

## Лабораторна робота № 3.32

### Дослідження залежності коефіцієнта корисної дії джерела струму і його потужності від опору навантаження

**Прилади й устаткування:** 1) джерело струму; 2) магазин опорів; 3) міліамперметр.

**Мета роботи:** експериментальна перевірка теоретичних висновків про залежність корисної потужності та ККД джерела струму від опору зовнішнього навантаження.

#### Теоретичне введення

Якщо деяке джерело струму, ЕРС якого дорівнює  $\varepsilon$  і внутрішній опір  $r$ , увімкнути в коло з зовнішнім опором  $R$  (рис.1.), то на кожній ділянці кола буде витрачатися енергія джерела струму.

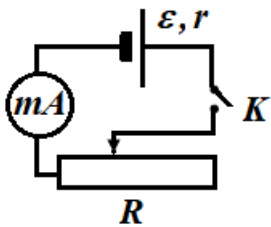


Рис.1.

Потужність  $P_{\text{КОР}}$ , що виділяється у зовнішній частині кола, називається **корисною потужністю** і становить

$$P_{\text{КОР}} = I^2 R. \quad (1)$$

Потужність  $P_{\text{внутр}}$ , яка **марно витрачається** у самому джерелі струму на його нагрівання при проходженні струму в колі, становить

$$P_{\text{внутр}} = I^2 r. \quad (2)$$

Повна енергія, яка витрачається джерелом в одиницю часу (повна потужність), виражається формулою

$$P = P_{\text{КОР}} + P_{\text{внутр}} = I^2 R + I^2 r = I\varepsilon \quad (3)$$

Скориставшись законом Ома для замкненого кола

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (4)$$

одержимо залежність корисної потужності від опору  $R$  при заданій ЕРС у вигляді

$$P_{\text{КОР}} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}, \quad (5)$$

З формули (5) випливає, що корисна потужність  $P_{\text{КОР}}$  дорівнює нулю у двох випадках: під час короткого замикання ( $R = 0$ ) та при разомкненому колі ( $R = \infty$ )

Щоб визначити, за яких умов функція  $P_{\text{КОР}} = f(R)$  буде мати максимальне значення, треба дослідити її на екстремум.

Необхідно знайти величину  $\frac{dP_{\text{КОР}}}{dR}$  і дорівняти її нулеві :

$$\frac{dP_{\text{КОР}}}{dR} = \frac{\varepsilon^2 (R + r)^2 - 2\varepsilon^2 R(R + r)}{(R + r)^4} = 0 \quad (6)$$

Знаменник тут не дорівнює нескінченності, отже максимум має місце тільки тоді, коли чисельник дорівнює нулю, тобто

$$\varepsilon^2(R+r)^2 - 2(R+r)\varepsilon^2R = \varepsilon^2(R+r)(R+r - 2R) = 0 \quad (7)$$

Рівність (7) здійснюється тільки тоді, коли  $R = r$ . Таким чином, *корисна потужність джерела стає найбільшою.*, коли зовнішній опір кола буде дорівнювати внутрішньому опорю джерела.

**Коефіцієнтом корисної дії** (ККД) джерела називається відношення корисної потужності  $P_{\text{КОР}}$  до його повної потужності:

$$\eta = \frac{P_{\text{КОР}}}{P} = \frac{I^2 R}{I^2 (R+r)} = \frac{R}{R+r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}} \quad (8)$$

Звідси випливає, що ККД  $\eta$  буде тим більше прагнути до одиниці, чим більше опір навантаження  $R$  у порівнянні з внутрішнім опором  $r$  джерела струму.

Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  дорівнює 0 при  $R = 0$ , тобто при короткому замиканні джерела; дорівнює 0,5 при  $R = r$  і прагне до 1 при необмеженому зростанні  $R$ .

Коефіцієнт корисної дії  $\eta$  дорівнює одиниці (100 %) при разомкненому колі ( $R = \infty$ ), але в цьому випадку корисна потужність дорівнює нулю.

Таким чином, вимоги одночасного отримання максимальної корисної потужності при максимальному ККД є нездійсненними.

## Вимірювання

1. Зберіть схему установки відповідно до рис. 1.
2. Збільшуючи через кожні 10 Ом опір навантаження  $R$ , знімайте значення сили струму за показаннями міліамперметра і занесіть значення  $R$  та  $I$  у таблицю

Таблиця

№	$R$ , Ом	$I$ , мА	$P_{\text{КОР}}$ , Вт	$P$ , Вт	$r$ , Ом	$\eta$
1						
2						
3						
...						
n						

3. За формулою  $P_{\text{КОР}} = I^2 R$  розрахуйте значення корисної потужності за різних значень опору навантаження. Отримані значення  $P_{\text{КОР}}$  занести в таблицю.

4. **Побудуйте графік** залежності  $P_{\text{КОР}} = f(R)$  і **за графіком визначте значення** внутрішнього опору джерела струму  $r$ . Це значення опору відповідає максимуму побудованої кривої. Занесіть значення  $r$  в таблицю.

Приблизний вид графіків показаний на рис.2.

5. За формулою  $P = I^2(R+r)$  розрахуйте значення потужності, що виділяється в колі, за різних значень опору навантаження. Отримані значення  $P$  занесіть у таблицю. **Побудуйте графік** залежності  $P = f(R)$ .

6. За формулою  $\eta = \frac{R}{R+r}$  розрахуйте ККД за різних значень опору навантаження.

Отримані дані занесіть у таблицю. **Побудуйте графік** залежності  $\eta = f(R)$ .

### Контрольні питання

1. Сформулюйте закон Ома для замкнутого кола.
2. Сформулюйте закон Джоуля-Ленца в інтегральній формі.
3. Як по отриманим у результаті експерименту даних визначити ЕРС даного джерела? Визначте її.
4. Як, знаючи значення струму  $I_1$  і  $I_2$  при різних значеннях опору навантаження  $R_1$  і  $R_2$ , визначити внутрішній опір джерела струму? Визначте по отриманим у результаті експерименту даним внутрішній опір джерела запропонованим методом. Порівняйте значення  $r$ , отримані різними методами (за формулою і за графіком)  $P_{\text{кор}} = f(R)$ .

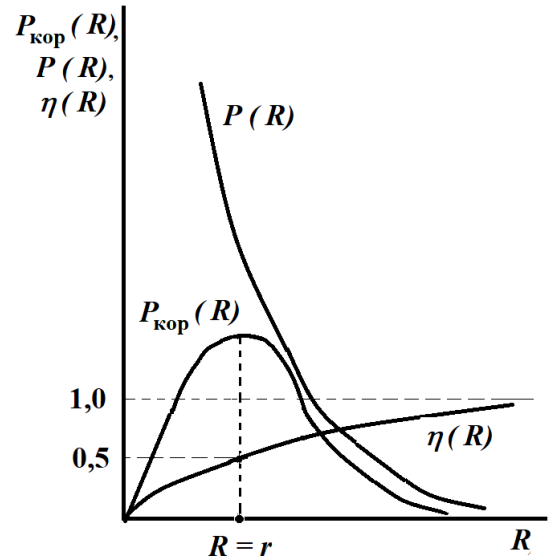


Рис.2.

### Рекомендована література

1. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцік П. П. Загальний курс фізики у трьох томах : навч. посіб. Київ: Техніка, 2006. Т. 2 : Електрика і магнетизм. 450 с.
2. Курс фізики (під редакцією Лопатинського І.Є.. – Львів. – ”Бескід Біт”. – 2002.
3. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф.. Курс фізики. У 2 кн.: Кн.1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.:«Либідь», 2001. – 448с.
4. Загальна фізика. Лабораторний практикум.: Навч. посібник./ В.М.Барановський, П.В.Бережний, І.Т.Горбачук. та ін.. За заг. ред.. І.Т.Горбачука. – К. Вища шк., 1992 – 509 с.
5. Гаркуша І.П., Курінний В.П. Фізика. Навчальний посібник у 7 частинах. Ч. 3. Електрика і магнетизм. [Електронне видання]: - Д. Національний гірничий університет, 2018. - 165 с. -

Укладачі Барташевська Л.І., Гаркуша І.П.