



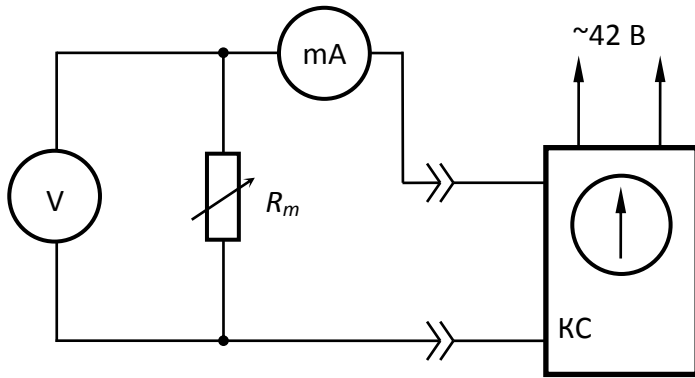
6. На основі одержаних даних побудувати графік залежності напруги від сили струму при сталому опорі. Зробити висновки.

Завдання II: Дослідити залежність напруги від опору ділянки при сталій силі струму.

1. На калібраторі задану встановити силу струму.
2. Змінювати опір магазина від \_\_\_ Ом до \_\_\_ Ом з інтервалом \_\_\_ Ом та вимірювати напругу на ньому.
3. Результати занести до таблиці № 6.2.

$$I = \text{___ мА}$$

Таблиця № 6.2



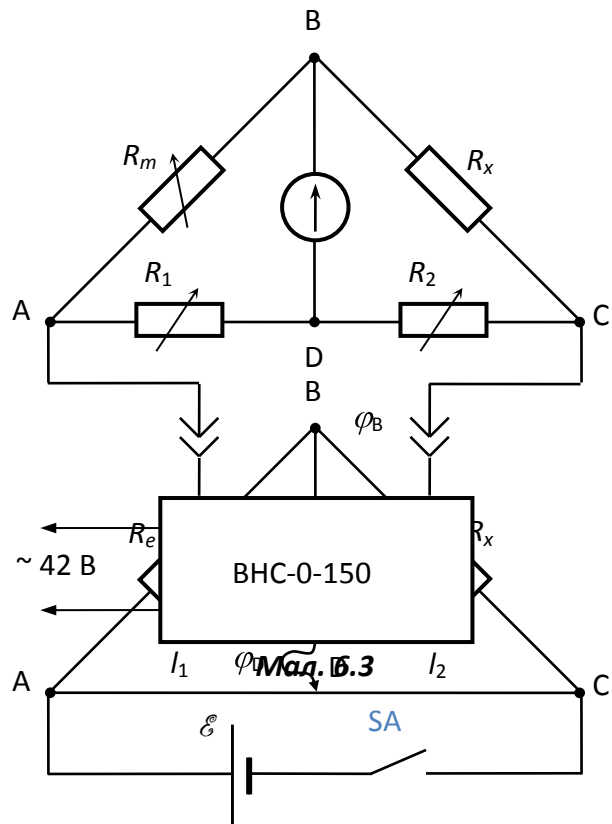
Мал. 6.1

Опір, $R$ , Ом										
Напруга, $U$ , В										

4. На основі одержаних даних побудувати графік залежності напруги від опору при сталій силі струму. Зробити висновки.

Завдання III: Виміряти опір резистора.

1. Замість магазина опорів, приєднати резистор, змонтований на горизонтальній панелі.
2. Виміряти напругу на резисторі при певній силі струму.
3. За формулою  $R = \frac{U}{I}$  обчислити опір резистора.
4. Абсолютну похибку вимірювання сили струму визначити на основі класу точності міліамперметра. Абсолютну похибку вимірювання напруги цифровим вольтметром вважати такою, що дорівнює половині розряду останньої цифри, яка відображає напругу у вольтах. Обчислити відносну похибку вимірювання опору за формулою  $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}$ .



Мал. 6.2

5. Результати вимірювань і обчислень:

$$I = (\text{_____}, \Delta \text{_____}) \text{ A}, U = (\text{_____}, \Delta \text{_____}) \text{ B}, R = (\text{_____}, \Delta \text{_____}) \text{ Ом.}$$

$$\gamma_I = \text{_____} \%, \quad \gamma_U = \text{_____} \%, \quad \gamma_R = \text{_____} \%.$$

Завдання IV: Виміряти опір резистора містковим методом.

Найточніший метод вимірювання опорів є містковий. Цей метод розробив 1843 року видатний англійський фізик Чарльз Уїтстон (1802–1873). Схему, за якою вимірюють опори цим методом, тепер називають “міст Уїтстона” (мал. 6.2). між точками А і С протягнута калібрована (сталого діаметра) дротина великого питомого опору. Її називають реохордом, а такий міст Уїтстона – реохордним. Між точкою В, де зв’язані еталонний опір  $R_e$  і невідомий  $R_x$ , та точкою Д на реохорді перекидається міст з електровимірного приладу. Точка D (повзун з провідником) може переміщатися на реохорді в той чи інший бік так, щоб через гальванометр струму не протікав. При цьому кажуть, що міст “зрівноважений”. Це буде за умови, коли  $\varphi_B = \varphi_D$ , або  $\varphi_B - \varphi_D = 0$ . При цьому повзуном реохорд буде поділений на дві частини, довжина яких  $l_1$  і  $l_2$ , а опори ділянок відповідно  $R_1$  і  $R_2$ . За цієї умови через реохорд протікатиме струм силою  $I_1$ , а через резистори  $R_e$  і  $R_x - I_2$ . На основі другого правила Кірхгофа для контурів ABDA і BCDB можна записати рівняння

$$\begin{cases} I_2 R_e - I_1 R_1 = 0 \\ I_2 R_x - I_1 R_2 = 0, \end{cases}$$

звідки  $\frac{R_e}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}$ , або  $\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_e}{R_1}$ , а тому  $R_x = R_e \frac{R_2}{R_1}$ .

Для каліброваної дротини  $R_1 = \rho \frac{l_1}{S}$  і  $R_2 = \rho \frac{l_2}{S}$ .

Підставимо ці значення в останню формулу  $R_x = R_e \frac{l_2}{l_1}$ .

Відносна похибка вимірювання  $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_e}{R_e} + \frac{\Delta R_1}{l_1} + \frac{\Delta R_2}{l_2}$ .

Найвища точність буде за умови, коли взято такий еталонний опір, що  $l_1 = l_2$  (довести це). Тому при вимірюванні опору реохордним містом підбирають такий еталонний опір (якщо є можливість), при якому повзунк (точка D) знаходився б близько середини реохорда.

Тепер створено високоточні магазини опорів, в яких опори визначені з точністю до сотих і тисячних часток ома. Тому при вимірюваннях опорів у реохордному мосту Уїтстона замість реохорда використовують два резистори з рівними опорами. При рівновазі моста (гальванометр показує нуль) і за умови  $R_1 = R_2$ ,  $R_x = R_e$ .

1. При вимірюваннях опору прилади сполучити згідно зі схемою, показаною на мал. 6.3.
2. Опори плеч моста  $R_1$  та  $R_2$  по 500 Ом встановити на однодекадних магазинах опору.
3. Абсолютну похибку опору магазину опорів взяти за зміною його опору, що помітно зміщує стрілку гальванометра від нуля (тонко).
4. Відносну похибку обчислити за формулою  $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_m}{R_m}$ .
5. Результати вимірювань і обчислень занести до таблиці № 6.3.

Таблиця № 6.3

№	Опір плеча моста		Опір магазину опорів $R_m$ , Ом	Шуканий опір резистора $R_x$ , Ом	Абсолютна похибка магазину опорів $\Delta R_m$ , Ом	Похибка вимірювання опору	
	лівого $R_1$ , Ом	правого $R_2$ , Ом				відносна $\frac{\Delta R_x}{R_x}$ , %	абсолютна $\Delta R_x$ , Ом

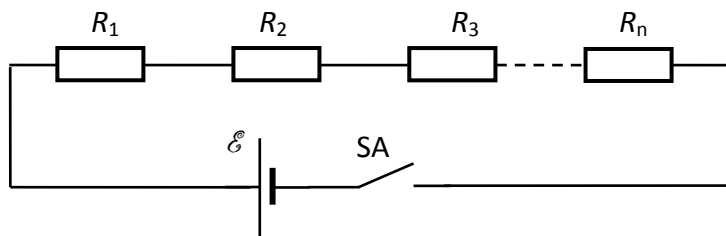
Завдання V: Здійснити прямі вимірювання електричного опору резисторів. Виміряти загальний опір резисторів при послідовному й паралельному їх сполученні.

Прилади, якими здійснюють прямі вимірювання електричного опору, називають омметрами, кілоомметрами, мегаомметрами. Раніше омметри будували на принципі вимірювання сили струму при сталій напрузі джерела живлення. Чим більший опір, тим менша сила струму.

Так, прилад можна відградувати в омах чи кілоомах. Наприклад, побудований омметр має зворотну та нерівномірну шкалу, що досить незручно при здійсненні вимірювання електричного опору.

Сучасні омметри (зокрема, цифрові) мають прямі та рівномірні шкали, побудовані на принципі вимірювання напруги на резисторах при сталій силі струму. Шкалу вольтметра, яким вимірюють напругу на резисторі невідомого опору, градуують в одиницях електричного опору.

На практиці часто виникає потреба сполучати резистори, послідовно чи паралельно. При послідовному сполученні і кінець першого резистора сполучають з початком другого, кінець другого – з початком третього і т.д. Якщо такий ланцюг приєднати до джерела струму, то дістанемо замкнуте коло - один контур (мал. 6.4). У такому колі протікатиме струм однакової сили і на кожному резисторі виникне певний спад напруги:  $U_1 = IR_1$ ,  $U_2 = IR_2$ , ...,  $U_n = IR_n$ .



Мал. 6.4

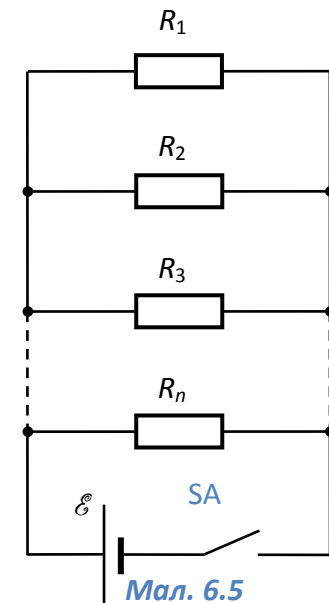
За другим правилом Кірхгофа для кожного з контурів  $I_1R_1 + Ir = \mathcal{E}$ ,  $I_2R_2 + Ir = \mathcal{E}$ , ...  $I_nR_n + Ir = \mathcal{E}$ . Величина  $\mathcal{E} - Ir = U$  дорівнюватиме напрузі на вузлах, через кожний з резисторів протікатиме струм силою  $I_1 = \frac{U}{R_1}$ ,  $I_2 = \frac{U}{R_2}$ , ...  $I_n = \frac{U}{R_n}$ .

За першим правилом Кірхгофа струм вузла  $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = U \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right)$ .

За другим правилом Кірхгофа  $\mathcal{E} = I \sum_{i=1}^n R_i$ , але  $\frac{\mathcal{E}}{R_{nc}}$  є загальним опором

кола, а тому  $R_{nc} = \sum_{i=1}^n R_i$ . Отже, при послідовному сполученні резисторів загальний опір дорівнює сумі опорів резисторів, сполучених послідовно. Якщо сполучені резистори мають однаковий опір, то загальний опір  $R_{nc} = nR_i$ ,  $n$  - кількість резисторів.

При паралельному сполученні початки всіх резисторів сполучені в один вузол, а кінці – в другий. Якщо до вузлів приєднати джерело струму, то буде складне електричне коло, яке має стільки незалежних контурів, скільки є резисторів (мал. 6.5).



Мал. 6.5

Величина  $\frac{I}{U} = \frac{1}{R_{np}}$  є оберненою величиною загального опору кола. Отже, можна записати:  $\frac{1}{R_{np}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$ . Обернений загальний опір при паралельному сполученні резисторів дорівнює сумі обернених сполучених опорів.

Якщо сполучають резистори однакового опору, то  $R_{np} = \frac{R_1}{n}$ , де  $n$  – кількість резисторів.

1. Ознайомитися з інструкцією до цифрового авометра. Увімкнути прилад в освітлювальну мережу.
2. Перевести його в режим вимірювання електричного опору. Виміряти опір резистора на підставці, що вимірювався в попередніх завданнях.
3. Виміряти опір кожного з резисторів, вказаних викладачем.
4. Визначити абсолютні і відносні похибки безпосередніх вимірювань електричного опору. За абсолютну похибку вважати половину останнього розряду в цифрових показах омметра.
5. Результати вимірювань і обчислень занести до таблиці № 6.4.

Таблиця № 6.4

№ резистора $i$	1	2	3	4	5	6
$R_i$ , Ом						
$\Delta R_i$ , Ом						
$\gamma_{R_i}$ , %						

6. З'єднати резистори послідовно та виміряти загальний опір.
7. З'єднати резистори паралельно та виміряти загальний опір.
8. Обчислити загальний опір при послідовному і паралельному з'єднаннях резисторів. Порівняти опосередковано отримані значення з безпосередніми вимірами.
9. Визначити абсолютні і відносні похибки безпосередніх і опосередкованих вимірювань загального опору.
10. Результати вимірювань і обчислень занести до таблиці № 6.5. Зробити висновки.

Таблиця № 6.5

Резистори № __, __, __	Обчислений опір		Вимірний опір	
	Послідовне з'єднання	$R_{ОбчПосл}$ , Ом	$\Delta R_{ОбчПосл}$ , Ом	$R_{ВимПосл}$ , Ом
Паралельне	$R_{ОбчПар}$ , Ом	$\Delta R_{ОбчПар}$ , Ом	$R_{ВимПар}$ , Ом	$\Delta R_{ВимПар}$ , Ом

з'єднання				
-----------	--	--	--	--

*Контрольні питання*

1. Дати означення електричного опору. Від чого залежить електричний опір?
2. Сформулювати закон Ома для ділянки кола.
3. Назвати методи вимірювання електричного опору.
4. Пояснити містковий метод вимірювання опору.
5. Вміти виводити закони послідовного і паралельного сполучення опорів.

*Рекомендована література*

1. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики у 3 т.: Навч. посіб. – К.: Техніка, 2001. – Т.2. Електрика і магнетизм. – С. 110-115.
2. Цілінко М. Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму: Навч. посіб. – К.: ІСДО, 1995. – С. 58-65.

*Висновки*

---

---

---

---

---

---

---

---