

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ФІЗИКА.
ВСТУП ДО ПРАКТИКУМУ З ЕЛЕКТРИКИ ТА МАГНЕТИЗМУ

для студентів галузей знань:

- 10 Природничі науки
- 12 Інформаційні технології
- 13 Механічна інженерія
- 14 Електрична інженерія
- 15 Автоматизація та приладобудування
- 17 Електроніка та телекомунікації
- 18 Виробництво та технології
- 19 Архітектура та будівництво
- 27 Транспорт

Дніпро
НГУ
2016

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА
Кафедра фізики

Л.І. Барташевська, А.С. Зайцев

ФІЗИКА.
ВСТУП ДО ПРАКТИКУМУ З ЕЛЕКТРИКИ ТА МАГНЕТИЗМУ

для студентів галузей знань:

- 10 Природничі науки
- 12 Інформаційні технології
- 13 Механічна інженерія
- 14 Електрична інженерія
- 15 Автоматизація та приладобудування
- 17 Електроніка та телекомунікації
- 18 Виробництво та технології
- 19 Архітектура та будівництво
- 27 Транспорт

Дніпро
НГУ
2016

Фізика. Вступ до практикуму з розділу «Електрика та магнетизм». Методичні вказівки для студентів усіх спеціальностей./ Л.І.Барташевська, А.С. Зайцев. – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2016. – 8 с.

Автори:

Л.І.Барташевська, А.С. Зайцев., кандидати фіз.-мат. наук.

Затверджено до видання редакційною радою Державного ВНЗ «НГУ» протокол № 3 від 3.03.2016 р. за поданням методичної комісії за напрямком 184 Гірництво (протокол №1 від 15.01.2016 р.).

Методичні матеріали призначені для самостійної підготовки студентів усіх інженерних спеціальностей до розділу «Електрика та магнетизм».

Розглянуто системи електровимірювальних приладів, правила їх підключення до схеми та розширення діапазону вимірюваних величин.

Рекомендації орієнтовано на активацію навчальної діяльності студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри фізики канд. фіз.-мат. наук, проф. І.П. Гаркуша.

Метою цих методичних вказівок є ознайомлення студентів, які вивчають розділ «Електродинаміка» і що виконують лабораторні роботи у відповідних лабораторіях, з використовуваними в лабораторних роботах приладами, принципами їх роботи, правилами їх підключення і способами розширення діапазону відповідних вимірюваних величин.

Поняття про принципи роботи приладів електровимірювань.

У практикумі по електриці необхідно вимірювати електричні величини - струм, напругу, електричний заряд, опір резисторів і так далі. Для визначення чисельних значень цих величин використовують прилади електровимірювань. За допомогою цих приладів можна вимірювати і неелектричні величини - інтенсивність світла, тиск, температуру і так далі

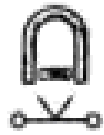
Тому у будь-якому приладі електровимірювання виділяють дві основні частини: 1) вимірювальний електричний ланцюг, який перетворює вимірювану величину в електричний струм або напругу; 2) вимірювальний механізм, що перетворює підведену до нього електричну енергію в механічну (теплову, магнітну.) і викликає переміщення рухливої частини механізму відносно його нерухомої частини.

За призначенням основні прилади електровимірювань діляться на:

1. Прилади, використовувані для виміру дуже малих струмів, напруги і як покажчики відсутності струму при вимірах в мостових схемах - гальванометри.
2. Прилади для виміру сили струму - міліамперметри і амперметри.
3. Прилади для виміру напруги - вольтметри.
4. Прилади для виміру електричних опорів резисторів - омметри і так далі

За принципом роботи прилади електровимірювань діляться на: прилади магнітоелектричної електромагнітної, електродинамічної і так далі систем. Символ, що вказує принцип дії приладу наносять на шкалу. Умовні позначення систем приладів, використовуваних в лабораторних роботах, наводяться в таблиці 1.

Таблиця 1.

	Магнітоелектрична		Теплова
	Електромагнітна		Термоелектрична
	Електродинамічна		Електростатична

Наприклад, на Рис. 1. показана шкала приладу, розрахованого на виміри постійного струму від 0 до 250 мА.



Рис.1.

Цей прилад магнітоелектричної системи призначений для виміру постійних струмів, клас точності 1,5 (вказаний в кружечку). Прилади класів 0,1; 0,2; 0,5 застосовують для точних вимірів. У техніці (у лабораторних роботах) використовують менш точні прилади класів 1; 1,5; 2,5; 4.

Показник класу показує абсолютну погрішність у відсотках від шкали виміру приладу.

Наприклад, міліамперметр класу 1,5 з шкалою 250 mA дасть у будь-якому місці шкали абсолютну погрішність що не перевищує

$$\Delta I = \pm 250 \cdot 0,015 = \pm 3,75 \text{ mA}$$

Розглянемо детальніше принцип дії приладів різних систем.

1. Прилади магнітоелектричної системи

Принципова схема вимірювального механізму приладу цієї системи показана на рис.2.

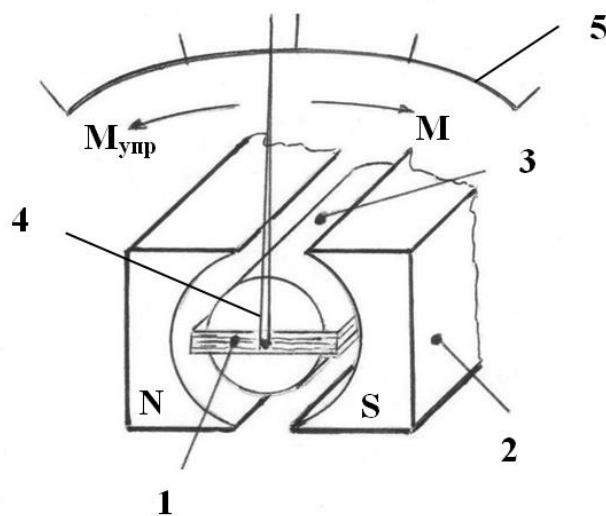


Рис. 2.

Основні частини цього механізму: 1 - рухлива котушка, що складається з алюмінієвого каркаса прямокутної форми з намотаним тонким мідним дротом; 2 - сильний постійний магніт з полюсними наконечниками, зверненими один до одного увігнутими

циліндричними поверхнями; 3 - нерухомий феромагнітний циліндр; 4 - стрілка, жорстко пов'язана з рамкою; 5 - шкала приладу.

Завдяки феромагнітному сердечникові 2 в кільцевому проміжку між ним і смугами магніту створюється сильне радіальне магнітне поле. Магнітна індукція цього поля не змінюється у напрямі тих, що утворюють циліндра. Тому бічні сторони рамки знаходяться в постійному магнітному полі незалежно від їх положення. Силові лінії магнітного поля перпендикулярні до її бічних сторін.

При проходженні струму через котушку виникає магнітний момент

$$\vec{P}_m = N \cdot I \cdot S \cdot \vec{n} \quad (1)$$

де N - число витків в котушці, I - сила струму в ній, S - площа поперечного перерізу котушки $\vec{n}$ - одиничний вектор нормалі до перерізу котушки.

На рамку із струмом, що знаходиться в магнітному полі, діє момент пари сил $\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}]$. Цей момент створюють сили Ампера, прикладені до бічних сторін рамки. Модуль моменту пари сил дорівнює

$$M = P_m \cdot B \cdot \sin 90^\circ = I \cdot S \cdot N \cdot B \quad (2)$$

Видно, що чисельне значення обертового моменту не залежить від кута повороту рамки і пропорційно струму через котушку (вимірюваному струму).

Рамка підвішена в магнітному полі на двох розтяжках (на Рис. не показані). Розтяжка - металева стрічка, одним кінцем прикріплена до рамки, а іншим - до нерухомої частини вимірювального механізму. Розтяжки підтримують в потрібному положенні рамку в полі і підводять струм до рамки, створюють протидіючий момент, що виникає при їх закручуванні.

При повороті котушки під дією обертового моменту $\vec{M}$ закручується і розтяжка. У ній виникає протидіючий момент $\vec{M}_{упр}$. Модуль моменту пружних сил $M_{упр} = D \cdot \varphi$ де D - постійна кручення, (φ - кут закручування (повороту)).

У положенні рівноваги $M = M_{упр}$.

$$I \cdot S \cdot N \cdot B = D \cdot \varphi; \quad \varphi = \frac{S \cdot N \cdot B}{D} I \quad (3)$$

$$\text{де } \frac{S \cdot N \cdot B}{D} = C \text{ постійна приладу.} \quad (4)$$

Величина $\gamma = \frac{1}{C}$ називається чутливістю приладу.

З (2) витікає, що шкала приладу рівномірна.

Через те, що рамка виконана з алюмінію, то індукційний струм, що виникає в самому корпусі, створює гальмівний момент. Це призводить до швидкого згасання коливань рамки (її заспокоєнню).

Період коливань рамки залежить від її моменту інерції відносно осі обертання і зазвичай дорівнює секундам. Тому такий вимірювальний механізм не можна безпосередньо застосовувати для виміру струму в ланцюгах змінного струму.

Якщо використати випрямляч - пристрій для перетворення змінного струму (напруги) в постійний, то прилади магнітоелектричної системи можна використати в широкій області частот.

Достоїнства магнітоелектричних приладів: висока чутливість і точність вимірів, мале споживання енергії, рівномірність шкали, нечутливість до зовнішніх магнітних полів, аперіодичність коливань рамки із стрілкою(швидке встановлення свідчень).

Прилади магнітоелектричної системи(гальванометри) можна використати для виміру заряду q , що проходить через поперечний переріз ланцюга при імпульсі струму. Такий гальванометр є основною частиною веберметра, який використовують для виміру магнітних потоків і індукції магнітного поля. Принципова схема для виміру магнітної індукції за допомогою веберметра показана на Рис. 3.

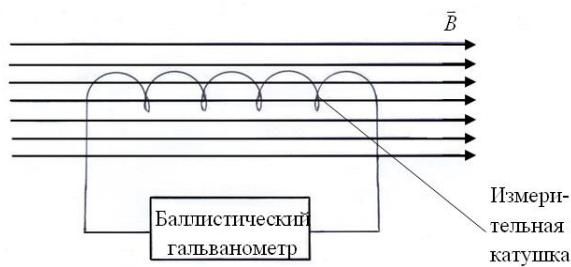


Рис. 3.

Нехай вимірювальна котушка веберметра, яка має N витків, підключена до балістичного гальванометра і знаходиться усередині довгого соленоїда, струм через який не йде. Осі котушки і соленоїда співпадають. Якщо включити струм, що створює магнітне поле в соленоїді, то повний магнітний потік (потокосцеплення) крізь котушку стане рівним

$$\Psi = NBS$$

У ланцюзі веберметра виникне короточасний індукційний струм, а балістичний гальванометр зафіксує заряд q , що пройшов через нього.

$$q = C\Delta n, \quad (5)$$

де C - постійна балістичного гальванометра, (n - число поділок шкали приладу при відхиленні стрілки.

Із закону Фарадея для електромагнітної індукції слідує:

$$\text{ЕДС індукції } \xi = -\frac{d\Psi}{dt},$$

Із закону Ома для однорідної ділянки ланцюга

$$\xi = IR = \frac{dq}{dt} R,$$

де R - опір вимірювального ланцюга.

Порівнюючи ці два рівняння отримаємо:

$$-\frac{d\Psi}{dt} = \frac{dq}{dt} R$$

Звідси слідує:

$$q = -\frac{1}{R} \int_0^{\Psi} d\Psi$$

Проінтегрував це вираження, отримаємо:

$$q = \frac{\Psi}{R} = \frac{NBS}{R} \quad (6)$$

Порівнюючи(5) і (6) і враховуючи (4), отримаємо:

$$C\Delta n = \frac{NBS}{R}$$

Ввівши позначення $K=CR$, отримане вираження можна записати:

$$K\Delta n = NBS \rightarrow B = \frac{K\Delta n}{NS}$$

Величина K - це ціна поділки веберметра.

2. Прилади електромагнітної системи

Прилади електромагнітної системи застосовують для вимірів в ланцюгах постійного і змінного струмів.

Вимірювальний механізм містить нерухому котушку 1, плоский феромагнітний сердечник 2. Під дією магнітного поля, що створюється котушкою, феромагнітний сердечник намагнічується і втягується всередину котушки. При цьому обертається і пов'язана з сердечником стрілка 4 вимірювальної прилади. Протидіючий момент створюється спіральною пружиною 3. Шкала приладу 5 нелінійна (квадратична) (рис.4).

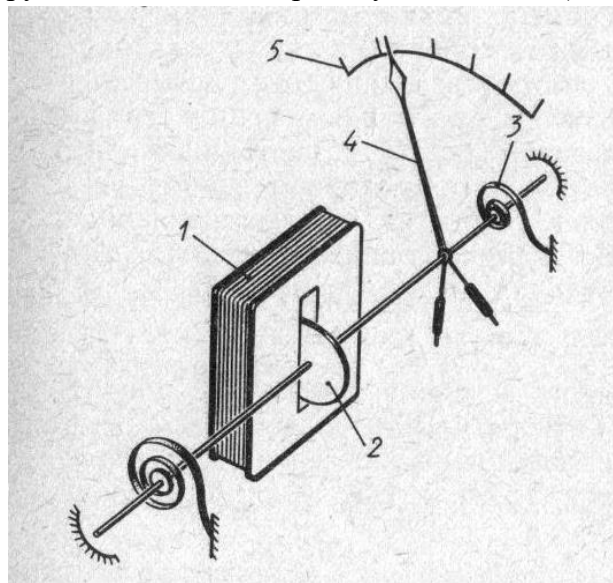


Рис. 4.

Підбором форми сердечника домагаються того, що шкала приладу виявляється практично рівномірною, починаючи зі значень, що становлять $0,15 \div 0,2$ граничного вимірюваного струму. Приладами електромагнітної системи в ланцюзі змінного струму вимірюють діюче (ефективне) значення струму.

$$I_{дейст} = \frac{I_{ампл}}{\sqrt{2}}$$

Відмінністю приладів електромагнітної системи є можливість вимірювати як постійні, так і змінні струми, простота конструкції, стійкість до перевантажень.

До недоліків електромагнітних вимірювальних приладів можна віднести нерівномірність шкали, меншу точність, ніж в магнітоелектричних приладах, залежність показань від зовнішніх магнітних полів.

3. Реостати, магазини опорів.

Реостат - змінний опір, який включають в електричний ланцюг послідовно(у розрив ланцюга) для зміни струму в цьому ланцюзі. Схема включення реостата показана на рис. 5а.

Для зміни напруги змінний опір включають за схемою потенціометра (Рис. 5 б). Переміщаючи повзунок, можна отримати різницю потенціалів від $-U$ до $+U$ В.

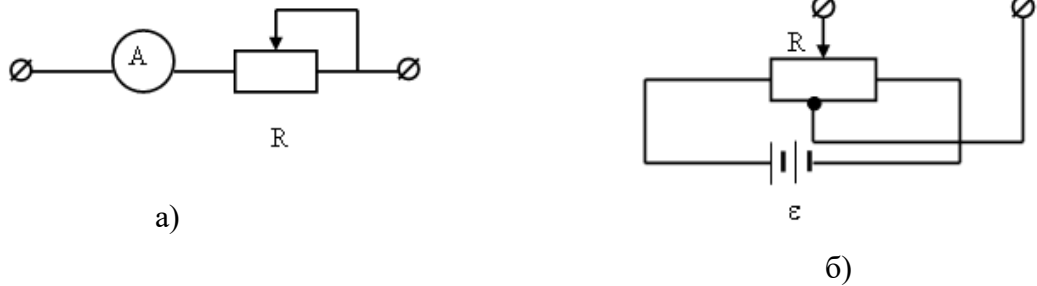


Рис. 5.

Для підбору опорів в широкому діапазоні застосовують магазини опорів.

Набір опорів в магазині - це котушки, на які намотують ізолюваний манганиновий дріт.

При намотуванні високоомних опорів використовують біфілярне намотування. В цьому випадку індуктивність котушки буде мінімальною $L \sim 0$.

Вимір великих постійних струмів безпосередньо приладами утруднено, а часто і неможливо. Для розширення меж виміру, наприклад міліамперметра, служать шунти. Шунт - опір, який включається паралельно тій ділянці ланцюга, на якій треба змінити (зменшити) струм.

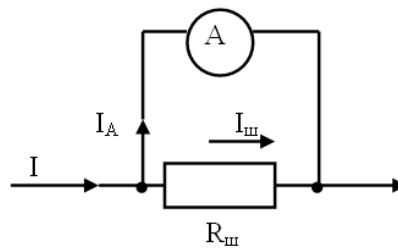


Рис. 6.

$$I = I_A + I_{ш} \quad I_A \cdot R_A = I_{ш} R$$

$$R_{ш} = \frac{I_A \cdot R_A}{I_{ш}} = \frac{I_A \cdot R_A}{I - I_A} = \frac{R_A}{n - 1};$$

$$n = \frac{I}{I_A}; \quad R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}$$

У багатограничних міліамперметрах (амперметрах) є набір шунтів, перемикаючи які можна змінювати межі виміру струму. На Рис. 7. R_0 - внутрішній опір приладу.

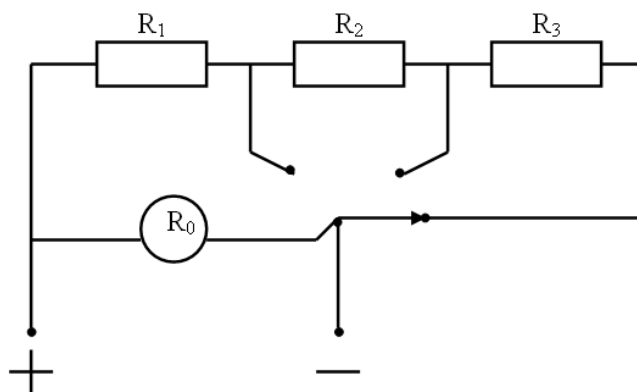


Рис. 7.

Міліамперметр(амперметр) можна використати як вольтметр, якщо включити послідовний додатковий опір $R_{доб}$.

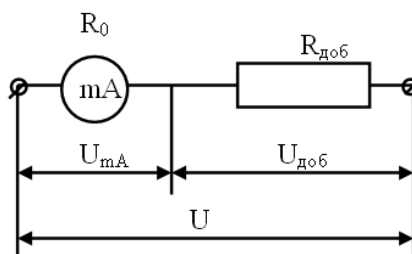


Рис. 8.

R_0 - опір рамки приладу.

$$U = U_{mA} + U_{доб}; \quad R_{доб} = \frac{U_{доб}}{I}; \quad I = \frac{U_{mA}}{R_0}$$

$$R_{доб} = \frac{(U - U_{mA}) \cdot R_0}{U_{mA}} = \left(\frac{U}{U_{mA}} - 1 \right) R_0 = (n - 1) R_0$$

$$R_{доб} = (n - 1) R_0 \quad n = \frac{U}{U_{mA}} .$$

Література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. У 3 т. Т. 2 Електрика та магнетизм – К.: «Техніка», 2006. – 452 с.
2. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф.: Курс фізики. У 2 кн.: Кн.1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. К.: «Либідь», 2001. – 448 с.
3. Трофімова Т.І. Курс фізики. – М., «Академия», 2005. – 560 с.

Барташевська Людмила Іванівна
Зайцев Анатолій Семенович

ФІЗИКА.

ВСТУП ДО ПРАКТИКУМУ З ЕЛЕКТРИКИ ТА МАГНЕТИЗМУ
для студентів усіх спеціальностей з дисципліни «Фізика»