

Лабораторна робота №3

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОРУШІЙНОЇ СИЛИ ҐАЛЬВАНІЧНОГО ЕЛЕМЕНТА МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦІЇ

МЕТА РОБОТИ: виміряти е.р.с. джерела методом компенсації.

НЕОБХІДНІ ПРИБАДИ: джерело регульованої напруги з реохордом, ґальванометр, нормальний елемент, елемент з невідомою е.р.с.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Якщо два тіла, що мають заряди $+q$ і $-q$, з'єднати провідником (рис.1а), то в останньому, внаслідок дії кулонівських сил F_k , потече струм. При його проходженні заряди на обох тілах будуть нейтралізовуватись, різниця потенціалів $\varphi_1 - \varphi_2$ між ними спадатиме і струм зменшуватиметься (до нуля).

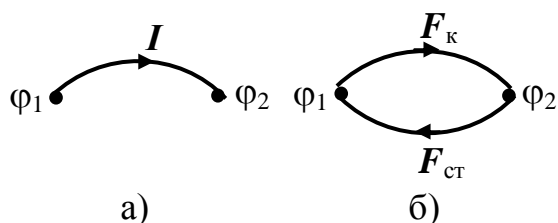


Рис.1.

Для підтримання незмінною величини струму створюють замкнене електричне коло (рис.1б), пряму ділянку якого доповнюють зворотною, якою заряди повертаються назад. На зворотній ділянці діють сили F_{cm} неелектричного походження (сторонні), які переміщують заряди проти сил електричного поля.

Величина, яка чисельно дорівнює роботі сторонніх сил по переміщенню одиниці додатного електричного заряду q_0 по ділянці кола, називається електрорушійною силою цієї ділянки

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q_0}. \quad (1)$$

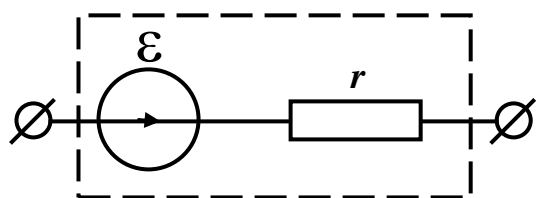


Рис.2.

Ділянку електричного кола, на якій діють сторонні сили, називають джерелом напруги (джерела постійного струму відсутні за означенням). Практично джерела є неоднорідними ділянками, на яких, крім сторонніх, діють і кулонівські сили. Схематично модель джерела наведено на рис.2. Опір r резистора називають внутрішнім.

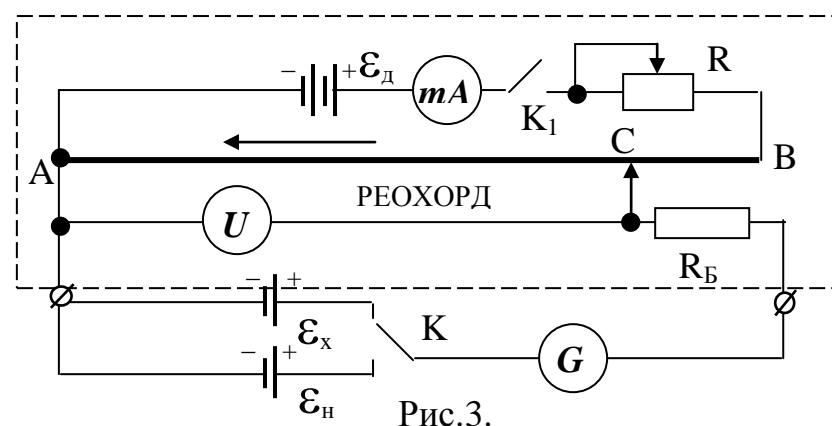
На практиці часто доводиться вимірювати е.р.с. джерела. Якщо до джерела під'єднати вольтметр з опором R , то виміряна ним різниця потенціалів U буде менша від е.р.с. \mathcal{E} джерела. Дійсно, відповідно до закону Ома для повного кола:

$$\mathcal{E} = IR + Ir = U + Ir, \quad (2)$$

де R – опір зовнішнього кола, $U = IR$ – спад напруги на зовнішньому опорі (вольтметрі). Чим менший струм I протікає через джерело, тим ближчим буде значення напруги U до \mathcal{E} . Якщо $R \gg r$ то $U \approx \mathcal{E}$. Тобто вольтметром, навіть високоомним, електрорушійну силу елемента можна виміряти лише наближено.

Інший спосіб полягає у живленні вольтметра від додаткового джерела \mathcal{E}_d . У такому випадку струм I через джерело можна звести практично до нуля. Розроблено багато схем та методів такого вимірювання, один з яких називається компенсаційним.

Метод компенсації полягає в порівнянні невідомої е.р.с. \mathcal{E}_x з відомою напругою U . Й.Х. Поггендорф розробив схему компенсаційного вимірювання, яка не потребує



вольтметра. Головною її частиною є ділянка напруги АСВ (реохорд), до кінців якого підведено постійну напругу від додаткового джерела (рис.3). При переміщенні контакту С від точки А до В напруга U на ньому зростає від 0 до U_{max} , причому для однорідної дротини реохорда

напруга U буде пропорційна відстані l між точками А та С.

Градування реохорда здійснюється за допомогою нормального елемента. Додатним полюсом останнього є ртуть, а від'ємним – амальгама кадмію (HgCd). Електролітом виступає насичений водяний розчин сульфату кадмію $CdSO_4 \cdot 8/3H_2O$, а деполяризатором – сірчаноокислий закис меркурію Hg_2SO_4 . Внаслідок малої поляризації електродів нормального елемента його е.р.с. мало змінюється з часом. В Україні налагоджено промисловий випуск ненасичених нормальних елементів Вестона класу 0,02. Завод-виробник гарантує їхню е.р.с. при $t = (20 \pm 8)^\circ C$ $\mathcal{E}_H = (1,0192 \pm 0,0004) V$. Допустимий струм на протязі 1хв. не повинен перевищувати 10мкА. Після цього джерелу необхідно дати тривалий відпочинок (для деполяризації електрода).

Якщо паралельно до реохорда під'єднати нормальний елемент з електрорушійною силою \mathcal{E}_H , то на реохорді завжди можна знайти таку точку C_2 , коли струм через гальванометр буде нульовим. Тоді спад напруги на ділянці AC_2 дорівнюватиме е.р.с. нормального елемента, тобто $IR_2 = \mathcal{E}_H$, де R_2 – опір ділянки AC_2 реохорда.

Замінімо нормальний елемент на досліджуваний, е.р.с. \mathcal{E}_x якого невідома. Тоді матиме місце аналогічна рівність $IR_1 = \mathcal{E}_x$, де R_1 – опір ділянки AC_1 реохорда. Поділивши друге рівняння на перше, одержимо:

$$\mathcal{E}_x = \frac{R_1}{R_2} \mathcal{E}_H. \quad (3)$$

Зважаючи, що опори R_1 і R_2 ділянок AC_1 та AC_2 однорідної каліброваної дротини пропорційні їхнім довжинам l_1 та l_2 , тобто:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}, \quad (4)$$

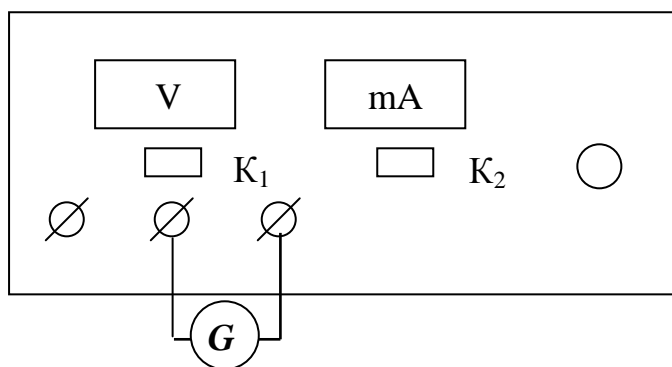


Рис.4.

одержимо робочу формулу:

$$\mathcal{E}_x = \frac{l_1}{l_2} \mathcal{E}_H. \quad (5)$$

Монтажна схема лабораторного обладнання наведена на рис.4.

ХІД РОБОТИ

1. Скласти електричне коло по схемі рис.4. Пересунувши повзунок реохорда в крайню верхню точку, переконатись, що $U_{\max} > 1,5$ В.
2. Реохордом виставити напругу $U = 1$ В. З'єднати клеми 2-3 перемикача K_1 і, замкнувши ключ K_2 та плавно пересуваючи рухомий контакт C реохорда, добитися нульових показів гальванометра G . Зняти покази U_2 та виміряти $l_2 = AC_2$.
3. Виставити на реохорді напругу 1,5В та переключити перемикач K_1 у позицію 2-1. Натиснути кнопку K_2 і виміряти U_1 та $l_1 = AC_1$ аналогічно пункту 2.
4. Відповідно до формули (5) обчислити \mathcal{E}_x .
5. Виміри провести 3 рази для різних значень струму I через реохорд. Дані вимірювань та обчислень занести в таблицю:

№	I	U_1	I_1	U_2	I_2	\mathcal{E}_x
1.						
2.						
3.						
Сер.	–	–	–	–	–	

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дати означення е.р.с. джерела.
2. Дати означення напруги на однорідній та неоднорідній ділянках кола.
3. Як сконструйований реохорд?
4. Описати будову нормального елемента Вестона.
5. Записати формулу закону Ома для повного кола.
6. Подати формулу роботи по переміщенню заряду.
7. Вивести робочу формулу для визначення \mathcal{E}_x .