

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 8

Розділ 1

Електричні кола постійного струму

Лабораторна робота 1

Закони Ома і Кірхгофа, потенціальна діаграма

1. Мета роботи

Експериментально перевірити закони Ома і Кірхгофа та побудувати потенціальні діаграми.

2. Основні теоретичні положення

Електромагнітні процеси в електричних колах описуються за допомогою понять про струм, напругу (або різницю потенціалів), ЕРС і описуються законами Ома і Кірхгофа. Такий опис є наближеним і вимагає експериментальної перевірки.

Закон Ома встановлює зв'язок між напругою і струмом нерозгалуженої ділянки кола.

В загальному випадку ділянка може містити декілька опорів і ЕРС, які включені послідовно. Приклад такої ділянки на рис.1.1.

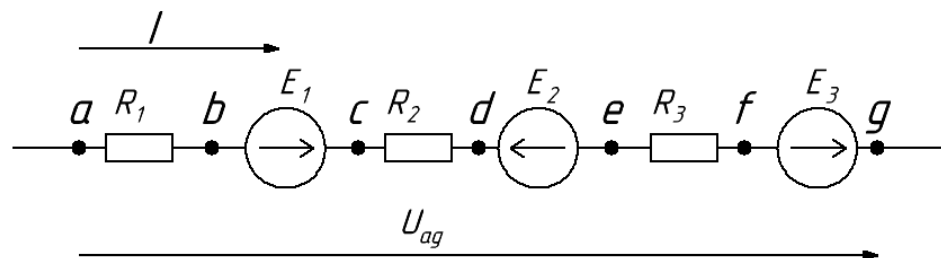


Рис.1.1 – Приклад нерозгалуженої ділянки, що містить декілька ЕРС

Закон Ома для ділянки кола (рис.1.1) запишеться

$$I = \frac{\varphi_a - \varphi_g + E_1 - E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{\varphi_{ag} + E_1 - E_2 + E_3}{R_1 + R_2 + R_3},$$

де зі знаком «+» беруть ті ЕРС, які спрямовані за струмом, зі знаком «-» інші.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 9

Якщо джерела ЕРС мають внутрішні опори, їх необхідно врахувати в законі Ома як опір ділянки. Нехай джерело E_1 має внутрішній опір R_{01} .

Тоді

$$I = \frac{\varphi_b - \varphi_a + E_1}{R_{01} + R_2},$$

Перший закон Кірхгофа формулюється таким чином, що алгебраїчна сума струмів в вітках, що сходяться у вузлі кола, дорівнює нулю. Для складання алгебраїчної суми струмів необхідно струми, які спрямовані до вузла, брати зі знаком «+» від вузла – зі знаком «-» або навпаки. Для вузла кола (рис.1.2) цей закон запишеться

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0.$$

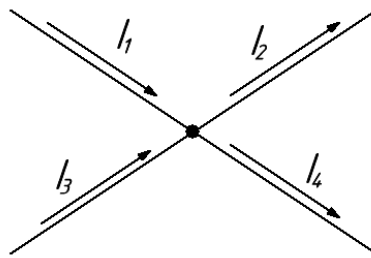


Рис.1.2 – Приклад вузла кола

У загальному випадку перший закон Кірхгофа записують у вигляді

$$\sum_{k=1}^m I_k = 0,$$

де \sum – знак алгебраїчної суми; m - число віток, що сходяться у вузлі.

Другий закон Кірхгофа формулюється таким чином, що алгебраїчна сума напруг на всіх ділянках замкнутого контуру дорівнює нулю. Для складання алгебраїчної суми напруг обирають напрям обходу контуру і ті напруги, напрям яких збігається з напрямом обходу, беруть зі знаком «+», зі знаком «-», коли ці напрями протилежні. Для контуру кола (рис.1.3) другий закон Кірхгофа можна записати

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 10

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{de} + U_{ef} + U_{fa} = 0.$$

Якщо врахувати, що $U_{cd} = E_2$, $U_{ab} = -E_1$, $U_{ef} = -E_3$, закон можна записати в іншій відомій формі:

$$U_{bc} + U_{de} + U_{fa} = E_1 - E_2 + E_3.$$

У загальному випадку другий закон Кірхгофа записують у вигляді

$$\sum_{k=1}^m U_k = 0,$$

і алгебраїчне сумування виконують для всіх ділянок замкнутого контуру, або

$$\sum_{k=1}^m E_k = \sum_{n=1}^p U_n,$$

де алгебраїчної сумування зліва проводять по числу ЕРС, а справа – по числу пасивних ділянок контуру.

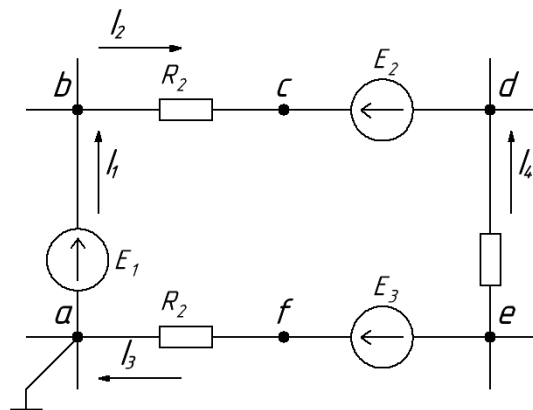


Рис.1.3 – Приклад замкнутого контуру кола

Потенціальна діаграма показує, як змінюється потенціал при обході контуру кола, і є графічною ілюстрацією другого закону Кірхгофа.

На потенціальній діаграмі по осі ординат відкладають потенціали точок, а по осі абсцис – опора.

На рис. 1.4 зображена потенціальна діаграма контуру кола рис.1.3. Обхід контуру виконують за годинниковою стрілкою.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 11

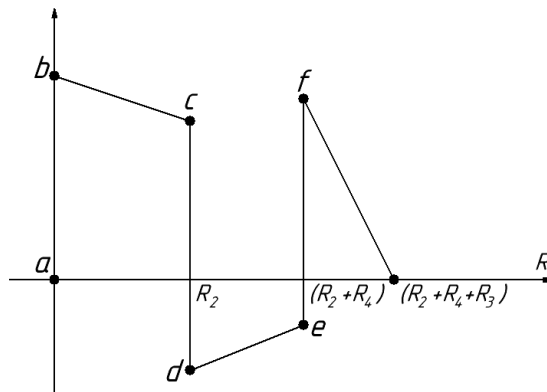


Рис. 1.4 – Потенціальна діаграма контуру кола

Баланс потужностей в електричних колах виражає закон збереження енергії і записується у вигляді

$$\sum_{k=1}^n E_k I_k = \sum_{k=1}^m I_k^2 R_k,$$

де n – число ЕРС в колі, m – число опорів в колі.

Зліва знаходиться алгебраїчна сума потужностей джерел $E_k I_k$, а праворуч – арифметична сума потужностей $I_k^2 R_k$, яка втрачається в опорах.

При складанні алгебраїчної суми потужностей джерел зі знаком «+» беруть потужності тих джерел, у яких напрям струму і ЕРС співпадають, а зі знаком «-» інші.

ми замкнутих контурів електричних кіл.

2. Розрахункова частина

Дані для розрахунку знаходяться в таблиці в лабораторії.

1. Для електричного кола (рис.1.1) виконати наступне:
 - 1.1. Прийняти потенціал одної із точок електричного кола рівним нулю.
 - 1.2. Розрахувати струми і напруги в колі.
 - 1.3. Розрахувати потенціали всіх точок в колі.
 - 1.4. Побудувати потенціальну діаграму.

1.5. Виконати перевірку балансу потужностей.

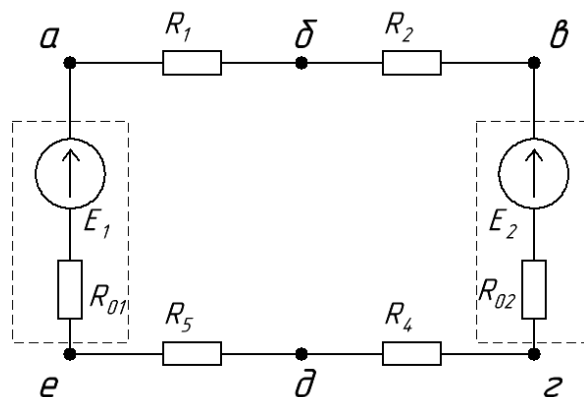


Рис 1.1 – Нерозгалужене електричного кола

2. Для електричного кола (рис.1.2) виконати наступне:

2.1. Прийняти потенціал однієї із точок електричного кола рівним нулю.

2.2. Розрахувати струми в гілках і напруги на ділянках кола.

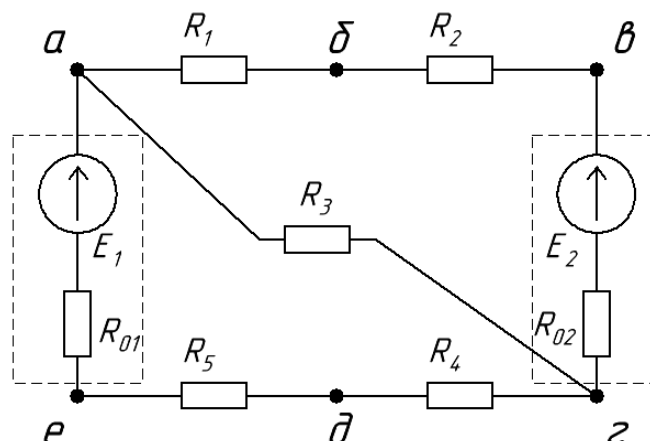


Рис 1.2 – Розгалужене електричного кола

3. Експериментальна частина

1. Зібрати електричне кола згідно рис.1.1.

2. Виміряти струми і напруги. Приймаючи потенціал однієї з точок кола (за вказівкою викладача) рівним нулю, виміряти потенціали інших точок.

2.1. Для вимірювання потенціалів точок клему «-» вольтметра підключають до точки нульового потенціалу, а клему «+» до точки, потенціал якої вимірюють. Напруга, яка виміряна вольтметром, дорівнює потенціалу

точки.

Результати вимірювань занести в табл.1.1.

Таблиця.1.1 – Результати вимірювань та обчислень кола (рис.1.1)

Вимірювання	I	φ_a	φ_b	φ_v	φ_2	φ_d	φ_e	U_{ab}	U_{bv}	U_{vz}	U_{zd}	U_{de}	U_{ea}
	мА	В											
Обчислення													

3. Зібрати електричне коло згідно рис.1.2.

3.1. Виміряти струми в гілках і напруги на ділянках кола. Результати вимірювань занести в табл.1.2.

Таблиця.1.2 – Результати вимірювань кола (рис.1.2)

I_1	I_2	I_3	U_{ab}	U_{bv}	U_{vg}	U_{gd}	U_{de}	U_{ea}
мА			В					

4. Визначити опір резисторів $R_1 - R_5$ за результатами дослідів пп.2,3.

5. Виміряти ЕРС джерел E_1, E_2 за схемою (рис.1.3, а).

6. Для кожного джерела зібрати схему (рис.1.3, б), взявши в якості резистора R_n один із резисторів $R_1 - R_5$, опір якого ближче до внутрішнього опору джерела R_0 . За результатами вимірювань напруги і струму розрахувати внутрішній опір джерел E_1, E_2 за формулою

$$R_0 = \frac{(E - U_V)}{I_A}$$

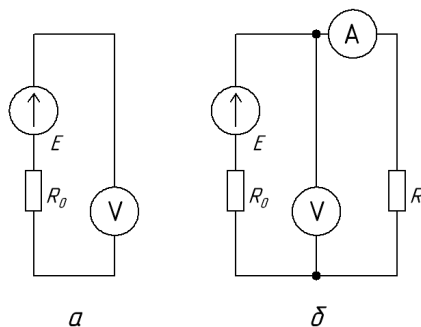


Рис.1.3 – Схеми вимірювання параметрів джерел E_1, E_2

Результати вимірювань і обчислень за пп. 4-6 занести в табл.1.3.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 14

Таблиця.1.3 – Результати вимірювань і обчислень

E_1	E_2	R_{01}	R_{02}	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
В		Ом						

4. Обробка результатів та зміст звіту

1. По відомим із досліду (п.2) значенням потенціалів всіх точок обчислити за формулою $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$ напруги на ділянках кола, записати отримані результати в табл. 1.1 і порівняти із значеннями, які отримані із досліду п.2.

2. По відомим із дослідів пп. 4 і 5 опорам і за отриманими в досліді п.2 значенням напруг обчислити:

- а. струм на ділянках кола, що містять ЕРС;
- б. струм на ділянках кола без ЕРС;
- в. потенціали всіх точок в колі.

Порівнюючи результати дослідів і розрахунків, переконатися в справедливості закону Ома для ділянки кола, що не містить ЕРС, для ділянки кола з ЕРС і для всього кола.

3. За даними досліду (п.2) побудувати потенціальну діаграму.

4. За отриманими в досліді п.3 даними перевірити справедливість першого і другого законів Кірхгофа для дослідженого кола.

5. Зробити перевірку балансу потужностей для нерозгалуженого кола.

6. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні питання

1. Запишіть у загальному виді закон Ома для гілки, що містить джерела ЕРС і резистори.

2. Сформулюйте I та II закони Кірхгофа.

3. Що виражає потенціальна діаграма контуру та як її побудувати?

4. Як вимірюють напруги і потенціали за допомогою вольтметра?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/2/125.00.1/Б/ОК16- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 93 / 15

5. Як за дослідними даними перевірити справедливність законів Ома і Кірхгофа?

6. Як дослідним шляхом визначити внутрішній опір джерела?