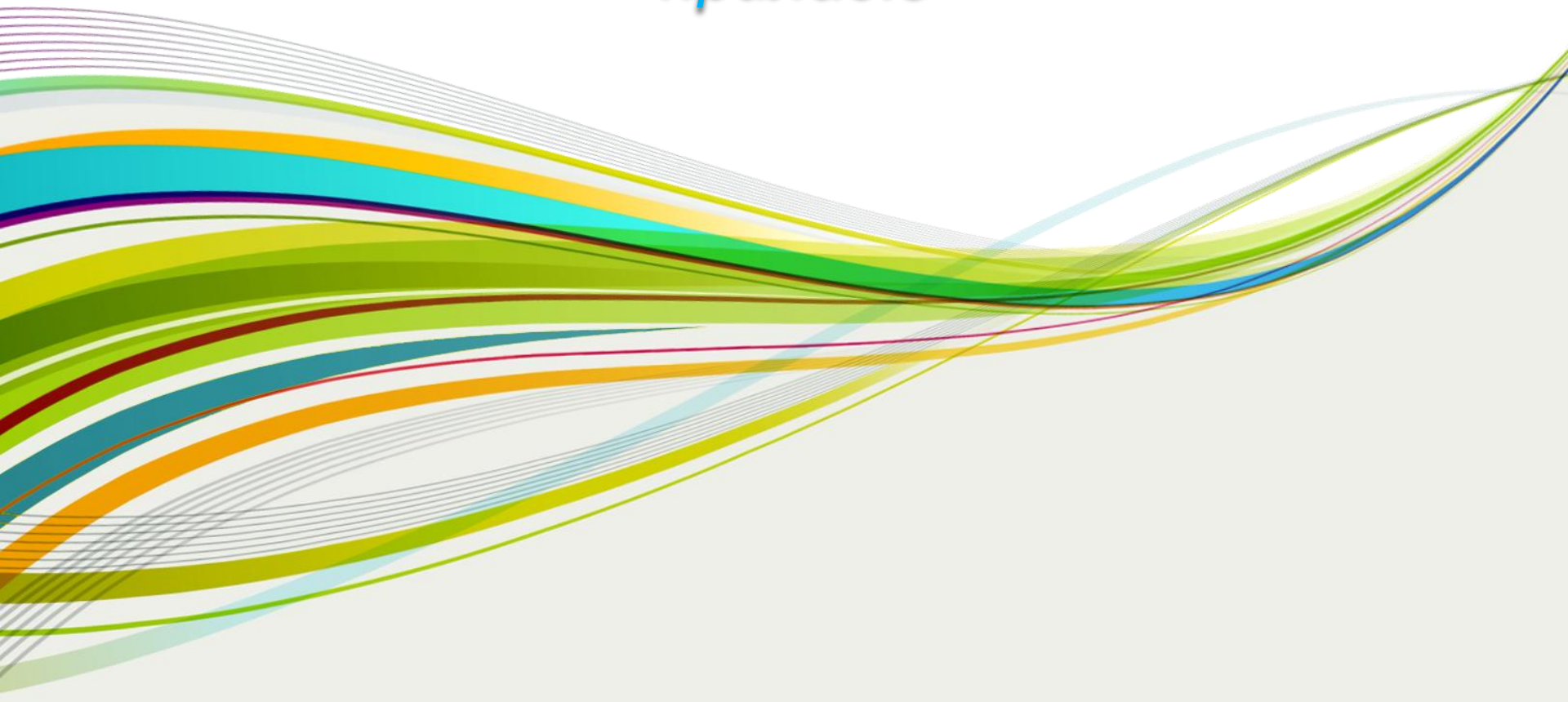
**Основною похибкою** вважають похибку приладу за нормальних умов експлуатації (відповідно до даних, наведених у паспорті приладу і на шкалі).

**Додатковою похибкою** називають похибку приладу, що виникає при відхиленні від нормальних кліматичних умов.



*Розглянемо ще  
одне питання?*

### *3. Класифікація електровимірювальних приладів*



**Електровимірювальні прилади** – це технічні засоби вимірювань, які виробляють сигнали вимірюваної інформації у формі, що доступна для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Електровимірювальні прилади дають змогу вимірювати як електричні, так і неелектричні величини. Їх можна класифікувати:

- за призначенням;
- за виконанням залежно від умов експлуатації;
- за фізичним принципом дії вимірюваного механізму та будовою;
- за родом струму;
- за класом точності;
- за типом відлікового пристрою;
- за стійкістю від механічних впливів;
- за ступенем захисту від зовнішніх магнітних та електричних полів

**За призначенням** електровимірювальні прилади поділяються на амперметри, вольтметри, ватметри, омметри, лічильники активної енергії, фазометри, частотоміри тощо.

**За виконанням залежно від умов експлуатації** розрізняють стаціонарні або щитові та переносні.

**За фізичним принципом дії** вимірювального механізму та будовою розрізняють прилади магнітоелектричної, електромагнітної, електродинамічної, феродинамічної, індукційної, електростатичної систем та цифрові прилади.

**За родом струму** є прилади постійного, змінного струму та універсальні, що застосовуються для вимірювання в колах постійного і змінного струмів.



**За типом відлікового пристрою** електровимірювальні прилади можуть бути показувальні, реєструючі, самопишучі, друкуючі, інтегруючі, підсумовуючі. Більш поширені показувальні прилади, тобто прилади безперервної оцінки. Відліковий пристрій цих приладів складається із шкали і покажчика. Покажчиком може бути стрілка або світлова пряма з рисою. Такі показуючі прилади називаються **аналоговими**.

**За стійкістю від механічних впливів** прилади поділяються на звичайні, звичайні з підвищеною міцністю, стійкі до механічних впливів (вібраційно-міцні, нечутливі до тряски, вібраційно-стійкі тощо)

**За ступенем захисту** від зовнішніх магнітних та електричних полів розрізняють дві категорії приладів з допустимими змінами показів (у %) залежно від класу точності.

**На передній панелі електровимірювального приладу (зазвичай на шкалі) повинні бути вказані, за допомогою умовних позначень, наступні дані :**

- *одиниця вимірюваної величини (наводиться початкова латинська літера одиниці, наприклад, A, V, W);*
- *клас точності;*
- *номер державного стандарту, відповідно до вимог якого він виготовлений;*
- *умовне позначення роду струму і кількості фаз;*
- *вимірювальна система приладу;*
- *група виконання за умовами експлуатації;*
- *категорія захищеності від зовнішніх магнітних і електричних полів;*
- *робоче положення приладу при вимірюваннях;*
- *величина випробувальної напруги електричної ізоляції струмоведучих частин приладу;*
- *номінальна частота струму або межі частот;*
- *рік випуску та заводський номер приладу;*
- *товарний знак заводу-виготовлювача тощо.*

# *4. Системи електровимірювальних приладів*



# Будова та основні деталі електровимірювальних приладів

Електровимірювальний прилад прямого відліку будь-якої системи складається з **вимірювального механізму (ВМ)**, **вимірювального кола** (визначається призначенням приладу) та **відлікового пристрою**. При цьому різноманітні прилади (амперметр, вольтметр тощо) однієї системи (будь-якої) можуть мати однаковий ВМ. **Вимірювальний механізм приладу прямої дії є електричним перетворювачем, який перетворює електроенергію, що підводиться до приладу, в механічну енергію для повертання рухомої частини на деякий кут  $\alpha$** . Електромагнітна енергія споживається з вимірювального кола.

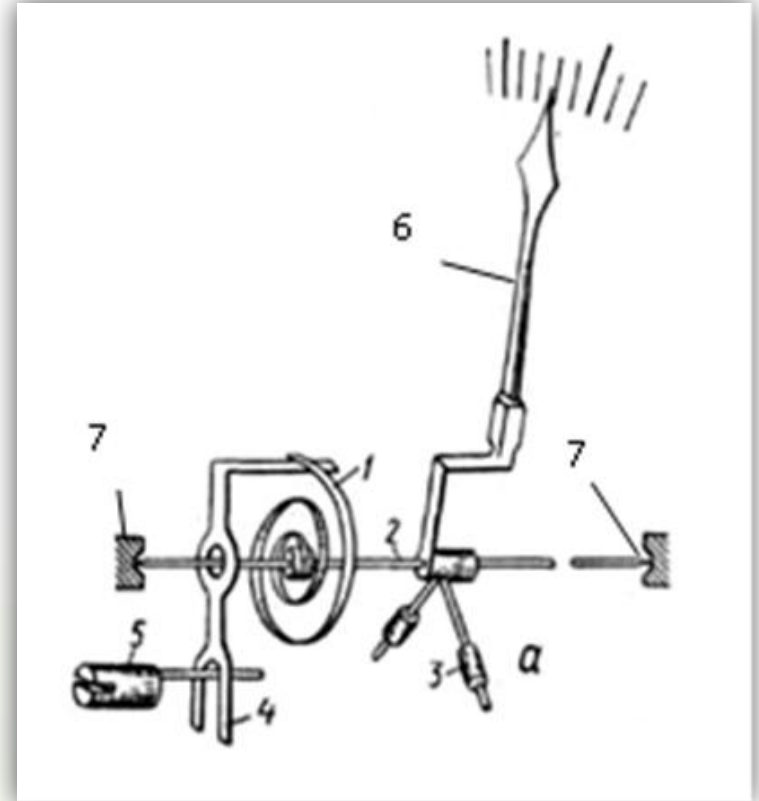
Вимірювальний механізм приладу (рис.1) складається з двох частин: нерухомої та рухомої. Рухома частина закріплюється на алюмінієвій вісі (2), на розтяжках або на підвісі.

Вісь закріплюється в підп'ятниках (7), які виготовляються з твердого матеріалу (сталь, фосфориста бронза, корунд тощо). Розтяжки – це дві стрічки або нитки з бронзового сплаву, на яких підвішується рухома частина приладу

*Електро механічна взаємодія магнітного поля ВМ з вимірюваним струмом в котушці (або котушках) створює обертальний момент приладу, який повертає рухому частину зі стрілкою на деякий кут  $\alpha$  до того моменту, коли настає рівновага між обертовим та протидіючим моментом. Протидіючий момент пропорційний куту закручування спеціальної спіральної пружини (1), яка виготовлена з бронзи, (або розтяжок, або підвісу) з постійним пружним моментом. Таким чином пов'язується значення вимірюваної величини з величиною кута повороту стрілки приладу.*

Важливими частинами електровимірювальних приладів також є (рис. 1): заспокоювач (повітряний, магнітоіндукційний, або рідинний); коректор (5), який призначений для встановлення стрілки приладу (6) на нуль шкали; аретир, що слугує для фіксування рухомої частини приладу при його транспортуванні; корпус, що захищає прилад від механічних пошкоджень та пилу.

Відліковий пристрій складається з шкали та покажчика. Шкала може бути проста та дзеркальна. Дзеркальна шкала дозволяє проводити більш точні вимірювання, оскільки усуває похибку від паралаксу (відлік відбувається при положенні ока оператора, коли стрілка закриває свою тінь на дзеркалі). Покажчиком є стрілка.



**Рисунок 1 – Будова вимірювального механізму приладу:**

1 – пружина, яка створює протидіючий момент; 2 – вісь приладу; 3 – протизваги; 4 – поводок коректора; 5 – коректор; 6 – стрілка; 7 – під'ятники

## Електровимірвальні прилади магнітоелектричної системи

---

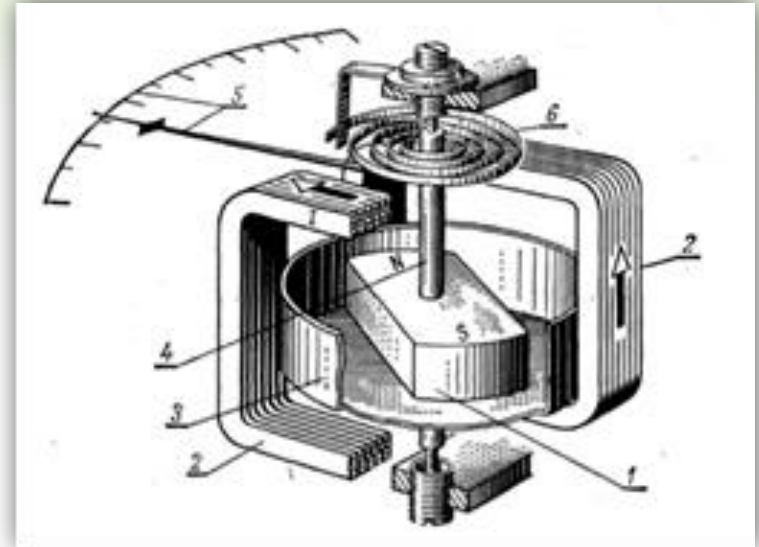
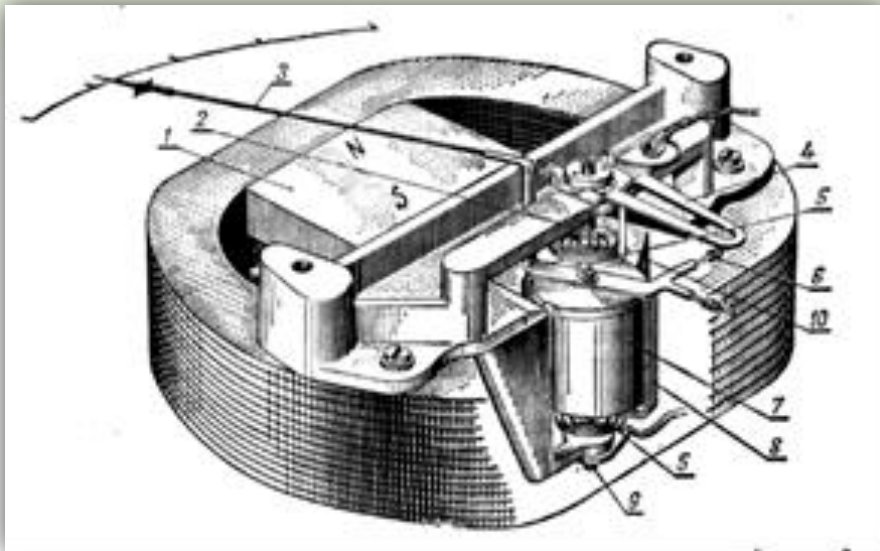
У приладах магнітоелектричної системи (рис.2) використовується взаємодія поля постійного магніту з електричним струмом провідника. Обертальний момент створюється внаслідок взаємодії постійного магніту (1) з провідником зі струмом. Рухомою частиною може бути або рамка зі струмом (8 – на рис. 2, а) або постійний магніт, що розташований на осі (1 – на рис. 2, б).

## Рисунок 2 – Електровимірювальні прилади магнітоелектричної системи:



а) – ВМ з рухомою рамкою; б) – ВМ з рухомим магнітом; в) – ВМ логометра; г) - зовнішній вигляд міліамперметра типу М265М з магнітоелектричною системою:

1 – постійний магніт (на рис. а) – нерухомий; б) - рухомий); 2 – керн (корпус під'ятника); 3 – стрілка; 4 – поводок коректора; 5 – спіральні пружини; 6 – нерухомий феромагнітний циліндр; 8 – рухома рамка; 9 - під'ятники; 10 – полюсні кінцевики магніту; 11 - котушка; 12 – вісь; 13 - магнітоіндукційний заспокоювач (алюмінієвий стакан).





На рамку зі струмом у магнітному полі діє електромагнітна сила, тоді обертальний момент рамки буде пропорційний струму, що протікає в рамці.

$$M_{пр} = m a$$

Якщо протидіючий момент створюється пружиною, то кут повороту рамки (стрілки приладу)  $\alpha$  пропорційний струму  $I$  в рамці:

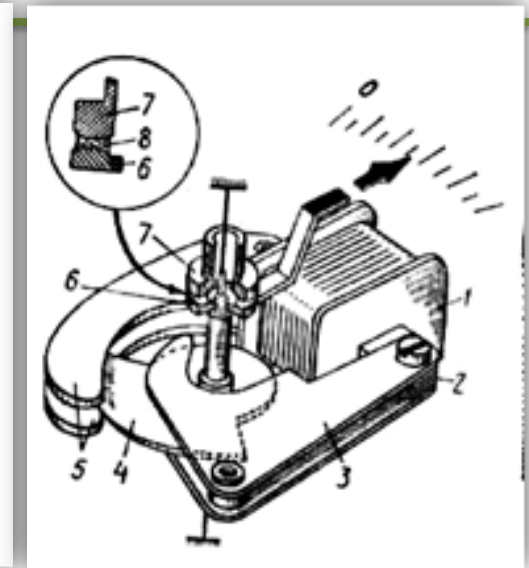
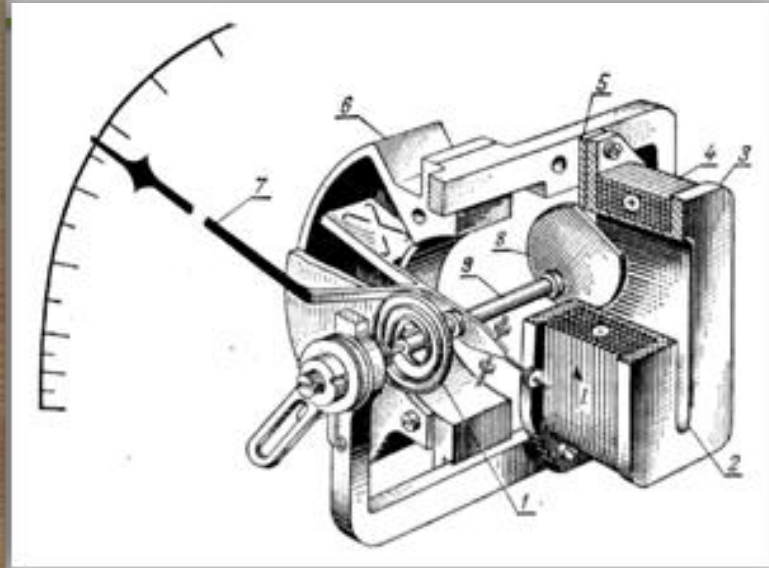
$$\alpha = c I$$

де  $m$  - питомий протидіючий момент;  $c$  – постійна величина.

Величина називається **чутливістю** приладу і характеризує клас точності приладу. Амперметри і вольтметри такої системи мають високий клас точності (до 0,1) та невеликі внутрішні втрати енергії.

Шкала приладів цієї системи рівномірна по всій довжині, а напрям відхилення стрілки визначається напрямом протікання струму.

# Електровимірювальні прилади електромагнітної системи



**Рисунок 3 – Вимірювальний механізм приладів електромагнітної системи:**

а) – з округлою котушкою; б) – з плоскою котушкою; в) – із замкненим магнітопроводом; г) – зовнішній вигляд амперметра типу Э514: 1

– спіральна пружина ; 2 – вікно котушки; 3 – пластмасовий каркас котушки; 4 – нерухома котушка; 5 – магнітний шунт (призначений для зміни чутливості приладу ; 6 – повітряний заспокоювач; 7 – стрілка; 8 – рухоме осердя; 9 – вісь; 10 – протизваги; 11 – стакан (для зміни чутливості); 12 – магнітоіндукційний заспокоювач; 13 – нерухоме феромагнітне осердя; 14 – полюсні кінцевики; 15 – рідинний заспокоювач

*Принцип дії приладів електромагнітної системи ґрунтується на властивості котушки (зазвичай, нерухомої) притягувати феромагнітні тіла (рухоме осердя). ВМ цієї системи виконуються у вигляді округлої або плоскої котушки та із замкненим осердям (рис.3). Найбільш вдосконаленим є ВМ із замкненим магнітопроводом (рис.3, в), принцип дії якого аналогічний звичайним ВМ з котушкою, де силові лінії поля котушки замикаються не в повітрі, по магнітопроводу.*

*Електровимірювальні прилади електромагнітної системи мають **нерухому котушку** (4) і розташовану на **осі** (9) **рухоме феромагнітне осердя** (8) (**стальна пластина**). Ця пластина механічно пов'язана зі **стрілкою** (7), яка може обертатися, закручуючи **пружину** (1). Якщо по котушці протікає струм, що вимірюється, то створене котушкою поле втягує феромагнітну пластинку всередину котушки у **вікно** (2). При проходженні струму по обмотці котушки пластинка зближається з котушкою і повертає стрілку.*

Кут повороту стрілки тим більший, чим більша сила взаємодії, а сила взаємодії пропорційна добутку квадрата сили струму і кількості витків обмотки котушки.

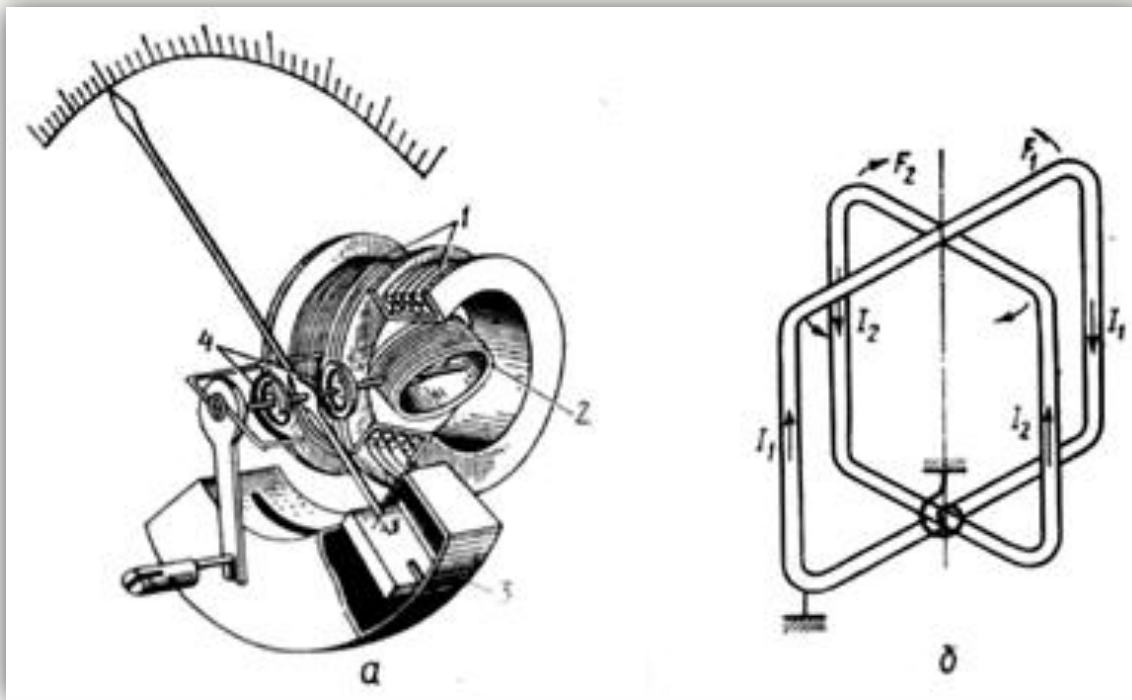
*На цьому принципі створюють амперметри і вольтметри. В амперметрах кількість витків обмотки невелика, провід відносно великого діаметру і відхилення стрілки пропорційне величині сили струму. Вольтметри мають котушки, намотані тонким проводом, з великою кількістю витків. По котушці вольтметра протікає струм, що має малу силу (декілька міліампер), але ця сила струму пропорційна величині напруги згідно із схемою приєднання, тому шкала вольтметра проградуйована в одиницях напруги.*

*Приладом електромагнітної системи можна вимірювати величини як в колах постійного, так і в колах змінного струму.*

# Електровимірювальні прилади електродинамічної системи

---

*Принцип дії приладів електродинамічної системи ґрунтується на динамічній взаємодії двох провідників зі струмами. При однаковому напрямі струмів у провідниках вони притягуються один до одного, а у випадку протилежно направлених струмів, провідники - відштовхуються.*



**Рисунок 4 – Вимірювальний механізм приладів електродинамічної системи:**

а) – будова; б) – принцип дії:

1 – нерухома котушка; 2 – рухома котушка; 3 – повітряний заспокоювач; 4 – спіральні пружини;  
5 - стрілка та зовнішній вигляд електродинамічного ватметра типу АСТД (в).

*Вимірювальний механізм системи (рис.4, а) складається з нерухомої котушки (1) та рухомої (внутрішньої котушки) (2), що закріплена на осі. Струм до нерухомої котушки підводиться завдяки двом спіральним пружинам (4). При увімкненні приладу в коло постійного струму котушки зі струмом взаємодіють між собою: рухома прагне розміститися в площині нерухомої, тобто так, щоб їх магнітні потоки були спрямовані в одному напрямі. Стрілка (5), що прикріплена до рухомої котушки, повертається на деякий кут.*

*Власне магнітне поле електродинамічних механізмів невелике, оскільки силові лінії замикаються по через повітря і тому на прилади цієї системи великий вплив створюють зовнішні електромагнітні поля. Для захисту від них використовують астатичний захист або екранування. Прилад з таким механізмом наведений на рис. 4, в.*

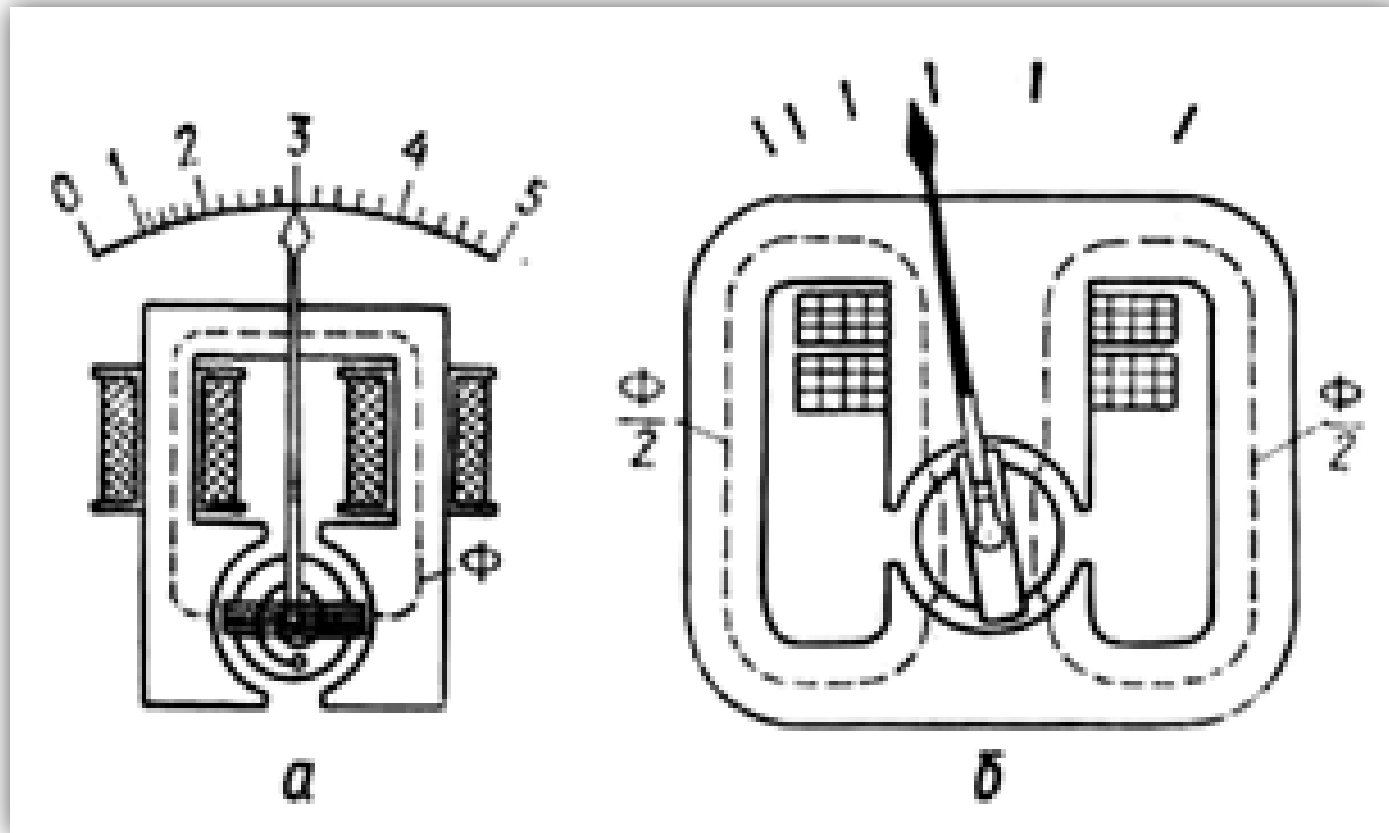
# *Електровимірювальні прилади феродинамічної системи*

---

*Феродинамічний ВМ являє собою різновидність ВМ електродинамічної системи, яка відрізняється тільки наявністю феродинамічного осердя. Саме осердя набирається з тонких ізольованих один від одного листів електротехнічної магнітом'якої сталі.*

А.Мрачковський, кафедра електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій НУБіП  
України





**Рисунок 5 – Різновиди будови вимірювального механізму приладів феродинамічної системи:**

*а) – двокотушковий ВМ; б) – однокотушковий ВМ.*

*Конструктивно ВМ феродинамічної системи виготовляється одно-, дво-, або триелементною (рис.5). Осердя значно підсилює магнітне поле в повітряному проміжку, робить прилад більш чутливим і знижує вплив зовнішніх полів. Нерухома котушка цих приладів розташована на постійному магніті. Це надає механізму більшу стійкість до перевантажень. Шкала приладу може мати рівномірно або нерівномірно нанесені цифрові позначки (рис. 5).*

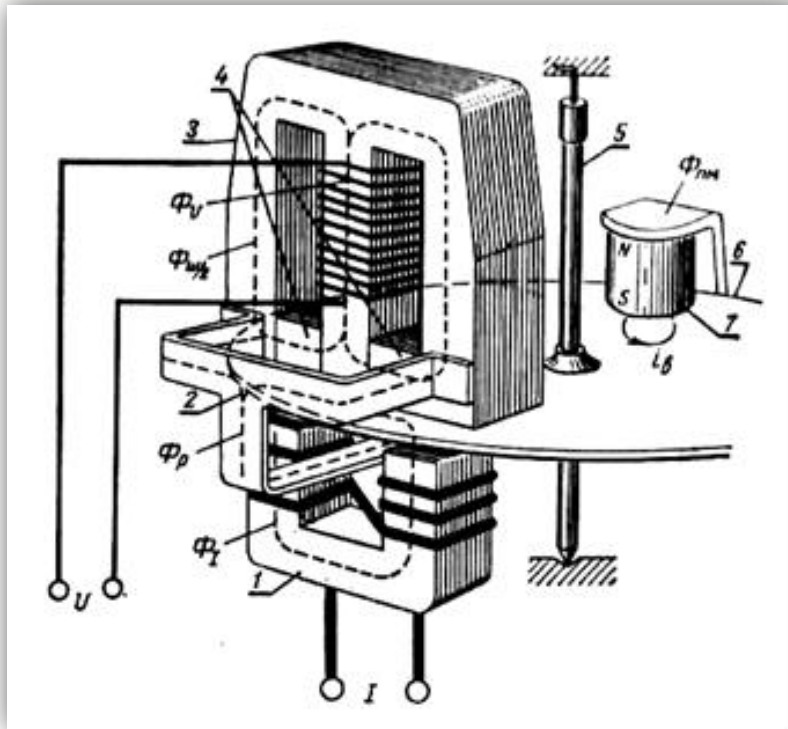
*Прилади цієї системи використовуються в основному як щитові в колах змінного струму. Великий обертальний момент дає змогу використовувати феродинамічні системи в самописних приладах у колах частотою від 10 до 1500 Гц.*

## Електровимірвальні прилади індукційної системи

---

*В приладах цієї системи для переміщення рухомої частини, що виконана у вигляді алюмінієвого диску, використовується явище взаємодії одного або кількох змінних магнітних потоків з індукованими ними в самому диску струмами. Індукційні прилади призначені для роботи тільки в колах змінного струму.*

А.Мрачковський, кафедра електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій НУБіП  
України



**Рисунок 6 – Будова індукційного вимірювального механізму:**

1 – осердя U-подібної форми струмових котушок; 2 – протиполіус; 3 - осердя T-подібної форми котушки напруги; 4 - вставки; 5 – вісь; 6 – алюмінієвий диск; 7 – постійний магніт підковоподібної форми та зовнішній вигляд лічильників активної енергії:

а) – однофазного типу СОЕ - 5020Н; б) – трифазного типу СА4 – 5001



*Принципово прилади індукційної системи можна зробити будь-якого призначення (амперметри, вольтметри, ватметри тощо). Але найбільшого розповсюдження набули індукційні лічильники електричної енергії*

*Для отримання обертального моменту необхідно мати не менше двох змінних магнітних потоків або дві складові одного змінного потоку, що зсунуті за фазою та зміщені у просторі. За кількістю змінних потоків, що взаємодіють зі струмами наведеним ними в диску, індукційні прилади поділяються на однопотоківі та багатопотоківі. Сучасні індукційні прилади, що поширені як одно - або трифазні лічильники електричної енергії змінного струму, є три поточковими з так званим „біжучим” магнітним полем*

Вимірювальний механізм такого пристрою (рис. 1.10) складається з двох електромагнітів, осердя яких набрані з тонких листів електротехнічної сталі. На осерді (1), що має U-подібну форму, розміщені дві послідовно з'єднанні котушки (струмові), які складаються з невеликої кількості витків проводу відносно великого перерізу, що відповідає номінальному струму приладу. На осерді (3), що має тристержневу T-подібну форму із вставками (4) між кінцями його стержнів та проти полюсом з магнітом'якого матеріалу (2) розміщена одна котушка (напруги), яка має велику кількість витків з тонкого мідного проводу та розрахована на номінальну напругу приладу.

Рухомою частиною є алюмінієвий диск (6), який обертається на вісі (5). Коли по струмових котушкам протікає змінний струм, а котушка напруги увімкнена в коло змінного струму, в магнітопроводах електромагнітів з'являються змінні магнітні потоки  $\Phi_I$  та  $\Phi_U$  (пунктирні лінії).

Алюмінієвий диск пронизується трьома змінними магнітними потоками. Потік, що пронизує диск, переміщується від одного полюсу до іншого і проходить за час одного періоду під трьома полюсами. Тому цей потік називають „біжучим”. Таке поле, індукує в диску струми, що тягнуть його в сторону руху потоку.

Результуюче поле, взаємодіючи з вихровими струмами, які виникають в алюмінієвому диску створює обертальний момент.

Протидіючий гальмівний момент (для забезпечення рівномірної кутової швидкості обертання диску) створюється взаємодією магнітного потоку  $\Phi_{п.м}$  постійного магніту (7) та наведених від електрорушійної сили в диску струмів  $i_B$ . Величина гальмівного моменту пропорційна кутовій швидкості обертання диска.

**Перевагою** індукційного механізму є наявність досить великого обертального моменту, а **недоліком** є невелика точність цих приладів (не вище класу 1,0), чутливість до коливань напруги, велика маса.

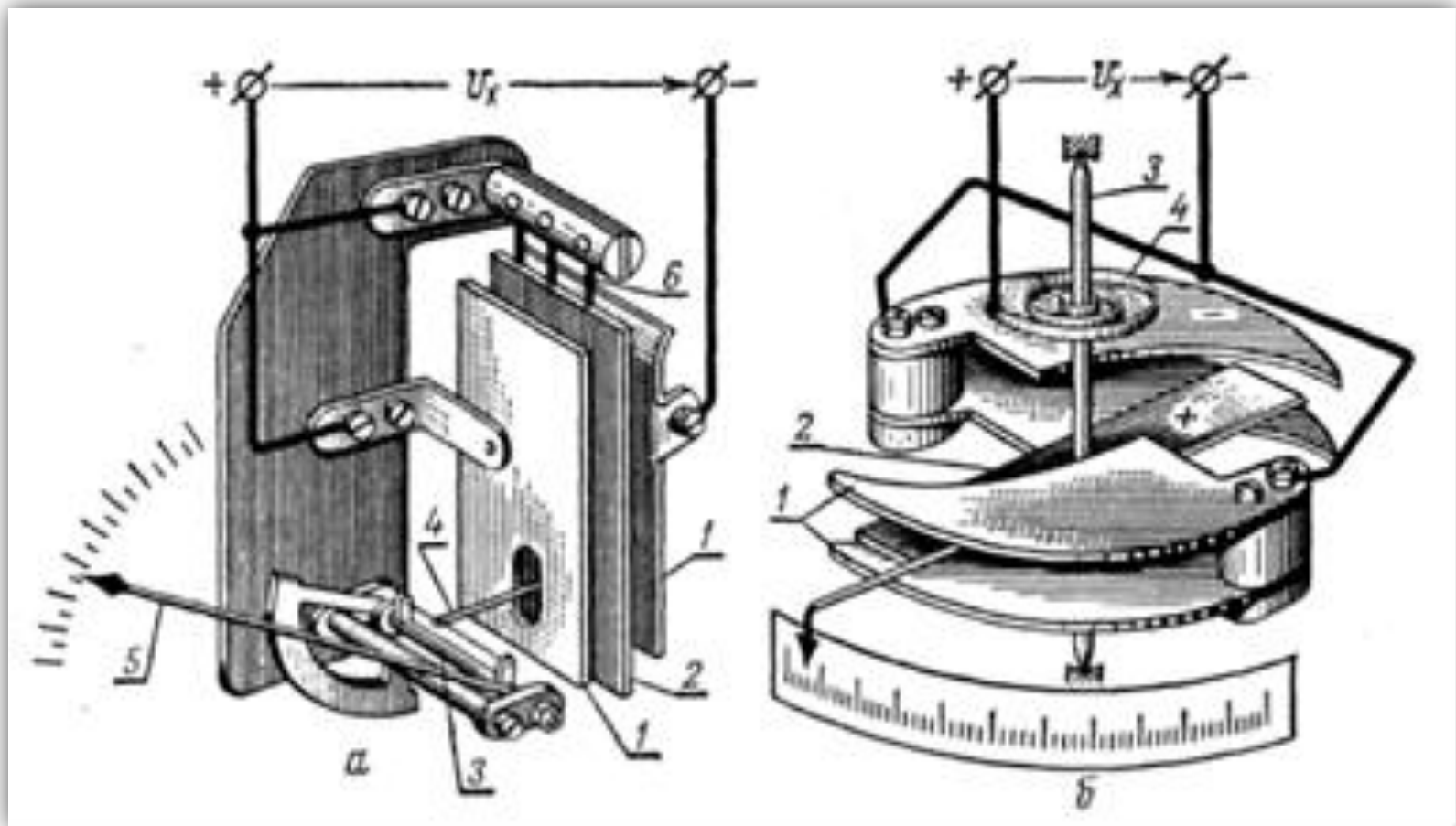
# Електростатична система

---

*Вимірювальний механізм приладів електростатичної системи створюється на принципі взаємодії електрично заряджених провідників: однойменно заряджені провідник відштовхуються, а різнойменні – притягуються. Відхилення рухомої частини таких приладів пов'язано зі зміною ємності системи.*

А.Мрачковський, кафедра електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій НУБіП  
України





**Рисунок 7 – Схема будови вимірювального механізму електростатичного приладу:**

а) - зі змінною відстанню між електродами (пластинами); б) - зі змінною активною площею електродів:

1 – нерухомі пластини; 2 – рухома пластинка; 3 – вісь; 4 – тяга; 5 – стрілка; 6 – бронзові стрічки;  
7 – спіральна пружина.

Електростатичні механізми можуть бути двох типів: зі змінною відстанню між електродами (пластинами) та зі змінною активною площею електродів (рис.7). Під дією вимірюваної напруги, до якої підключений прилад, одна з нерухомих пластин – ліва (1) заряджається позитивно, а інша нерухома - негативно. Рухома пластина (2), яка підвішена на бронзових стрічках (6), притягується до правої пластини та відштовхується від лівої. Відхилення рухомої пластини передається за допомогою тяги (4), що проходить в отворі лівої пластини на вісь (3), яка разом з покажчиком (5) повертається вправо на кут  $\alpha$ , що відповідає вимірюваній напрузі (рис.7, а)

Під дією потенціалу рухома пластина відхиляється, тобто створюється обертальний момент.

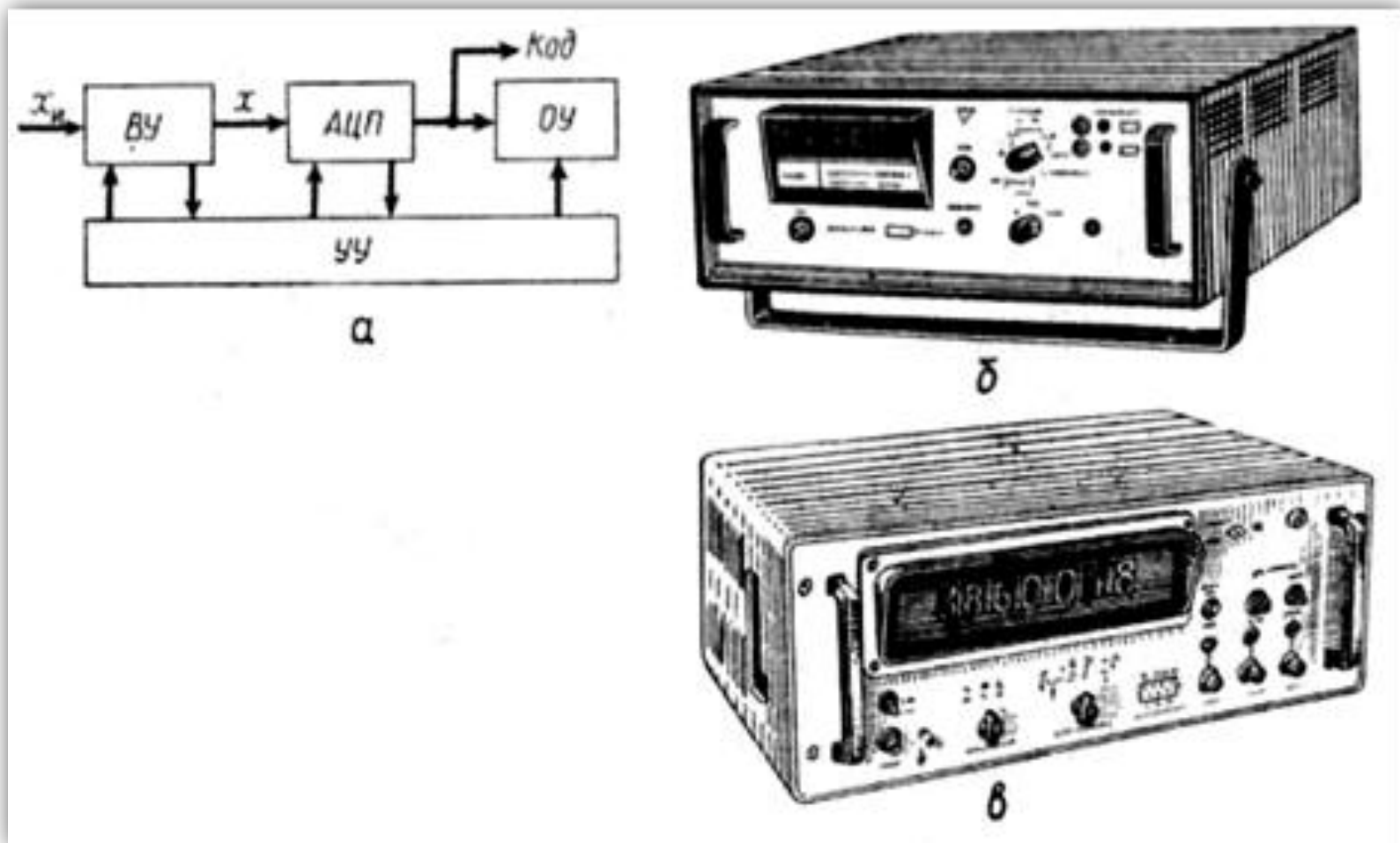
*За подібним принципом працює і інший тип механізму (рис.7, б). Під дією напруги, що вимірюється та яка прикладена до пластин (1) (вони утворюють нерухомі камери) та до рухомих пластин (2), що будуть повертатися на вісі (3), і які прагнутимуть зайняти таке положення, при якому енергія електричного поля системи буде мати максимальне значення. Протидіючий момент створюється спіральною пружиною (7).*

*Прилади електростатичної системи використовуються тільки як вольтметри для вимірювання напруги постійного та змінного струму. Шкала цих приладів - нерівномірна. Клас точності приладів досить низький (1-1,5). Для розширення меж вимірювання застосовують конденсаторні подільники напруги (для змінного струму) та подільники напруги з опорів (для постійного струму).*


# Цифрові прилади

---

Цифровими називаються електровимірювальні прилади, в яких вимірювана безперервна (аналогова) електрична величина автоматично перетворюється в дискретну величину, кодується, а потім у відповідності з кодом подається на відліковому пристрої в цифровій формі. До складу цифрового вимірювального пристрою (ЦВП) входять два функціональних вузли (рис.8, а) аналого-цифровий перетворювач (АЦП) та цифровий відліковий пристрій (ЦВП). АЦП створює код, а ЦВП подає це закодоване значення вимірюваної величини в цифровій формі. Вхідний пристрій (ВП) – це, зазвичай, подільник напруги. Керує процесом вимірювання пристрій керування (ПК) шляхом подачі визначеної послідовності командних сигналів. Зовнішній вигляд цифрових приладів наведений на рис.8, б, в.



**Рисунок 8 – Узагальнена структурна схема ЦВП**  
 (а) та зовнішній вигляд вольтметра типу Щ1412 (б) та частотоміру типу Ф 551



Ще  
трохи?

*5. Вимірювання струмів,  
напруг, потужностей та  
енергії*



**Для вимірювання струму** будь-якої вітки електричного кола амперметр вмикають **послідовно** з елементами кола (рис. 9, а, б). Для зменшення похибки вимірювання потрібно, щоб амперметр був значно меншим (на два порядки) за опір елемента вітки, в якій вимірюється струм.

Якщо на вимірювальній шкалі амперметра позначення зображені поділками, то значення виміряного струму буде дорівнювати:

$$I = C N$$

де  $C$  – постійна амперметра або ціна поділки,  $A/\text{поділку}$ ;

$N$  - кількість поділок, на які відхилилась стрілка амперметра.

**Постійна амперметра  $C$**  визначається за формулою:

$$C = I_n / N_n$$

де  $I_n$  – межа вимірювання амперметра,  $A$ ;  $N_n$  - загальна кількість поділок шкали.



**Для вимірювання напруги** вольтметр вмикають **паралельно** елементу, напругу на якому потрібно визначити (рис. 9, а, в). Для зменшення похибки вимірювання опір вольтметра повинен бути великим (на два порядки більшим за опір елемента, на якому вимірюється напруга).

Якщо на вимірювальній шкалі вольтметра позначення зображені поділками, то значення виміряної напруги буде дорівнювати:

$$U = C N$$

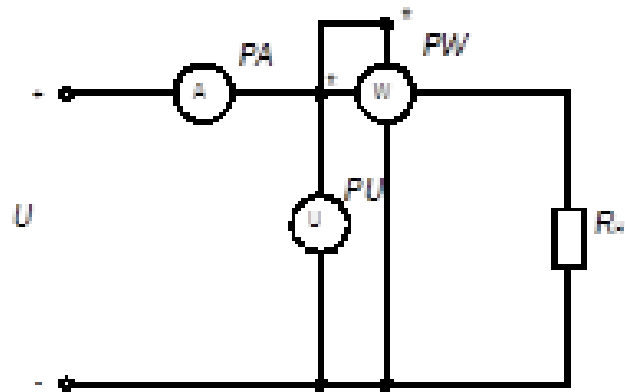
де  $C$  – постійна вольтметра або ціна поділки, В/поділку;

$N$  - кількість поділок, на які відхилилась стрілка вольтметра.

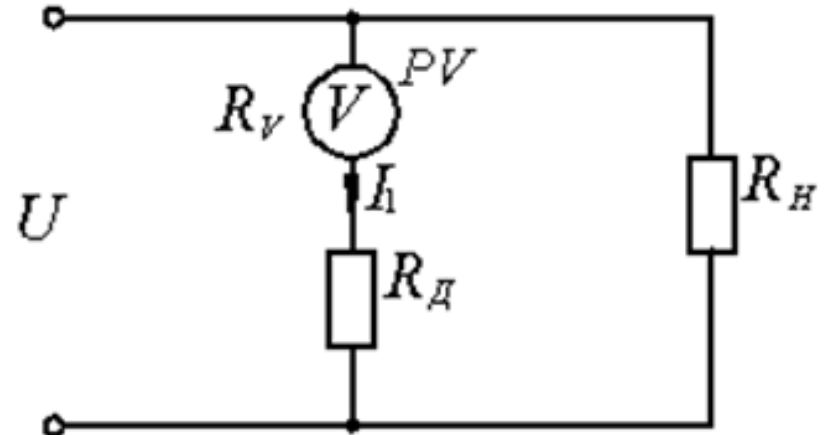
**Постійна вольтметра** визначається за формулою:

$$C = U_n / N_n$$

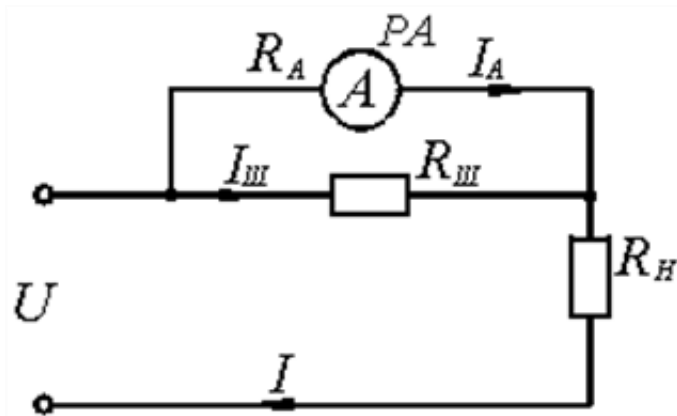
де  $U_n$  – межа вимірювання вольтметра, В;  $N_n$  - загальна кількість поділок шкали.



а



в



б

**Рисунок 9 – Схеми увімкнення електровимірювальних приладів в колах постійного струму:**  
 а) - амперметра, вольтметра, ватметра; б) - амперметра із шунтом; в) - вольтметра з додатковим опором

**Потужність** у колі постійного струму обчислюється за показами амперметра і вольтметра:

$$P = UI$$

Частіше вимірюють потужність за допомогою електродинамічного або феродинамічного ватметрів (рис.9, а)

Якщо на вимірювальній шкалі ватметра позначення зображені поділками, то значення виміряної потужності буде дорівнювати:

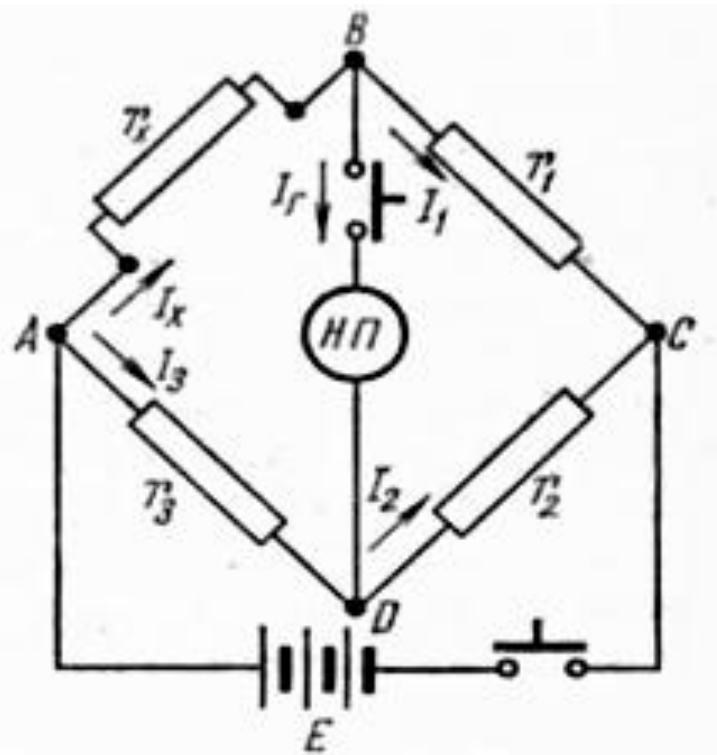
$$P = CN = U_n i I_n n / N_n$$

де  $n$  - кількість поділок, на які відхилилась стрілка ватметра;

$U_n$  і  $I_n$  - відповідно межа вимірювання напруги і струму ватметра, В, А;

$N_n$  - повна кількість поділок шкали.

Енергію в колах постійного струму вимірюють електродинамічним, магнітоелектричним лічильниками.



**Вимірювання опору** залежно від його значення розподіляється на три групи: вимірювання малих опорів (до 1 Ом), середніх (від 1 до 100 МОм) та великих (від 100 МОм). Метод вимірювання опору амперметром та вольтметром застосовується для технічних вимірювань опору середніх значень. Опір визначається за законом Ома за показами амперметра і вольтметра за схемою наведеною на рис. 9, а.

Опір також визначається за допомогою приладів: омметра, мегомметра, мостів постійного та змінного струму, комбінованих приладів – ампервольтметрів (мультиметрів), які застосовуються для вимірювання струму, напруги, опору (рис. 10).



Кінець пари ! 😊

