

Лабораторна робота №4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО ШУНТА

МЕТА РОБОТИ: закріпити правила додавання опорів при послідовному та паралельному з'єднаннях резисторів.

ОБЛАДНАННЯ: джерело напруги з вольтметром, магазин опорів, досліджуваний прилад.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Для вимірювання напруги, струму чи опору віток електричної мережі створено спеціальні пристрої, основою яких є електровимірювальний прилад. Особливо чутливі прилади, призначені для вимірювання струмів порядку $10^{-8} - 10^{-12}$ А та напруг порядку $10^{-6} - 10^{-10}$ В, називаються гальванометрами. За конструкцією найбільш вживані електровимірювальні прилади поділяються на магнетоелектричні, електромагнетні, електродинамічні. Останнім часом значного поширення набули цифрові вимірювальні прилади.

Величина струму I , яку показує прилад, пропорційна кількості поділок n та його чутливості (ціни поділки) K_i щодо струму:

$$I = K_i n. \quad (1)$$

З іншого боку:

$$U = K_u n, \quad (2)$$

де K_u - ціна поділки (чутливість) приладу щодо напруги. Рамка приладу має опір R , який називається внутрішнім опором приладу. При проходженні струму I на приладі буде спад напруги

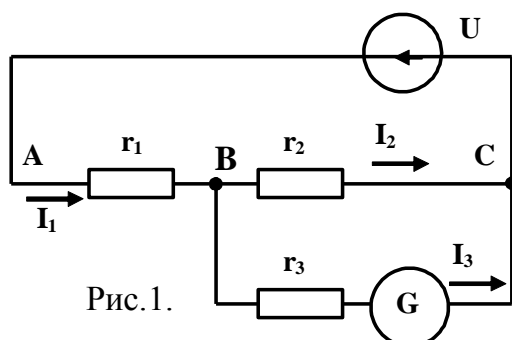


Рис.1.

$$U = IR. \quad (3)$$

Підставляючи вирази (1) і (2) у рівняння (3), одержимо зв'язок:

$$K_u = K_i R. \quad (4)$$

Шунтуючи гальванометр резистором, можна зменшити чутливість K_i пристрою щодо струму, а під'єднуючи додатковий

опір, чутливість K_U щодо напруги. В електротехніці пристрої з шунтом чи додатковим опором називають відповідно амперметром та вольтметром. Комбінуючи різні додаткові опори та шунти, можна змінювати чутливості від максимальних значень до нуля. Одна з можливих схем з'єднання резисторів та вимірювального приладу, розроблена Фолькманом, називається універсальним шунтом. Вона наведена на рис.1. Знаючи чутливість пристрою щодо напруги та опори r_1 , r_2 , r_3 навішаних резисторів, вдається обчислити K_i , K_U та R вимірювального приладу.

При послідовному з'єднанні резисторів їхні опори додаються. При паралельному – провідність з'єднання дорівнює сумі провідностей віток. З формул з'єднання провідників визначимо опір ділянки AC кола:

$$R_{AC} = r_1 + R_{BC} = r_1 + \frac{r_2(r_2 + R)}{r_2 + r_3 + R}. \quad (5)$$

Нехай спад напруги на ділянці AC дорівнює U . Тоді струм:

$$I_1 = \frac{U}{R_{AC}} = \frac{U}{r_1 + \frac{r_2(r_2 + R)}{r_2 + r_3 + R}}. \quad (6)$$

Виходячи з другого правила Кірхгофа для контура r_2Gr_3 , матимемо:

$$I_2r_2 - I_3(r_3 + R) = 0, \quad (7)$$

звідки:
$$I_2 = \frac{r_3 + R}{r_2} I_3. \quad (8)$$

Згідно з першим правилом Кірхгофа, для точки B $I_1 = I_2 + I_3$, тобто

$$\frac{U}{r_1 + \frac{r_2(r_2 + R)}{r_2 + r_3 + R}} = I_3 \frac{r_3 + R}{r_2} + I_3 = I_3 \left(\frac{r_3 + R}{r_2} + 1 \right) = I_3 \frac{r_2 + r_3 + R}{r_2}. \quad (9)$$

З (9) визначимо струм I_3 , який протікає через прилад:

$$I_3 = \frac{U}{\left(r_1 - \frac{r_2(R + r_3)}{r_2 + r_3 + R} \right) \frac{r_2 + r_3 + R}{r_2}} = \frac{Ur_2}{(R + r_3)(r_1 + r_2) + r_1r_2}. \quad (10)$$

Якщо опір $r_3=0$, з (10) отримаємо:

$$I_{03} = \frac{Ur_2}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}. \quad (11)$$

Змінюючи опір r_3 так, щоб $I_3 = 1/2 I_{03}$, запишемо:

$$\frac{Ur_2}{(R + r_3)(r_1 + r_2) + r_1 r_2} = \frac{Ur_2}{2(R(r_1 + r_2) + r_1 r_2)}. \quad (12)$$

Із (12) одержимо:
$$R = r_3 - \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}. \quad (13)$$

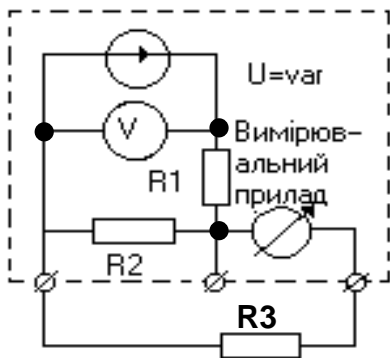


Рис.2.

Тут r_3 – таке значення опору, при якому струм через прилад зменшується вдвічі порівняно зі струмом при $r_3=0$. Підставляючи вираз (13) у формулу (11), одержимо вираз для

$$I_{03} I_{03} = \frac{Ur_3}{\left(r_3 - \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}\right)(r_1 + r_2) + r_1 r_2} = \frac{Ur_2}{r_3(r_1 + r_2)}. \quad (14)$$

Зважаючи, що $I_{03} = K_i \cdot n_0$, де n_0 – кількість поділок на шкалі при $r_3=0$, ціна поділки приладу щодо струму буде:

$$K_i = \frac{I_{03}}{n_0} = \frac{Ur_3}{n_0 r_3 (r_1 + r_2)}. \quad (15)$$

Монтажна схема лабораторного устаткування наведена на рис. 2. У цій схемі резистори r_1 та r_2 знаходяться всередині джерела живлення! Опори r_1 та r_2 вказані на панелі приладу.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Скласти коло згідно зі схемою рис 2.
2. Встановити значення опору $r_3=0$ та вказане значення опору r_2 .
3. Після перевірки кола викладачем регулятором встановити задане значення n_0 .
4. Підібрати таке значення r_3 при якому відхилення стрілки приладу становитиме $n=n_0/2$.
5. Користуючись формулами (13), (15), (4), знайти значення R , K_i , K_U .
6. Змінюючи напругу U та опір r_2 , проробити аналогічні вимірювання при інших початкових відхиленнях n_0 .

7. Досліди повторити тричі. Дані занести в таблицю.

№ п/п	$U, В$	$r_1, Ом$	$r_2, Ом$	$r_3, Ом$	$n_0, под.$	$R, Ом$	$K_i, А/под.$	$K_u, В/под.$
1.								
2.								
3.								
Сер.		-	-	-	-			

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дати означення ціни поділки приладу щодо струму та щодо напруги.
2. Вказати зв'язок між ціною поділки щодо напруги та струму.
3. Назвати розмірності величин K_i та K_u .
4. Яким чином можна змінювати чутливість амперметра та вольтметра?
5. Як підключаються шунти та додаткові опори до амперметра та вольтметра?
6. Записати формулу закону Ома для однорідної ділянки кола в інтегральній формі.
7. Записати формулу закону Ома для повного кола.
8. Записати формули для визначення опору при паралельному та послідовному з'єднаннях резисторів.
9. Сформулювати перше та друге правила Кірхгофа.
10. Описати будову гальванометра магнетоелектричної системи.