

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра загальної фізики

ЗВІТ

про виконання лабораторної роботи № 4

Назва роботи «Визначення опору провідників за допомогою
містка постійного струму (містка Уітстона)»

Виконав: Марущак А.С.

студент групи ПЗ-15

інституту ІКНІ

Лектор: доцент Рибак О.В

Керівник лабораторних занять:

Ільчук Г.А.

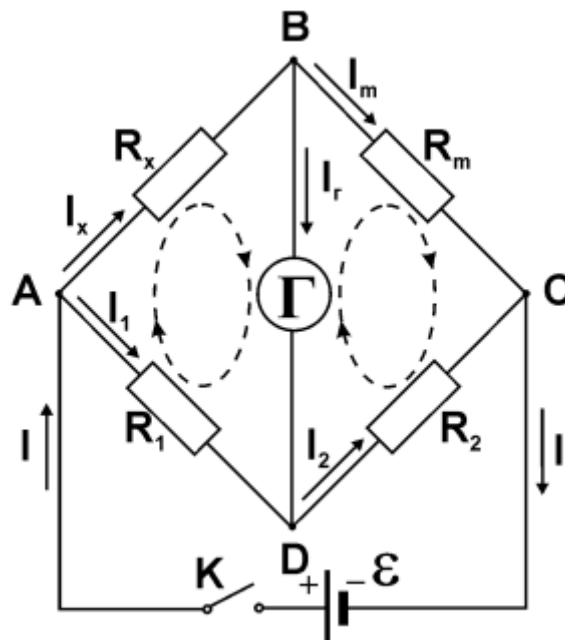
Львів - 2022

Мета роботи: навчитися визначати невідомі опори резисторів за допомогою містка постійного струму(містка Уінстона)

Прилади та матеріали: електричне коло, що складається з реохорду, резисторів відомого та невідомого опорів.

Короткі теоретичні відомості:

Опір провідника можна вимірювати різними методами. Одним з найпростіших і найточніших методів є метод визначення опору провідників за допомогою містка постійного струму (Уїтстона). Теорія містка постійного струму ґрунтується на правилах Кірхгофа. Принципова схема містка Уїтстона зображена на рис.



Для практичного застосування правил Кірхгофа вибирають , умовний напрям „обходу” контуру на рис. зображено стрілками всередині відповідних контурів).

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 :

$$\begin{aligned} I_x R_x + I_r R_r - I_1 R_1 &= 0 \quad (\text{для контуру ABDA}) ; \\ I_m R_m - I_2 R_2 - I_r R_r &= 0 \quad (\text{для контуру BCDB}) . \end{aligned}$$

Якщо змінювати опори R_m , R_1 , R_2 , то при певних значеннях цих опорів потенціали точок В і D будуть рівними, тоді струм $I_r = 0$. Врахувавши це у формулах отримаємо:

$$\begin{aligned} I_x &= I_m ; \\ I_1 &= I_2 ; \\ I_1 R_1 &= I_x R_x ; \\ I_2 R_2 &= I_m R_m . \end{aligned}$$

Розв'язавши цю систему, дістаємо:

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

Контрольні запитання

1. Що називається густиною струму?

Густиною струму називають фізичну величину, що протікає через одиничну площу за одиницю часу.

$$j = \frac{dI}{dS}$$

2. Записати закон Ома в диференціальній формі.

Якщо в провіднику проходить струм I , то згідно з законом Ома для ділянки кола маємо:

$$I = \frac{dU}{dR}$$

Оскільки $I = jS$, то

$$j = \frac{1}{\rho} \frac{dU}{dl}$$

Величина $\frac{dU}{dl}$ чисельно дорівнює напруженості E електричного поля в провіднику зі струмом. Тоді

$$j = \frac{1}{\rho} E \text{ або } j = \sigma E - \text{закон Ома в диф. формі}$$

3. Записати закон Ома в для неоднорідної ділянки кола

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

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

4. Чому число дорівнює спад напруги?

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:

$$U_{12} = \int_1^2 (E_{\text{кул}} + E_{\text{стор}}), dl \text{ або } U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

5. Записати закон Ома для замкненого кола

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

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{повн}}}$$

6. 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 2-ох 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.

7. 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: $I_{\text{вх1}} + I_{\text{вх2}} + \dots = I_{\text{вих1}} + I_{\text{вих2}} + \dots$

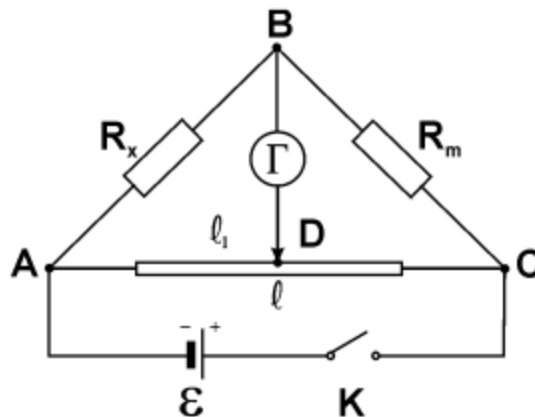
Друге правило Кірхгофа можна сформулювати так: у будь-якому замкнутому контурі, довільно вибраному в розгалуженому електричному колі, алгебраїчна сума добутків величин струмів I_k на опори R_k відповідних ділянок дорівнює алгебраїчній сумі електрорушійних сил, що діють у цьому контурі.

8. Вивести розрахункову формулу для визначення опору провідника містком Уїнстона

$$R_x = R_m \frac{l_1}{l - l_1}$$

$$\delta R_x = \frac{\Delta R_x}{R_x}$$

Хід роботи



1. Складаю електричне коло відповідно до схеми увімкнувши замість R_x один з запропонованих резисторів.
2. Установлюю показник реохорду D приблизно посередині колової шкали і за допомогою магазину опору підбираю такий опір R_m , щоб при замиканні кола ключем K відхилення стрілки гальванометра було найменшим, а потім, обертаючи показник шкали реохорда, домагаюся, щоб стрілка гальванометра встановилась на поділці 0. За шкалою реохорду визначаю величини l_1 і l_2 ($l_2 = l - l_1$, де l - довжина реохорда). Вимірювання проводжу тричі.
3. Результати вимірювань записую у таблицю.
4. Аналогічні вимірювання проводжу для інших невідомих резисторів. Вимірювання кожного з невідомих резисторів проводжу тричі й результати заношу до наступних таблиць.
5. Визначаю похибки вимірювань. Результати обчислень заношу до таблиці.

Таблиця результатів

Вимір №1

№ п/п	R_m , Ом	l_1 , под	R_x , Ом	ΔR_x , Ом	δR_x , %
1	530	1,0	530	9	1,73
2	430	1,1	525,6	4,6	0,88

3	620	0,9	507,3	13,7	2,63
Середнє значення			521	9,1	1,75

Вимір №2

№ п/п	R_m, Ом	l_1, под	R_x, Ом	ΔR_x, Ом	δR_x, %
1	58	1,0	58	3,6	6,62
2	44	1,1	53,8	0,6	1,1
3	63	0,9	51,5	2,9	5,33
Середнє значення			54,4	2,4	4,35

Вимір №3

№ п/п	R_m, Ом	l_1, под	R_x, Ом	ΔR_x, Ом	δR_x, %
1	335	1,0	335	26	8,4
2	250	1,1	305,6	3,4	1,1
3	350	0,9	286,4	22,6	7,31
Середнє значення			309	17,3	5,6

Обчислення

Табл. 1

$$R_{x1} = 530 \cdot \frac{1}{2 - 1} = 530(\text{Ом})$$

$$R_{x2} = 430 \cdot \frac{1,1}{2 - 1,1} = 525,6(\text{Ом})$$

$$R_{x3} = 620 \cdot \frac{0,9}{2 - 0,9} = 507,3(\text{Ом})$$

$$\delta R_{x1} = \frac{9}{521} \cdot 100\% = 1,73\%$$

$$\delta R_{x2} = \frac{4,6}{521} \cdot 100\% = 0,88\%$$

$$\delta R_{x3} = \frac{13,7}{521} \cdot 100\% = 2,63\%$$

Табл. 2

$$R_{x1} = 58 \cdot \frac{1}{2 - 1} = 58(\text{ОМ})$$

$$R_{x2} = 44 \cdot \frac{1,1}{2 - 1,1} = 53,8(\text{ОМ})$$

$$R_{x3} = 63 \cdot \frac{0,9}{2 - 0,9} = 51,5(\text{ОМ})$$

$$\delta R_{x1} = \frac{3,6}{54,4} \cdot 100\% = 6,62\%$$

$$\delta R_{x2} = \frac{0,6}{54,4} \cdot 100\% = 1,1\%$$

$$\delta R_{x3} = \frac{2,9}{54,4} \cdot 100\% = 5,33\%$$

Табл. 3

$$R_{x1} = 335 \cdot \frac{1}{2 - 1} = 335(\text{ОМ})$$

$$R_{x2} = 250 \cdot \frac{1,1}{2 - 1,1} = 305,6(\text{ОМ})$$

$$R_{x3} = 350 \cdot \frac{0,9}{2 - 0,9} = 286,4(\text{ОМ})$$

$$\delta R_{x1} = \frac{26}{309} \cdot 100\% = 8,4\%$$

$$\delta R_{x2} = \frac{3,4}{309} \cdot 100\% = 1,1\%$$

$$\delta R_{x3} = \frac{22,6}{309} \cdot 100\% = 7,31\%$$

Аналіз результатів:

Як бачимо, величина похибок не є сильно великою. Це може свідчити про те, що виміряний нами опір є досить точним. Очевидно, що для більшого опору похибка є дещо меншою, ніж для менших.

Висновок:

Виконавши цю лабораторну роботу, ми навчилися визначати опори невідомих нам резисторів за допомогою містка Уінстона. Отримані величини є досить точними, що може свідчити про те, що роботу було виконано правильно. Середня відносна похибка вимірювань опорів 3 різних резисторів складає $\delta R_{x \text{ сер.}} = \frac{1,75+4,35+5,6}{3} = 3,9\%$. Отримані знання знадобляться нам для приблизного вимірювання опорів резисторів невідомого номіналу при роботі з електротехнікою.