

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Кафедра загальної фізики**

**ЗВІТ**

**про виконання лабораторної роботи № 3**

**Назва роботи** «Перевірка закону Ома для електричного кола постійного струму»

**Виконав:** Марущак А.С.

**студент групи ПЗ-15**

**інституту ІКНІ**

**Лектор:** доцент Рибак О.В

**Керівник лабораторних занять:**

Ільчук Г.А.

---

**Львів - 2022**

**Мета роботи:** необхідно перевірити закон Ома для постійного струму.

**Прилади та матеріали:** Електричне коло з амперметром та 3-ма вольтметрами.

### Короткі теоретичні відомості:

Закон Ома для однорідної ділянки кола (тобто ділянки, яка не містить ЕРС) формулюється так:

сила струму  $I$  на ділянці кола прямо пропорційна напрузі (різниці потенціалів) на його кінцях і обернено пропорційна опору  $R$  цієї ділянки:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R},$$

де  $R$  – опір однорідної ділянки кола, причому

$$R = \rho \frac{\ell}{S},$$

Величина  $\sigma$ , обернена до питомого опору  $\rho$ , називається питомою електропровідністю речовини:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Після коротких перетворень можна отримати рівність:

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E} - \text{закон Ома у диференціальній формі.}$$

Закон Ома для неоднорідної ділянки кола (тобто ділянки, яка містить джерело з електрорушійною силою (ЕРС)  $\varepsilon_{12}$ ) записується так:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R},$$

де  $\varphi_1 - \varphi_2$  різниця потенціалів на кінцях цієї ділянки,  $R$  – опір неоднорідної ділянки кола,  $\varepsilon_{12}$  - ЕРС, яка діє на ділянці 1-2, причому:

$$\varepsilon_{1,2} = \int_1^2 (\mathbf{E}_{\text{стор},} d\ell)$$

Електрорушійна сила  $\mathcal{E}_{1,2}$  чисельно дорівнює роботі, виконаній сторонніми силами при переміщенні вздовж ділянки кола одиничного додатного заряду із точки 1 в точку 2.

Спадом напруги  $U_{12}$  на ділянці кола 1-2 називають фізичну величину, яка чисельно дорівнює роботі, яка виконана сумарним полем кулонівських і сторонніх сил при переміщенні вздовж кола одиничного додатного заряду з точки 1 у точку 2:

$$U_{12} = \int_1^2 (\mathbf{E}_{\text{кул}} + \mathbf{E}_{\text{стор}}), d\ell,$$

$$\text{або } U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$$

Звідси:

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$$

Якщо електричне коло замкнене, то точки 1 і 2 збігаються, тому  $\varphi_1 = \varphi_2$  і тоді:

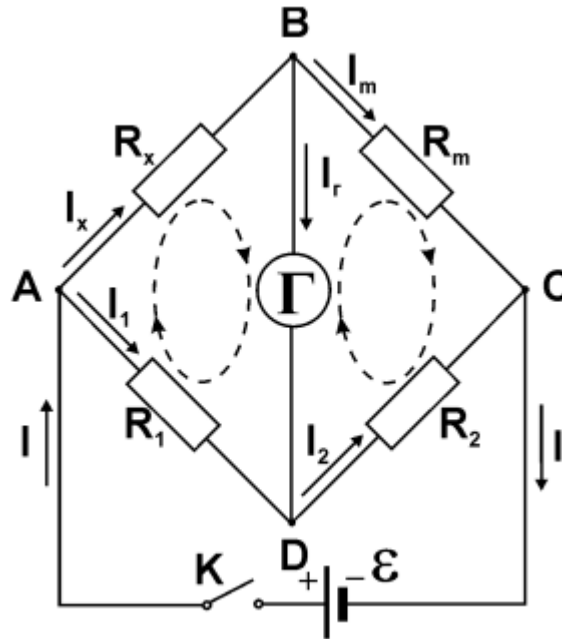
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{повн}}}$$

### Контрольні запитання:

- Пояснити принцип дії містка постійного струму ( Уїтстона )**  
Робота цієї конструкції базується на тому, що є два плеча супротиву, через які може протікати струм, причому кожне складається з 2ох резисторів. Між резисторами прокладена перемичка на якій власне і знаходиться вимірювальний пристрій. Якщо опори двох плеч однакові, то струм через місток не потече, як між точками рівних потенціалів, і стрілка вимірювального пристрою залишиться на нулі. Якщо ж опори не однакові, то стрілка почне відхилятися. До того ж, знаючи покази приладу і опори інших резисторів, можна визначити опір невідомих. Схожу концепцію в повсякденному житті можемо бачити на шалькових терезах.
- Сформулювати правила Кірхгофа.**  
перше правило Кірхгофа можна сформулювати так: сума всіх струмів, які входить у точку розгалуження, дорівнює сумі струмів, які виходять з цієї точки, тобто:  $I_{\text{вх1}} + I_{\text{вх2}} + \dots = I_{\text{вих1}} + I_{\text{вих2}} + \dots$   
Друге правило Кірхгофа можна сформулювати так: у будь-якому замкнутому контурі, довільно вибраному в розгалуженому електричному колі, алгебраїчна сума добутків величин струмів  $I_k$  на

опори  $R_k$  відповідних ділянок дорівнює алгебраїчній сумі електрорушійних сил, що діють у цьому контурі.

3. **Вивести розрахункову формулу для визначення опору провідника містком Уінстона**



Складаємо рівняння за першим правилом Кірхгофа (напрями струмів через резистори  $R_x$ ,  $R_m$ ,  $R_1$  і  $R_2$  вибирають умовно) для вузлів A, B, C:

$$I = I_x + I_1 \quad (\text{для вузла A}),$$

$$I_x = I_m + I_r \quad (\text{для вузла B}),$$

$$I = I_m + I_2 \quad (\text{для вузла C}).$$

Складаємо рівняння за другим правилом Кірхгофа:

$$I_x R_x + I_r R_r - I_1 R_1 = 0 \quad (\text{для контуру ABDA});$$

$$I_m R_m - I_2 R_2 - I_r R_r = 0 \quad (\text{для контуру BCDB}).$$

Якщо змінювати опори  $R_m$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ , то при певних значеннях цих опорів потенціали точок B і D будуть рівними, тоді струм  $I_r = 0$ .

Врахувавши це у формулах отримаємо:

$$I_x = I_m;$$

$$I_1 = I_2;$$

$$I_1 R_1 = I_x R_x;$$

$$I_2 R_2 = I_m R_m.$$

Розв'язавши цю систему, дістаємо:

$$R_x = R_m \frac{R_1}{R_2}.$$

### Робочі формули:

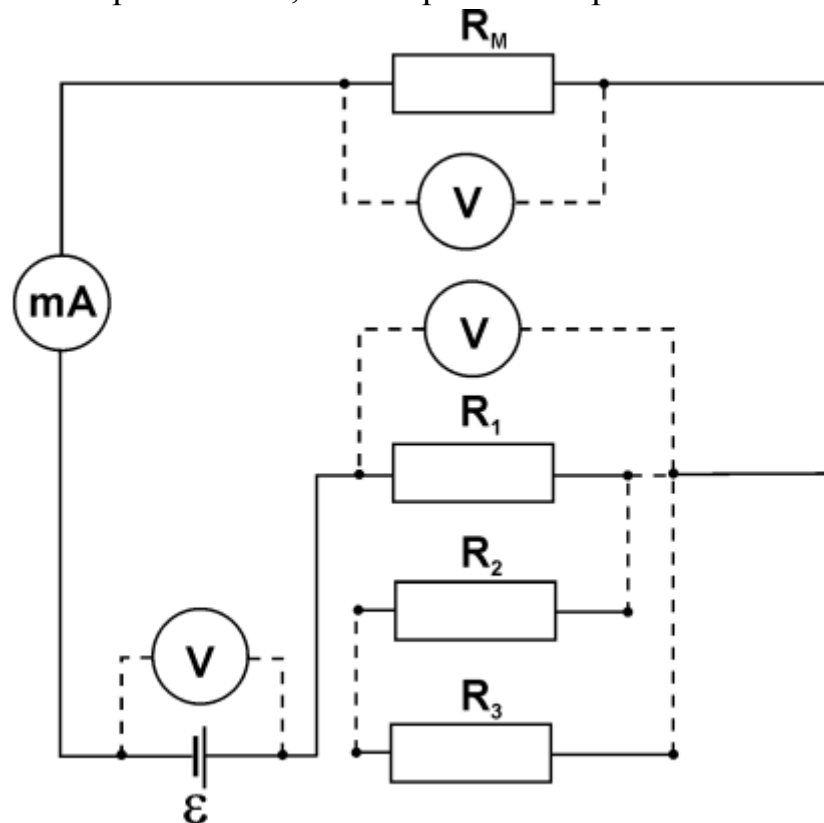
$$\varepsilon^{\text{об}} = U_{R_m}^B + U_R^B + U_{R_A}$$

$$I^{\text{об}} = \frac{\varepsilon^B}{R + R_M + R_A}$$

$$U_R^{\text{об}} = I^{\text{об}} R = \frac{\varepsilon^B}{R + R_M + R_A} R$$

### Хід роботи

1. Скласти електричне коло, яке зображене на рис.



2. За допомогою магазину опорів встановлюємо опір  $R_M$ , значення якого вказане на робочому місці, та записуємо його у таблицю.
3. Записуємо в таблицю значення опорів  $R$  і  $R_A$ .
4. Вимірюємо силу струму  $I^B$  в колі за допомогою амперметра.
5. За допомогою вольтметра вимірюємо:
  - а) напругу  $U_R^B$  на опорі  $R$ ,
  - б) напругу  $U_{R_m}^B$  на клемі магазину опорів,
  - в) ЕРС  $\varepsilon^B$  джерела струму. Для цього треба вийняти вилку з розетки "24 В" і приєднати вольтметр до цієї розетки.

г) напругу  $U_{R_A}$  на амперметрі.

6. Обчислюємо  $\varepsilon^{об} = U_{R_m}^B + U_R^B + U_{R_A}$ , враховуючи, що внутрішній опір джерела струму малий порівняно з зовнішнім. Порівнюємо отримане значення  $\varepsilon^{об}$  з виміряним.
7. Перевіряємо справедливість закону Ома для замкнутого кола, обчисливши на основі формули величину струму  $I^{об} = \frac{\varepsilon^B}{R+R_M+R_A}$  і порівнюємо це значення з виміряним.
8. Перевіряємо справедливість закону Ома для однорідної ділянки кола. Для цього обчислюємо

$$U_R^{об} = I^{об} R = \frac{\varepsilon^B}{R+R_M+R_A} R$$

і порівнюємо обчислене значення з виміряним

9. Усі вимірювання і обчислення проводимо у випадку послідовного з'єднання трьох відомих опорів, причому  $R = R_1 + R_2 + R_3$ .
10. Визначаємо відносну і абсолютну похибки  $I^B$  і  $\varepsilon^B$ .

Таблиця результатів

$R_M$ , ОМ	$R_A$ . ОМ	$R$ , ОМ	$I^B$ , $10^{-3}\text{A}$	$U_R^B$ , В	$U_{R_m}^B$ , В	$U_{R_A}$ , В	$\varepsilon^B$ , В	$\Delta I$ , $10^{-3}\text{A}$	$\delta I$ , %	$\Delta\varepsilon$ , В	$\delta\varepsilon$ , %
2000	20	280	12	3	22	0.3	26	0.7	6.2	0.7	2.8
			$I^{06}$ , $10^{-3}\text{A}$	$U_R^{06}$ , В			$\varepsilon^{06}$ , В				
			11.3	3.16			25,3				
			$R$ , ОМ	$I^B$ , $10^{-3}\text{A}$	$U_R^B$ , В	$U_{R_m}^B$ , В	$U_{R_A}$ , В	$\varepsilon^B$ , В	$\delta I$ , %		
			800	10	8	18	0.2	26	8.7		
			$I^{06}$ , $10^{-3}\text{A}$	$U_R^{06}$ , В			$\varepsilon^{06}$ , В				
			9.2	7.38			26.2				

### Обчислення

$$\varepsilon_1^{\text{об}} = 22 + 3 + 0.3 = 25.3(B)$$

$$I_1^{\text{об}} = \frac{26}{280 + 2000 + 20} = 11.3 \cdot 10^{-3}(A)$$

$$U_{R_1}^{\text{об}} = \frac{26}{280 + 2000 + 20} 280 = 3.16(B)$$

$$\Delta \varepsilon = 26 - 25.3 = 0.7(B)$$

$$\delta \varepsilon = \frac{0.7}{25.3} \cdot 100\% = 2.8\%$$

$$\Delta I = 12 - 11.3 = 0.7(A)$$

$$\delta I_1 = \frac{0.7}{11.3} \cdot 100\% = 6.2\%$$

$$\varepsilon_2^{\text{об}} = 8 + 18 + 0.2 = 26.2(B)$$

$$I_1^{\text{об}} = \frac{26}{800 + 2000 + 20} = 9.2 \cdot 10^{-3}(A)$$

$$U_{R_1}^{\text{об}} = \frac{26}{800 + 2000 + 20} 800 = 7.38(B)$$

$$\delta I_2 = \frac{0.8}{9.2} \cdot 100\% = 8.7\%$$

### Аналіз результатів:

Як бачимо, величина похибок не є надто високою. Врахувавши деякі похибки вимірювань, а також внутрішній опір джерела струму маємо підтвердження того, що закон Ома є дійсним.

### Висновок:

Виконавши цю лабораторну роботу ми перевірили закон Ома для постійного струму. Зробили ми це за допомогою деяких вимірювань і обчислень, і в результаті отримали мінімальні похибки.