

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ЕРС ТА ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ

Мета: ознайомитися з одним із методів вимірювання ЕРС, внутрішнього опору, ККД джерела струму; визначити питомий опір дроту; набути навичок користування амперметром, вольтметром, мікрометром.

Обладнання: досліджуваний гальванічний елемент (акумулятор або батарейка кишенькового ліхтарика) дріт з матеріалу з великим опором (натягнутий на дерев'яну планку, джерела постійного струму, лабораторний амперметр, лабораторний вольтметр, реостат на 6-8 Ом і 2 А, вимикач та з'єднувальні провідники.

Література [3] §61, [5] §16.15, [6] §58

Теоретичні відомості.

Опір - це основна електрична характеристика провідника. Він виражає міру протидії речовини провідника напрямленому рухові вільних заряджених частинок у ньому. Експерименти показали, що електричний опір провідника R прямо пропорційний його довжині l і обернено пропорційний площі поперечного перерізу S :

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Числове значення питомого опору дорівнює опору провідника завдовжки 1 м з площею поперечного перерізу 1 м². У СІ питомий опір вимірюють в омах на метр: $[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$. Значення питомого опору речовини занесене до таблиць

Експериментально встановлену залежність сили струму I від напруги U і електричного опору R частини кола називають **законом Ома для ділянки кола: сила струму I прямо пропорційна напрузі U і обернено пропорційна електричному опору R однорідної ділянки кола:**

$$I = \frac{U}{R}$$

Дія сторонніх сил характеризується важливою фізичною скалярною величиною - **електрорушійною силою**. Електрорушійна сила в замкненому контурі дорівнює відношенню роботи сторонніх сил під час переміщення заряду вздовж контуру до заряду:

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

Як і напругу чи потенціал у СІ ЕРС вимірюють у вольтах:
 $[\varepsilon] = \text{В}$.

Сила струму в замкненому колі дорівнює відношенню ЕРС джерела струму до повного опору кола.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

- називають **законом Ома** для повного кола.

Під час значного зменшення опору зовнішньої ділянки кола ($R \rightarrow 0$) струм досягає максимального для джерела значення:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\varepsilon}{r}$$

Такий випадок називають коротким замиканням, а відповідне значення струму - струмом короткого замикання $I_{\text{кз}}$.

Коротке замикання - головний недолік паралельного з'єднання. Унаслідок короткого замикання енергія проходить через один із паралельно з'єднаних опорів (найменший), без струму залишаються інші споживачі. Це призводить до загоряння ізоляції, розплавлення з'єднувальних провідників і спричиняє пожежу. Для уникнення цієї небезпеки в електричних колах застосовують автоматичні вимикачі струму (плавкі запобіжники, механічні реле тощо).

Напруга на зовнішньому опорі замкненого кола завжди менша від ЕРС, що дорівнює:

$$U = I \cdot R = \varepsilon - I \cdot r.$$

Будь-який електричний прилад розрахований на споживання певної енергії за одиницю часу. Тому поряд із роботою струму велике значення має **потужність струму**. Вона дорівнює відношенню роботи струму за час Δt до цього часу:

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}.$$

Як і в механіці, її вимірюють у ватах (Вт). На більшості приладів вказано потужність, яку вони споживають. На практиці широко застосовують одиницю потужності - кіловат і одиницю роботи - кіловат-годину:

$$1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}, 1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

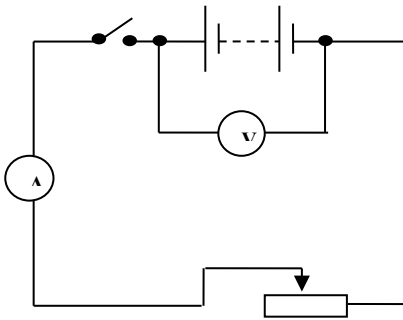
Потужність струму $P = IU = I^2 R$, що споживається зовнішньою ділянкою повного кола, називають корисною. Затраченою потужністю називають потужність джерела струму $P_{\text{зат}} = \varepsilon I = I^2 (R + r)$. Коефіцієнт корисної дії джерела

$$\eta = \frac{P}{P_{3\pi T}} \cdot 100 = \frac{I^2 R}{I^2 (R+r)} \cdot 100 = \frac{R}{R+r} \cdot 100$$

Коефіцієнт корисної дії зростає зі зменшенням внутрішнього опору джерела.

Хід роботи.

Завдання 1.



1. Складіть електричне коло за схемою. Перевірте надійність електричних контактів, правильність вмикання амперметра і вольтметра.
2. Зніміть покази вольтметра, коли вимикач розімкнутий. Напруга, яку він показує, і буде рівна ЕРС, якщо знехтувати падінням напруги на внутрішньому опорі.
3. Замкніть коло і за допомогою реостата відрегулюйте силу струму так, щоб стрілка амперметра встановилася проти цілої поділки шкали амперметра.
4. Запишіть значення сили струму I та напруги на зовнішній ділянці кола U .

5. Обчисліть внутрішній опір джерела струму

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I}.$$

6. Обчисліть ККД джерела струму і значення запишіть до таблиці

$$\eta = \frac{R}{R+r} \cdot 100\% = \frac{U}{\varepsilon} \cdot 100\%.$$

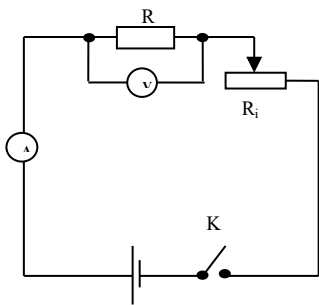
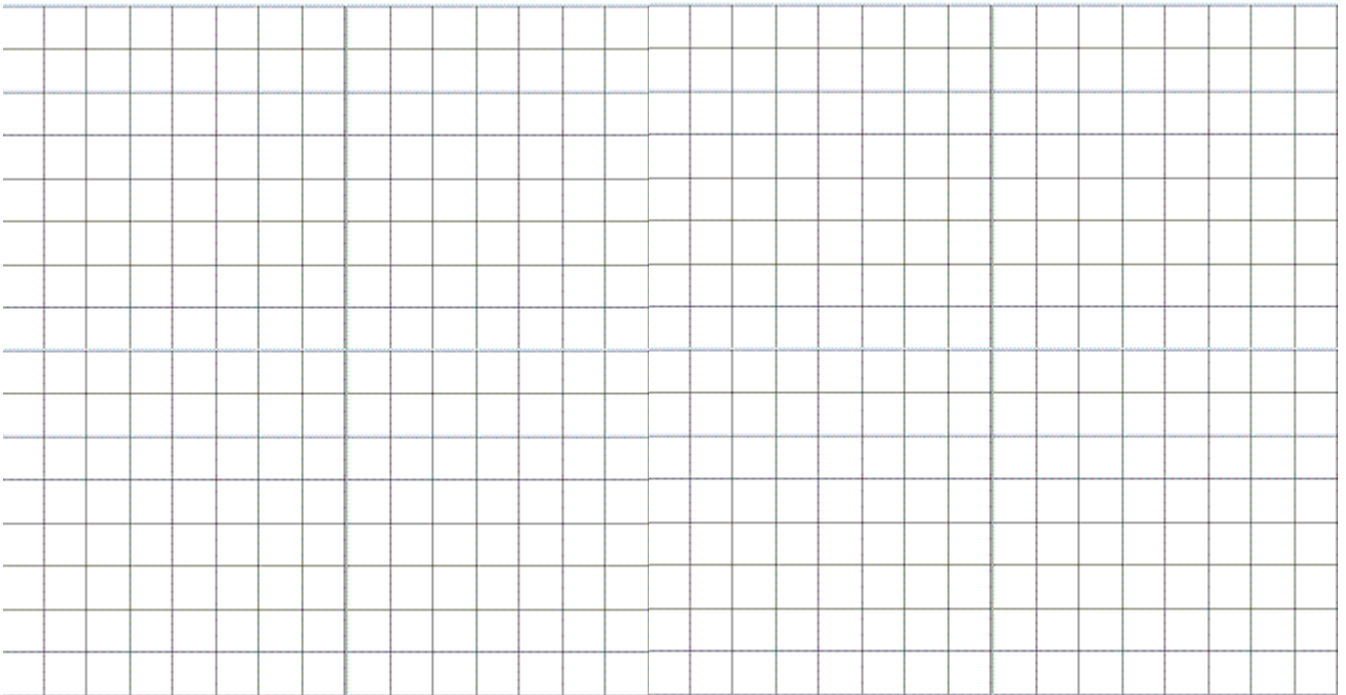
7. Використавши дані про клас точності амперметра і вольтметра, визначити максимальну відносну похибку результату :

$$\delta = \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta \varepsilon + \Delta U}{\varepsilon - U}$$

8. Визначити максимальну абсолютну похибку: $\Delta \mathbf{r} = \delta \cdot \mathbf{r}$

[illegible]

Для обчислень:



1. Складіть електричне коло за схемою. Змінюючи положення повзунка реостата, підберіть силу струму, не більшу за 0,5А (щоб не перевантажити джерело струму).
2. Виміряйте силу струму I та наругу U на досліджуваному опорі при цій силі струму.
3. Виміряйте довжину провідника лінійкою, а діаметр дроту d - мікрометром у трьох-чотирьох місцях. Якщо результати вимірювань дроту різні, то оберіть середнє значення діаметра.
4. Обчисліть приблизне значення питомого опору провідника за формулою:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{R \cdot \pi \cdot d^2}{4} = \frac{U \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot I \cdot l}.$$

5. Визначить інструментальні похибки вимірювальних приладів в похибки відліку. Обчисліть максимальні похибки вимірювань величин I, U, l, d . Обчисліть максимальну відносну й абсолютну похибки вимірювання питомого опору провідника.

$$\delta = \left(\frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta l + 2\Delta d}{l - 2\Delta d} \right) \cdot 100\%,$$

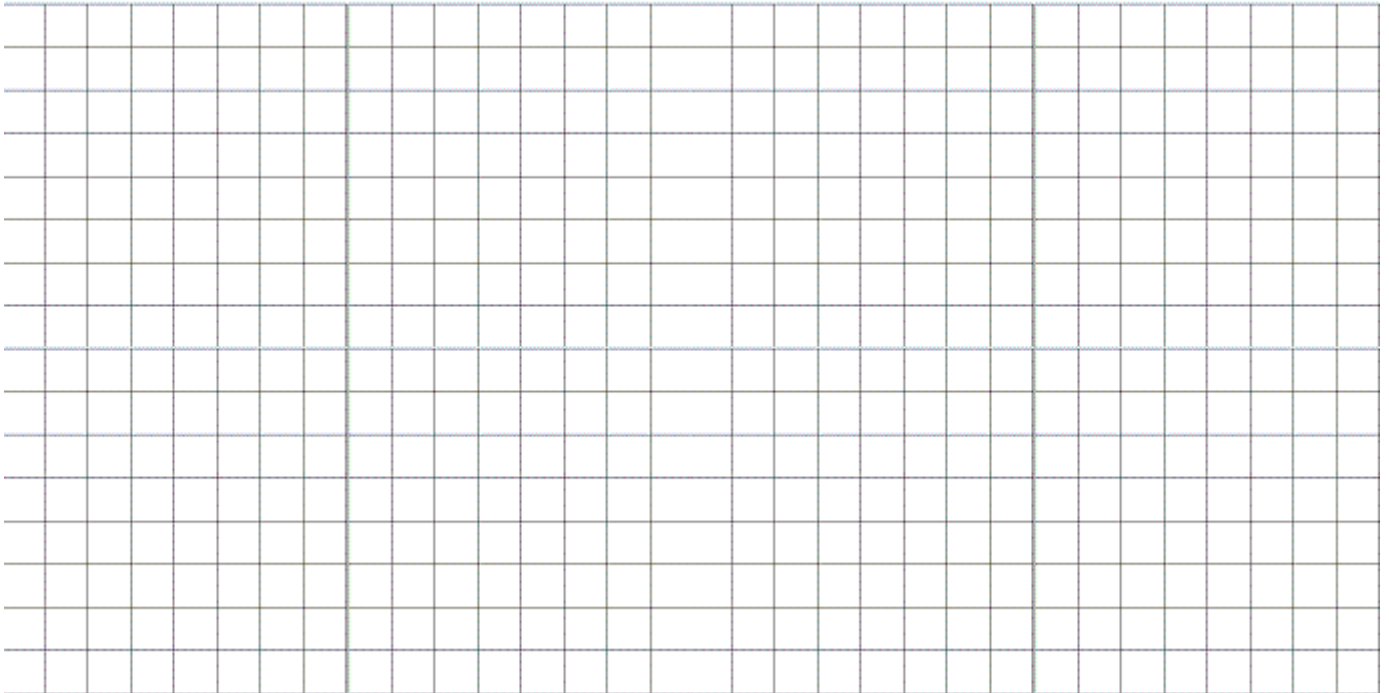
$$\Delta \rho = \rho \cdot \delta.$$

6. Результати вимірювань і обчислень запишіть у таблицю:

I, A	$\Delta I, A$	U, B	$\Delta U, B$	l, m	$\Delta l, m$	d, m	$\Delta d, m$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$\delta, \%$	$\Delta \rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$

7. За допомогою довідника визначити матеріал провіднику.

Для обчислень:



1. Що показує вольтметр, приєднаний до полюсів джерела струму, у разі розімкненої зовнішньої ділянки кола? Замкненої зовнішньої ділянки кола?

2. Чому для виготовлення нагрівних приладів застосовують провідники з великим питомим опором, а для підвідних провідників - з малим?

3. У скільки разів зміниться опір провідника (без ізоляції), якщо його зігнути пополам і скрутити? Чому?

4. ЗАДАЧА

Визначити площу перерізу мідного провідника, що має опір $R = 3 \text{ Ом}$ і довжину $l = 100 \text{ м}$.

Висновок:

Оцінка _____

Зауваження