

Лабораторна робота № 9

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

Обладнання

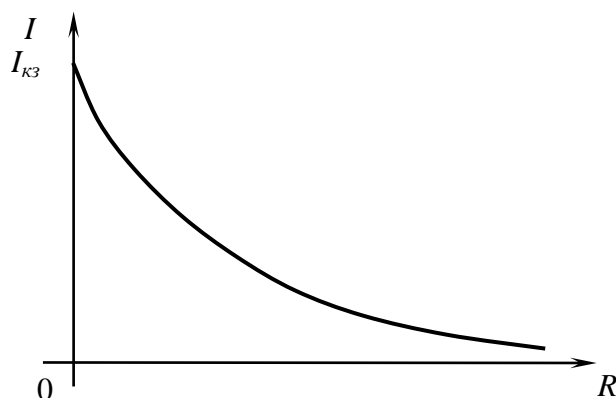
1. Випрямляч ВН-45;
2. Амперметр;
3. Вольтметр;
4. Реостат.

Теоретичні відомості

Кожне джерело характеризується ЕРС та внутрішнім опором. Споживач електричної енергії завжди має певний опір, який називається опором навантаження і який є зовнішнім опором електричного кола. Якщо створити замкнуте електричне коло, то в ньому потікатиме електричний струм певної сили. Сила струму визначається законом Ома для повного кола $I = \frac{E}{R+r}$. Як бачимо, сила струму залежить від опору навантаження.

Найбільшої сили струм досягає при $R=0$, при цьому його називають струмом короткого замикання, $I_{кз} = \frac{E}{r}$.

При збільшенні зовнішнього опору сила струму падає, асиметрично до нуля при нескінченному збільшенні зовнішнього опору. Графічно це показано на мал. 9.1. У замкнутому колі на його зовнішній і внутрішній ділянках виділяється певна потужність. Повна потужність, що виділяється в електричному колі, складатиметься з потужностей, що виділяються у зовнішній та внутрішній частинах кола: $P_n = I^2 R + I^2 r$. Оскільки $I(R+r) = E$, то $P_n = IE$.



Мал. 9.1

$$P_{n(max)} = \frac{E^2}{r}.$$

При збільшенні R повна потужність зменшується, асиметрично прямуючи до нуля при необмеженому збільшенні R . Графічно це виражається кривою 1 на мал. 9.2.

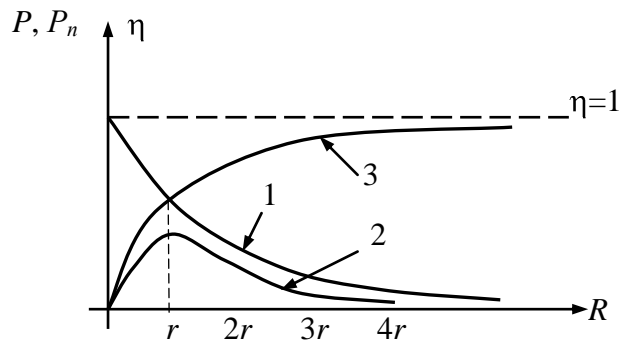
Корисно використовується та частина повної потужності, яка виділяється на зовнішньому опорі. Її називають зовнішньою потужністю:

$$P = I^2 R = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}. \quad (9.1)$$

При струмі короткого замикання ($R=0$) потужність, що виділяється у зовнішній частині кола, дорівнює нулю. Якщо зовнішній опір кола нескінченно великий, то

Таким чином, повна потужність, що виділяється в колі, дорівнює добутку сили струму на ЕРС джерела. Ця потужність, напевне, має виділятися завдяки певним джерелам енергій. Таким чином, в колі постійного струму сторонні сили розвивають позитивну потужність $+IE$. Сила струму в колі залежить від опору навантаження, а тому і повна потужність залежить від опору навантаження: $P_n = \frac{E^2}{R+r}$. Найбільшого значення вона сягає при струмі короткого замикання ($R=0$)

потужність також дорівнюватиме нулю. Отже, при деякому опорі навантаження зовнішня потужність буде максимальною.



Мал. 9.2

Продиференціюємо вираз (9.1) за R : $\frac{dP}{dR} = \frac{E^2(R-r)}{(R+r)^3}$. Прирівнюючи до нуля

і розв'язуючи відносно R , дістанемо $R=r$. За цієї умовою потужність, яка виділяється у зовнішній частині кола,

$P_{max} = \frac{E^2}{4r}$, тобто дорівнює чверті

потужності, що розвивається джерелом при короткому замиканні. Залежність зовнішньої (корисної) потужності від опору навантаження показано кривою 2 на мал. 9.2.

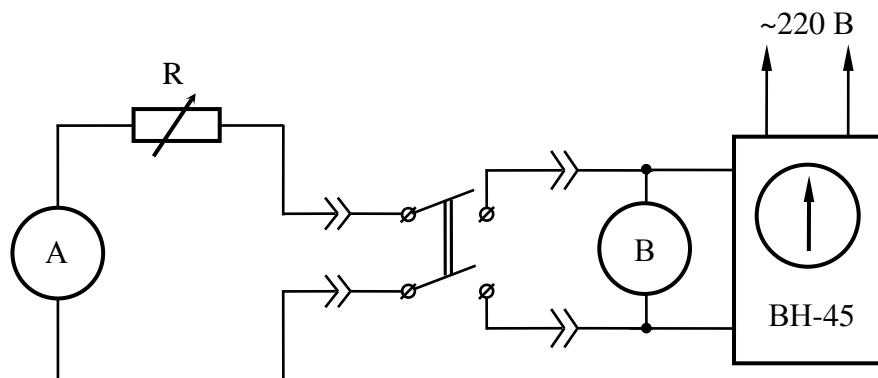
Коефіцієнт корисної дії джерела

визначається відношенням корисної потужності до повної: $\eta = \frac{P}{P_n} = \frac{IU}{IE} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r}$.

При $R=0$ маємо $\eta=0$, зі збільшенням R ККД зростає, прямує до одиниці при необмеженому зростанні R . Залежність ККД джерела від навантаження показано кривою 3 на мал. 9.2. При максимальній зовнішній потужності $\eta=50\%$. Джерело струму експлуатують так, щоб його ККД був не меншим від 90%. Цього можна досягти за умови, коли зовнішній опір у 9-10 разів буде більшим від внутрішнього.

Виконання вимірювань

1. Скласти електричне коло згідно зі схемою, показаною на мал. 9.3.
2. Регулятор зміни ЕРС джерела поставити на «0».
3. На амперметрі встановити шунт на 5 А.



Мал. 9.3

4. Встановити мінімальний опір зовнішньої частини кола (при цьому опір зовнішньої частини кола буде складатися лише з опору з'єднувальних провідників та опору в контактах).

5. Увімкнути джерело струму і цифровий вольтметр в мережу ~ 220 В.

6. Поступово збільшувати ЕРС джерела до досягнення в колі струму силою 5 А, виміряти напругу на зовнішній частині кола.

7. Розімкнути електричне коло. Оскільки внутрішній опір джерела малий, то вольтметр покаже встановлену ЕРС. Записати її значення зверху над звітною таблицею.

8. Замкнути електричне коло. Поступово збільшувати опір зовнішньої частини кола та здійснити вимірювання напруг на ньому при силах струму, що вказані в таблиці

№ 1. При значеннях сил струму, що менші від 2,5 А увімкнути на амперметрі шунт на 2,5 А.

9. Обчислити зовнішній опір R , внутрішній опір r , повну потужність P_n , зовнішню потужність P та ККД джерела η для кожного з вимірювань. Результати вимірювань і обчислень записати в таблицю № 9.1.

$$E = \underline{\hspace{2cm}}$$

Таблиця № 9.1

№	Сила струму в колі I , А	Напруга на клеммах джерела U , В	Опір		Потужність		ККД джерела η , %
			зовнішній R , Ом	внутрішній r , Ом	повна P_n , Вт	зовнішня P , Вт	
1.	5,0						
2.	4,5						
3.	4,0						
4.	3,5						
5.	3,0						
6.	2,5						
7.	2,0						
8.	1,5						
9.	1,0						
10.	0,5						
11.	0,0						

10. На основі одержаних результатів побудувати графіки $I = I(R)$, $P_n = P_n(R)$, $P = P(R)$, $\eta = \eta(R)$, показані на мал. 9.1 і 9.2, а також графіки функцій $P_n = P_n(I)$, $P = P(I)$, $\eta = \eta(I)$. З графіка $I = I(R)$ визначити силу струму короткого замикання.

11. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. Дати означення основних характеристик джерела електричного струму.
2. Показати графічно як залежить в замкненому колі сила струму від зовнішнього опору (вольт-амперна характеристика).
3. Вивести аналітично і показати графічно залежність повної потужності, зовнішньої потужності і коефіцієнту корисної дії джерела від зовнішнього опору.
4. При яких умовах джерело розвиває максимальну повну потужність, максимальну корисну потужність?
5. Як співвідносяться максимальна корисна і повна потужність джерела?

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. 115–123.
2. Цілинко М. Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму: Навч. посіб. – К.: ІСДО, 1995. – С. 82–87.

Висновки
