

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2
(з використанням Multisim)

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДЖЕРЕЛ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Мета роботи

1. Зняття зовнішніх характеристик джерел електричної енергії та визначення параметрів їх схем заміщення.
2. Дослідження роботи джерела при переході від режиму генератора до режиму навантаження при зміні його ЕРС.
3. Перевірка виконання балансу потужності електричного кола з двома джерелами електричної енергії.

1. Загальні положення

Електричне коло, як правило, містить активні і пасивні елементи.

У електричних схемах активними елементами є джерела електричної енергії, а пасивними – резистори.

Будь яке реальне джерело електричної енергії можна представити схемою джерела напруги (рис. 2.1) і схемою джерела струму (рис. 2.2).

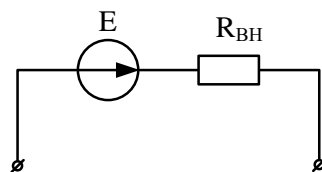


Рисунок 2.1

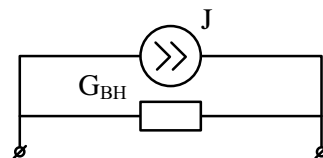


Рисунок 2.2

Будь яке із приведених на рисунках джерел електричної енергії можна представити у вигляді джерела напруги або джерела струму. Для цього виконується еквівалентне перетворення джерел.

Для переходу від джерела струму до еквівалентного джерела напруги розрахунок параметрів здійснюється за формулами

$$E = R_{BH} J ; R_{BH} = \frac{1}{G_{BH}} .$$

Схема заміщення наведена на рис. 2.1.

Для переходу від джерела напруги до еквівалентного джерела струму розрахунок параметрів здійснюється за формулами

$$J = \frac{E}{R_{BH}} ; G_{BH} = \frac{1}{R_{BH}} .$$

Схема заміщення наведена на рис. 2.2.

Крім граничних режимів роботи джерела електричної енергії (режим холостого ходу за нескінченного навантаження $R_H \rightarrow \infty$ та режим короткого

замикання за нульового навантаження $R_H=0$) активна ділянка електричного кола може працювати в різних режимах (генератор, споживач) залежності від умов, що створюються зовнішньою частиною кола. Ці режими описує узагальнений закон Ома $U + E = IR$.

2. Порядок виконання роботи

До початку виконання лабораторної роботи підготувати бланк ПРОТОКОЛУ (Додаток 2).

УВАГА: Роботу виконувати згідно методичних вказівок, а результати експериментальних вимірювань заносити до відповідних таблиць ПРОТОКОЛУ.

2.1. Дослідження зовнішніх характеристик джерел електричної енергії

Для дослідження характеристик наближеного до реального джерела електричної енергії використаємо наступні умовності. Будемо вважати *нерегульованим джерелом електричної енергії E* послідовне з'єднання ЕРС з величиною E_1 та резистора R_{BH} , що на принциповій схемі (рис. 2.3) позначено як *блок постійних напруг*. *Навантаженням* назвемо змінний резистор, що на принциповій схемі позначено як *Блок змінних опорів R_H* .

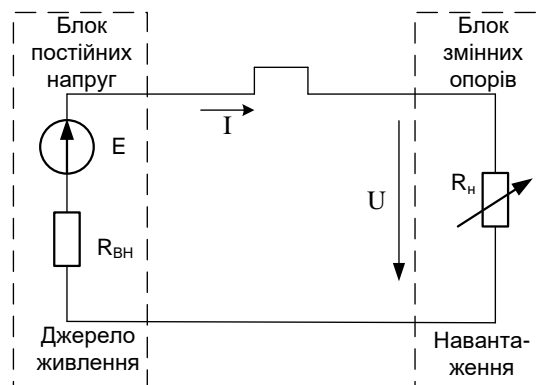


Рисунок 2.3 – Схема електричного кола за послідовного з'єднання джерела живлення E та навантаження R_H

Величина ЕРС з E_1 розраховується за формулою $E_1 = 15 + (\text{№ в журналі групи})$, $R_{BH} = 30 + (\text{№ в журналі групи})$ Ом.

Зняття зовнішньої характеристики джерела живлення E_1 .

2.1.1. На набірному полі Multisim зібрати схему, наведену на рис. 2.3.

Як реальне джерело живлення (*Блок постійних напруг*) використовується *нерегульоване джерело живлення ЕРС E_1* та послідовно з'єднаний резистор

$R_{ВН}$, що імітує внутрішній опір (рис. 2.4). В принциповій схемі передбачена перемичка (позначається П). Під час досліджень в Multisim замість неї (в розрив) для вимірювання струму підключається амперметр.

Зібрану на набірному полі Multisim схему скопіювати (меню: **Tools/Capture_screene_area**) та вставити в Протокол, нижче принципової схеми.

Як елемент *опору навантаження* R_H в Блоці змінних опорів використовується змінний резистор номіналом $1\text{ k}\Omega$ (кнопка меню **Basic** «POTENTIOMETER»).

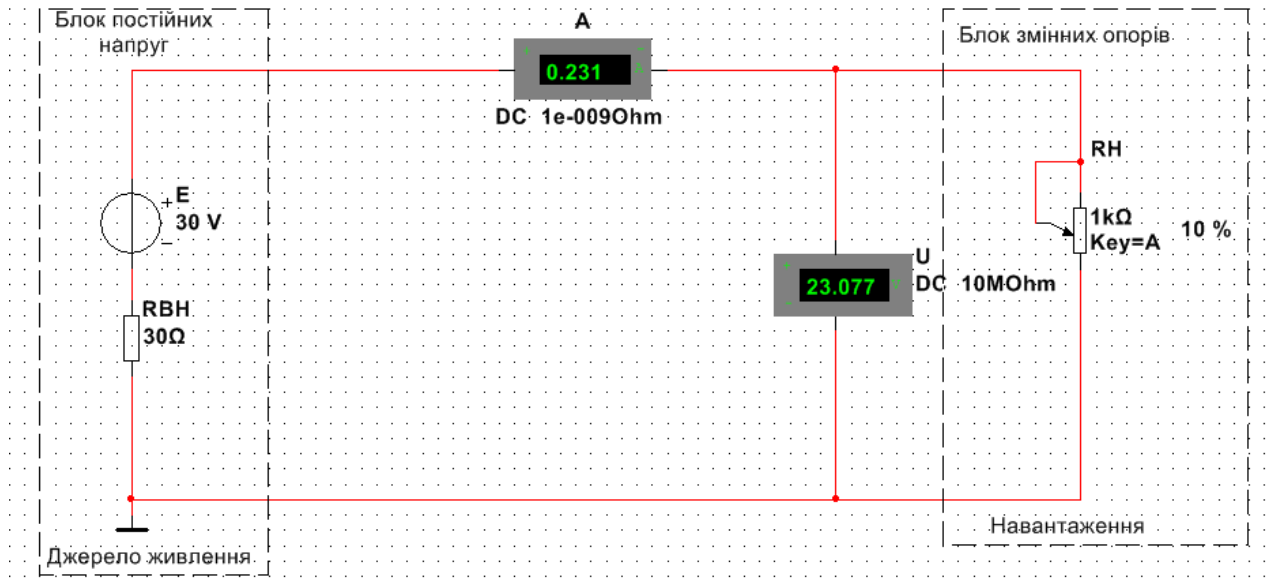


Рисунок 2.4 – Модель електричного кола за послідовного з'єднання джерела живлення E та навантаження R_H

2.1.2. Запустити моделювання в Multisim (натиснути кнопку «Run»).

Виміряти амперметром величину струму джерела E_1 в режимі короткого замикання (повзунок резистора R_H виставлено в нульове положення) і записати $I_{КЗ}$ перед табл. 2.1.

Виміряти струм I і напругу U в електричному колі при збільшенні опору резистора R_H , змінюючи його опір у відсотках повзунком, згідно з табл. 2.1. Результати вимірювань занести в табл. 2.1.

Виміряти напругу нерегульованого джерела живлення E_1 в режимі холостого ходу (для цього слід відключити резистор навантаження R_H) і записати $U_{ХХ}$ (E_1) перед табл. 2.1.

Зупинити моделювання в Multisim (натиснути кнопку «Stop»).

Зберегти файл схеми.

Результати дослідження показати викладачу.

$$U_{ХХ} = E_1 = \quad \text{В}, \quad I_{КЗ} = \quad \text{мА}$$

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань струмів та напруг за ввімкненого джерела живлення E_1

R_H , Ом	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	∞
I , мА											
U , В											

2.2. Дослідження роботи джерела живлення при переході від режиму генератора до режиму навантаження (споживача)

Для дослідження використовується схема (рис. 2.5) електричного кола з послідовно з'єднаними нерегульованим джерелом живлення $E_1=30\text{В}$, регульованим джерелом живлення E_2 з внутрішнім опором $R_{вн2} = 20\text{ Ом}$ та навантаженням з опором $R_H = 100+10 \cdot N\text{ Ом}$.

Для переходу джерела живлення E_2 від режиму генератора до режиму навантаження необхідно змінювати його ЕРС. При цьому напруга U_2 на його затискачах змінюється у відповідності до формули: $U_2 = E_2 - IR_{вн2}$.

Досліджуються три режими роботи джерела E_2 :

1. $U_2 > 0$, $E_2 > IR_{вн2}$ – режим джерела енергії (генератора), тобто ЕРС E_2 перевищує падіння напруги на внутрішньому опорі $R_{вн2}$.
2. $U_2 = 0$, $E_2 = IR_{вн2}$ – граничний режим. Енергія джерела E_2 повністю втрачається на внутрішньому опорі і не потрапляє до навантаження.
3. $U_2 < 0$, $E_2 < IR_{вн2}$ – режим навантаження. Енергії джерела E_2 не вистачає для покриття внутрішніх втрат енергії. Джерело E_2 стає додатковим навантаженням для джерела E_1 .

Режими роботи джерела E_2 встановлювати за допомогою зміни номіналу ЕРС.

2.2.1 На набірному полі зібрати схему, наведену на рис. 2.5. Як навантаження використати резистор $R_H = 100+10 \cdot N\text{ Ом}$.

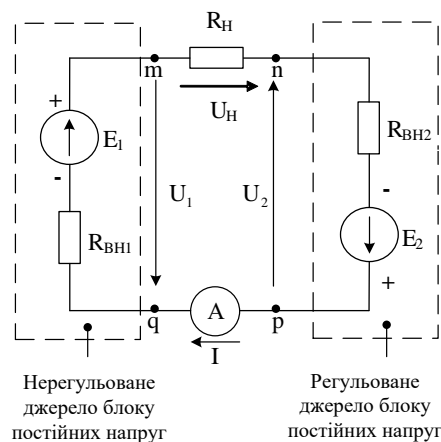


Рисунок 2.5 – Схема електричного кола із послідовним з'єднанням джерел живлення E_1 , E_2 та навантаження R_H

Зібрану на набірному полі Multisim схему скопіювати (меню: **Tools/Capture_screene_area**) та вставити в Протокол, нижче принципової схеми.

Приклад аналогічної моделі в Multisim показаний на рис. 2.6.

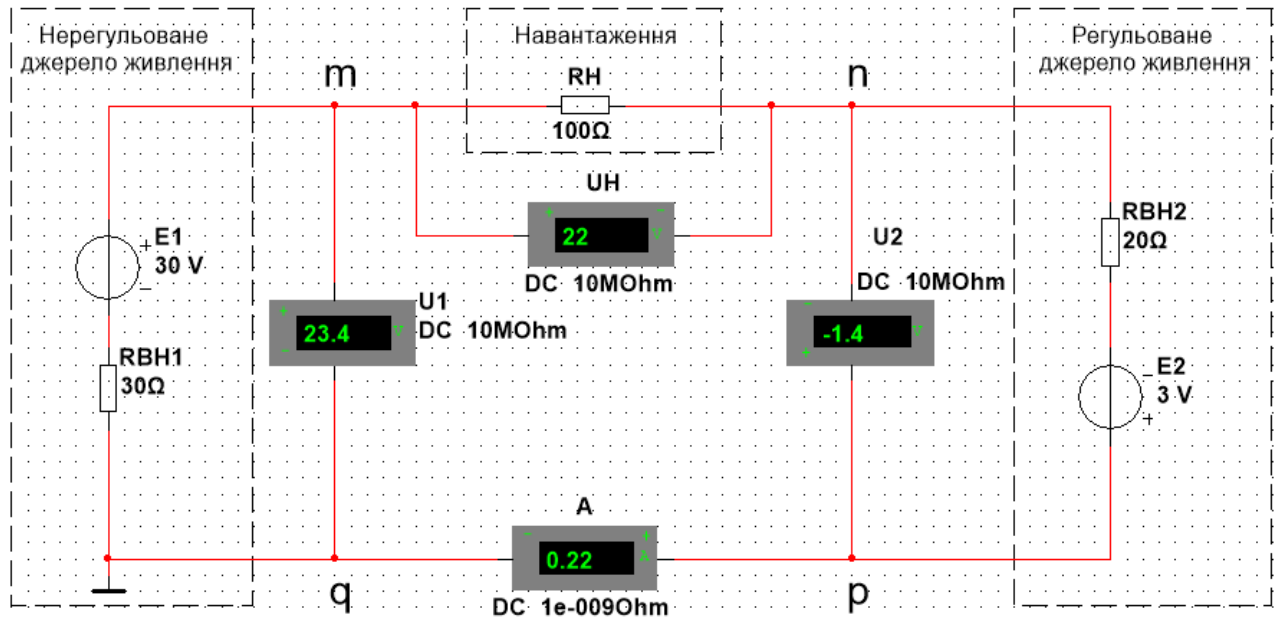


Рисунок 2.6 – Модель електричного кола із послідовним з'єднанням джерел живлення E_1 , E_2 та навантаження R_H

Після відтворення схеми перевірити її працездатність, увімкнувши режим моделювання в Multisim кнопкою «Run».

ЗВЕРНУТИ УВАГУ: полярність вольтметрів U_1 та U_2 протилежна.

2.2.2. Встановити за допомогою зміни (подвійним кліком) ЕРС $E_2 = 15$ В для варіанту режиму роботи джерела, коли $[U_2 > 0]$ і записати виміряну величину U_2 в рядок 1 табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань напруг і струму для трьох режимів роботи джерела E_2

№ пп	Режим	Виміряні величини				
		U_2 , В	U_1 , В	U_H , В	I , мА	E_2 , В
1	$U_2 > 0$					
2	$U_2 = 0$					
3	$U_2 < 0$					

2.2.3. Виміряти напруги U_1 , U_H та струм I у відповідності до напрямку протікання струму на схемі.

Розірвавши коло (наприклад, вилучивши амперметр), вольтметром U_2 виміряти ЕРС E_2 , яка при цьому має дорівнювати напрузі U_{xx} холостого ходу джерела (після чого повернути амперметр в схему).

Результати вимірювань занести в рядок 1 табл. 2.2.

2.2.4. Провести дослідження граничного режиму роботи джерела E_2 . За допомогою подвійного кліку встановити ЕРС $E_2 = IR_{вн2}$. Напруга U_2 при цьому має бути близькою до 0 В. Записати виміряну величину U_2 в рядок 2 табл. 2.3.

Виміряти напруги U_1 , U_H , величину ЕРС E_2 та струм I аналогічно пункту 2.2.3. Результати вимірювань занести в рядок 2 табл. 2.2.

2.2.5. Провести дослідження роботи джерела E_2 в режимі навантаження ($U_2 < 0$). Встановити такий номінал ЕРС регульованого джерела, щоб $E_2 < IR_{вн2}$. Записати виміряну величину U_2 в рядок 3 табл. 2.2.

Виміряти напруги U_1 , U_H , величину ЕРС E_2 та струм I аналогічно пункту 2.2.3. Результати вимірювань занести в рядок 3 табл. 2.2.

Зупинити моделювання в Multisim (натиснути кнопку «Stop»).

Зберегти файл схеми.

Результати дослідження показати викладачу.

3. Обробка результатів експериментів

УВАГА:

- дані для розрахунків брати з таблиць ПРОТОКОЛУ;
- виконуючи розрахунки, струм, виміряний в мА перевести в А.

3.1. За даними табл. 2.1 побудувати графік зовнішньої характеристики досліджуваного джерела E_1 (аналогічно прикладу, наведеному на рис. 2.7).

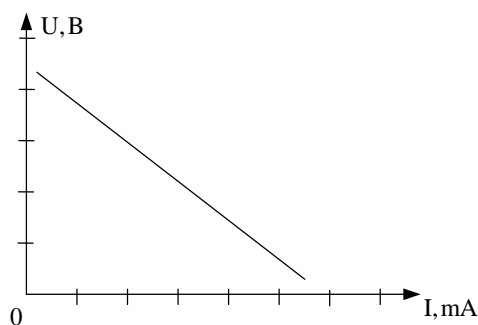


Рисунок 2.7 – Зовнішня характеристика джерела

Для визначення характеристик U_{xx} і $I_{кз}$, екстраполяванням продовжити одержану пряму до перетину з осями.

Ордината точки перетину екстрапольованої прямої з віссю напруги дає значення напруги холостого ходу U_{xx} .

Абсциса точки перетину екстрапольованої прямої з віссю струму дає значення струму короткого замикання $I_{кз}$.

Порівняти одержані значення U_{xx} і $I_{кз}$ зі значеннями, вимірними в пункті 2.1.2.

3.2. Розрахувати параметри схем заміщення E , R_{BH} , J , G_{BH} для джерела живлення E_1 за формулами:

$$E = U_{XX}; R_{BH} = \frac{U_{XX}}{I_{K3}}; J = I_{K3}; G_{BH} = \frac{1}{R_{BH}}.$$

Для джерела E_1 дані для розрахунків наведені перед табл. 2.1.

Розраховані параметри схем заміщення занести в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків параметрів схем заміщення

Джерело живлення	Розраховані величини			
	E , В	R_{BH} , Ом	J , А	G_{BH} , Сим
Нерегульоване джерело E_1				

Накреслити схему заміщення джерела електричної енергії як джерело струму із відповідними параметрами елементів.

3.3. Перевірити виконання узагальненого закону Ома в схемі, наведеній на рис. 2.5:

– для ділянки $m-q$ нерегульованого джерела живлення E_1 за формулою

$$I = \frac{E_1 - U_1}{R_{BH1}};$$

– для ділянки $p-n$ регульованого джерела живлення E_2 за формулою

$$I = \frac{E_2 - U_2}{R_{BH2}}.$$

Дані для перевірки взяти з табл. 2.2.

Розрахунки виконати для трьох режимів роботи електричного кола.

3.4. Виконати розрахунки вироблених потужностей $P_{вир}$, розсіяних на внутрішніх опорах $P_{розс}$, потужностей обміну (переносу) $P_{обм}$, і потужності навантаження P_H за формулами:

$$P_{вир1} = IE_1; P_{розс1} = I^2 R_{BH1}; P_{обм1} = U_1 I;$$

$$P_{вир2} = IE_2; P_{розс2} = I^2 R_{BH2}; P_{обм2} = U_2 I; P_H = U_H I.$$

Дані для розрахунків взяти з табл. 2.2.

Результати розрахунків занести до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків потужностей електричного кола

№ пп	Режим роботи джерела	Джерело E_1			Джерело E_2			P_H , Вт
		$P_{вир1}$, Вт	$P_{розс1}$, Вт	$P_{обм1}$, Вт	$P_{вир2}$, Вт	$P_{розс2}$, Вт	$P_{обм2}$, Вт	
1	$U_2 > 0$							
2	$U_2 = 0$							
3	$U_2 < 0$							

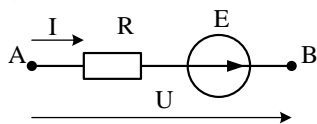
3.5. Записати рівняння балансу потужностей електричного кола:

- для ділянки $n-p$ регульованого джерела E_2 для трьох режимів його роботи (генератора, граничний, навантаження);
 - для ділянки $m-q$ нерегульованого джерела E_1 в одному із режимів роботи;
 - для всього електричного кола в одному із режимів роботи.
- Перевірити виконання балансу потужностей. Дані для перевірки взяти із табл. 2.4.

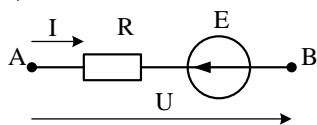
Питання для контролю

1. Як виглядає графік зовнішньої характеристики ідеального джерела ЕРС E ?
2. Як виглядає графік зовнішньої характеристики ідеального джерела струму J ?
3. Як виглядає графік зовнішньої характеристики реального джерела напруги?
4. Як виглядає графік зовнішньої характеристики реального джерела струму?
5. Як визначити із зовнішньої характеристики реального джерела величину U_{xx} ?
6. Як визначити із зовнішньої характеристики реального джерела величину $I_{кз}$?
7. Як визначити внутрішній опір $R_{вн}$ реального джерела живлення за допомогою його зовнішньої характеристики?
8. Сформулювати та записати вираз балансу потужностей для замкнутого електричного кола.
9. Сформулювати та записати вираз балансу потужностей для пасивної ділянки електричного кола.
10. Сформулювати та записати вираз балансу потужностей для активної ділянки електричного кола.
11. Запишіть закон Ома для ділянок схем:

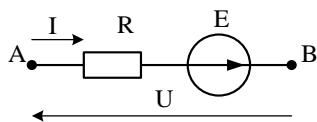
а)



б)



в)



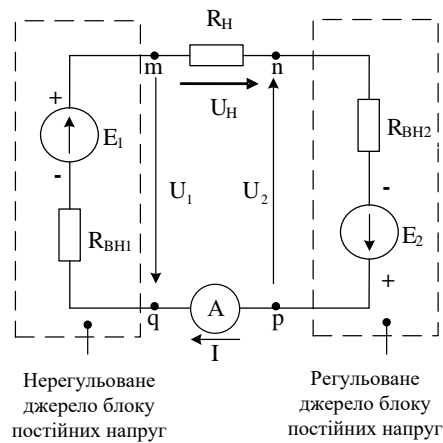


Рисунок 2.5 – Схема електричного кола з послідовним з'єднанням двох джерел живлення та навантаження

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань напруг і струму для трьох режимів роботи джерела E_2

№ пп	Режим	Виміряні величини				
		$U_2, \text{В}$	$U_1, \text{В}$	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$E_2, \text{В}$
1	$U_2 > 0$					
2	$U_2 = 0$					
3	$U_2 < 0$					

Обробка результатів експериментів

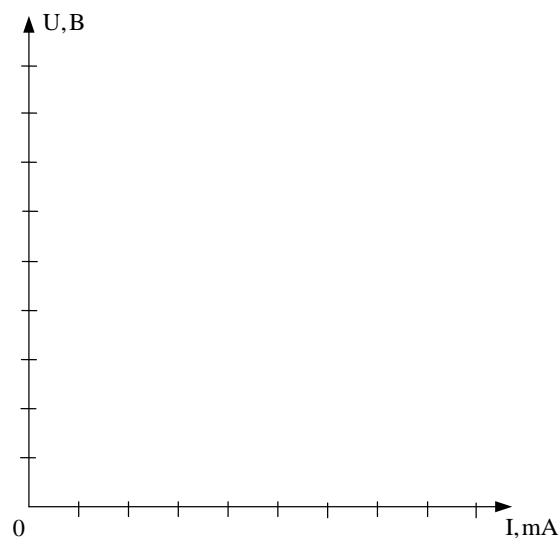


Рисунок 2.7 – Зовнішня характеристика джерела живлення E_1

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків параметрів схем заміщення

Джерело живлення	Розраховані величини			
	$E, \text{В}$	$R_{\text{вн}}, \text{Ом}$	$J, \text{А}$	$G_{\text{вн}}, \text{Сим}$
Нерегульоване джерело E_1				

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків потужностей електричного кола

№ ПП	Режим	Джерело E_1			Джерело E_2			P_H , Вт
		$P_{вир1}$, Вт	$P_{роз1}$, Вт	$P_{об1}$, Вт	$P_{вир2}$, Вт	$P_{роз2}$, Вт	$P_{об2}$, Вт	
1	$U_2 > 0$							
2	$U_2 = 0$							
3	$U_2 < 0$							