

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Тема: Дослідження розгалуженого кола постійного струму

Мета. Перевірити закони Кірхгофа дослідним шляхом. Закріпити знання про перший та другий закони Кірхгофа та їх застосування при розрахунку розгалужених кіл постійного струму.

Обладнання: віртуальна лабораторія Multisim: джерела постійної ЕРС, резистори, вольтметри, амперметри.

Пояснення до роботи

Закони Кірхгофа, так само як закони Ома, є основними законами теорії електричних кіл. Вони дозволяють виконати розрахунок будь-якого розгалуженого електричного кола. Цей розрахунок полягає зазвичай у визначенні напрямку і величини струму на всіх ділянках кола по заданих ЕРС і опорах.

Перш за все нагадаємо основні терміни.

Електричним колом називають сукупність пристроїв, призначених для отримання, передачі, перетворення та використання електричної енергії.

Електричне коло складається з окремих пристроїв – **елементів** електричного кола (джерел електричної енергії, її споживачів, пристроїв для передачі енергії, перетворення, комутації, вимірювання параметрів і т.ін.).

Складним називається розгалужене електричне коло, що містить довільне число джерел і споживачів, яке неможливо звести до комбінації послідовних і паралельних з'єднань.

Графічне зображення електричного кола називається **схемою**.

Частина електричного кола, що з'єднує виділену сукупність її елементів, називається **ділянкою** електричного кола.

Ділянка, вздовж якої проходить один і той самий струм, утворює **гілку**, а місце з'єднання трьох і більше гілок – **вузол**.

Контур – замкнутий шлях, що проходить по декількох гілках так, щоб жодна гілка і жоден вузол не зустрічалися більше одного разу.

Перший закон Кірхгофа стосується вузлів електричного кола, визначає баланс струмів у них і формулюється наступним чином:

«Алгебраїчна сума струмів, що сходяться у вузлі, дорівнює нулю:
 $\Sigma I = 0$ »

Струми, направлені до вузла, прийнято вважати позитивними (зі знаком «плюс»), а струми, направлені від вузла – від'ємними (зі знаком «мінус»). Тому

сума струмів, направлених до вузла, дорівнює сумі струмів, направлених до від вузла.

Другий закон Кірхгофа стосується будь-яких замкнутих контурів, які можна виділити в розгалуженому електричному колі, і визначає баланс напруг у них:

«Алгебраїчна сума ЕРС у будь-якому контурі електричного кола дорівнює алгебраїчній сумі падінь напруг на опорах цього контуру, тобто $\Sigma E = \Sigma IR$ »

Для розрахунків складного ланцюга застосовують закони Кірхгофа, при цьому необхідно скласти стільки незалежних рівнянь, скільки гілок у схемі (m).

Спочатку складають рівняння за першим законом Кірхгофа. Для цього довільно задаються напрямками струмів і позначають їх стрілками. При цьому якщо схема має n вузлів, те можна скласти тільки $n - 1$ незалежних рівнянь, тому що рівняння для останнього вузла буде наслідком попередніх. Тому для кожного вузла, крім останнього, записуємо рівняння: у лівій частині - алгебраїчна сума струмів (струми, спрямовані до вузла, тобто "втікають" у вузол, беруться зі знаком "плюс", а струми, які спрямовані від вузла, тобто "впливають" з нього - зі знаком "мінус"), у правій частині - нуль.

Інші рівняння складають за другим законом Кірхгофа. Тут теж треба пам'ятати, що незалежні рівняння можна скласти тільки для тих контурів, які не утворюються в результаті накладення вже розглянутих, тобто кожний новий контур повинен містити принаймні одну нову гілку, яка не входила в рівняння, уже складені для інших контурів. Вибирають напрямок обходу контуру, як правило, за годинниковою стрілкою. Після чого складають рівняння, де в лівій частині - алгебраїчна сума напруг на всіх опорах контуру, а в правій частині - алгебраїчна сума ЕРС. При цьому позитивними (зі знаком "плюс") вважають ті струми й ЕРС, напрямки яких збігаються з напрямком обходу контуру, а негативними (зі знаком "мінус") - напрямки яких протилежні напрямку обходу.

Розв'язок отриманої системи лінійних алгебраїчних рівнянь дає значення струмів у гілках схеми.

Так, у схемі на мал. 1 три гілки ($m = 3$, тому що необхідно знайти три струми й скласти для цього три рівняння), два вузли ($n = 2$).

Для вузла 1 рівняння, складене за першим законом Кірхгофа, матиме вигляд:

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

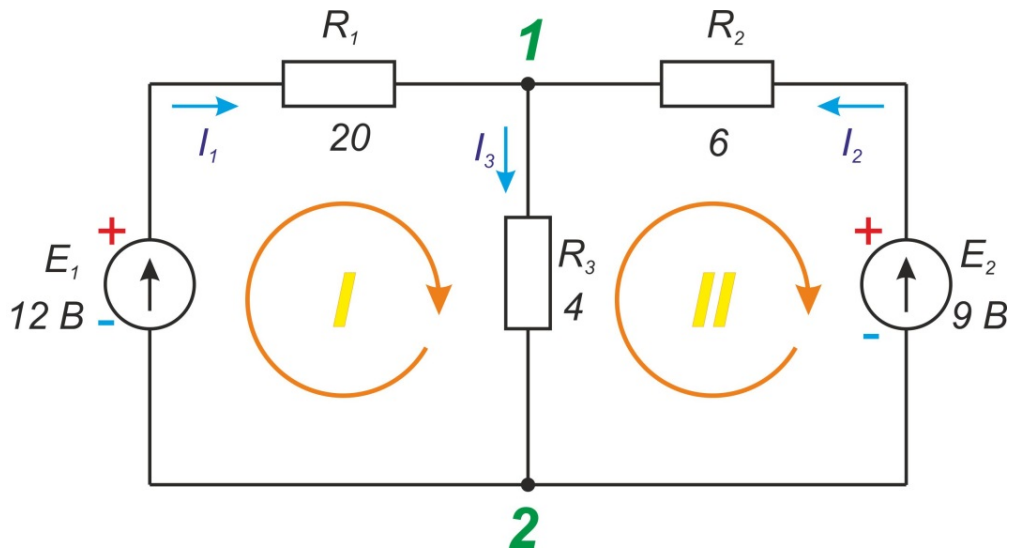


Рис. 1.1. Схема складного ланцюга

Для вузла 2 рівняння становити нема рації.

2 рівняння, що залишилися, складаємо за другим законом Кірхгофа.

Виберемо два незалежні контури (на малюнку 1 позначені римськими цифрами I, II) і приймемо їхній обхід за годинниковою стрілкою. Тоді за другим законом Кірхгофа одержимо:

$$\text{для контуру I: } I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1;$$

$$\text{для контуру II: } -I_2 R_2 - I_3 R_3 = -E_2;$$

Ці рівняння становлять систему незалежних лінійних алгебраїчних рівнянь, розв'язок якої дає значення струмів у гілках схеми:



$$\begin{array}{l} \text{для вузла 1} \\ \text{для контуру 1} \\ \text{для контуру 2} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \\ -I_2 R_2 - I_3 R_3 = -E_2 \end{array} \right.$$

Скористаємося методом Гауса. Із третього рівняння виразимо I_3 , із другого - I_2 й підставимо їх у перше рівняння.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 20I_1 + 4I_3 = 12 \\ -6I_2 - 4I_3 = -9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -\frac{3}{2}\left(\frac{10}{3}I_1 - \frac{1}{2}\right) + \frac{9}{4} - \frac{10}{3}I_1 + \frac{1}{2} \\ I_2 = \frac{10}{3}I_1 - \frac{1}{2} \\ I_3 = -\frac{3}{2}I_2 + \frac{9}{4} \end{cases}$$

Вирішуючи перше рівняння, одержимо $I_1 = \frac{3}{8}$ (А); підставляючи результат у друге рівняння, одержимо $I_2 = \frac{3}{4}$ (А); підставляючи результат у третє рівняння, одержимо $I_3 = \frac{9}{8}$ (А).

Порядок виконання роботи

1. Запустити програму Multisim 12 і зібрати схему, зазначену на малюнку. (Файл Ir1.ms12). Установити $E_1 = 12$ В, $E_2 = 9$ В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 4$ Ом. Включити режим емуляції, нажавши кнопку  або .

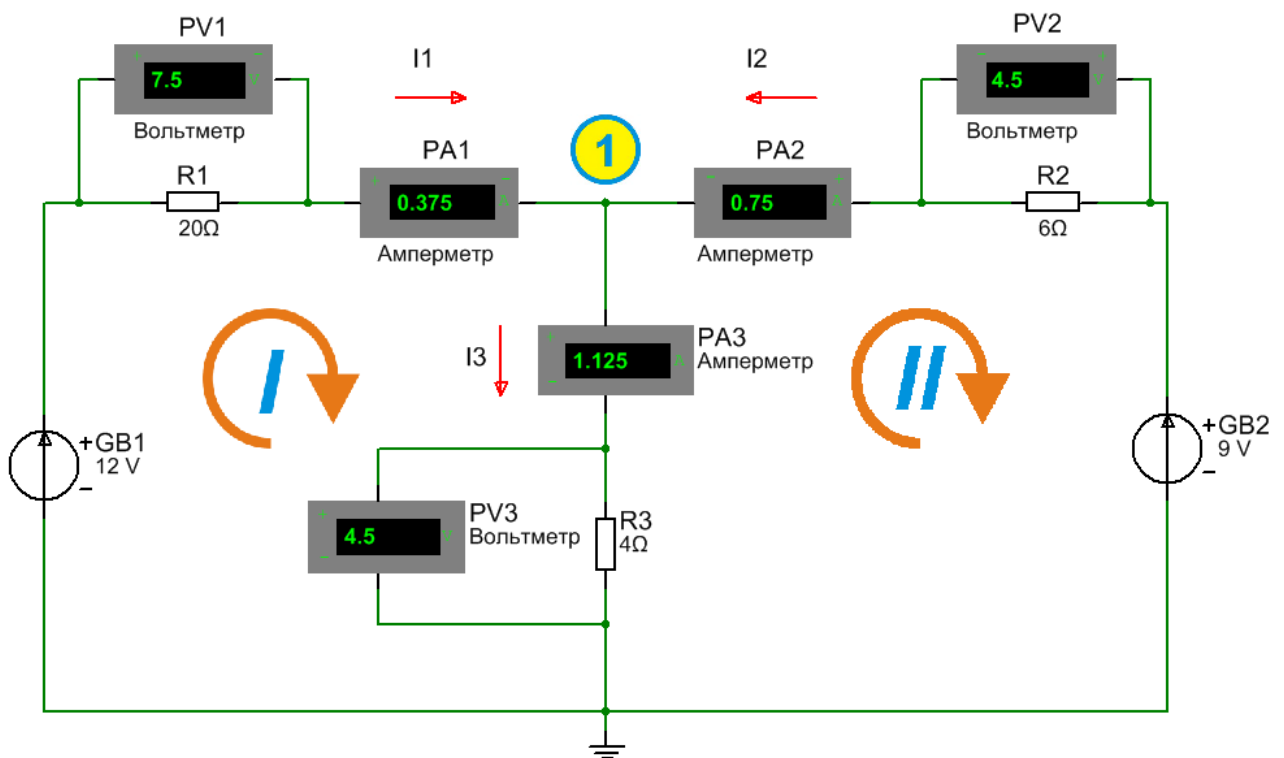


Рис. 1.2. Схема ланцюга в програмі MS12

2. Виміряти струми в галузях I_1, I_2, I_3 за допомогою амперметрів $PA1, PA2, PA3$. Показання амперметрів занести в таблицю 1. Знайти алгебраїчну суму струмів ΣI відповідно до першого закону Кірхгофа для вузла 1 і результат занести в таблицю 1 (струми, спрямовані « до вузла», беруться зі знаком «плюс», а спрямовані від вузла – зі знаком «мінус») . Переконайтеся в тому, що перший закон Кірхгофа виконується.

Таблиця 1.1

Вузол	Показання амперметрів			Результат розрахунків
	I_1, A	I_2, A	I_3, A	$\Sigma I, A$
1				

3. Виміряти падіння напруг на резисторах першого (лівого) та другого (правого) контурів - зняти показання вольтметрів, результати занести в таблицю 2.

Зрівняти $\Sigma U (\Sigma IR)$ з алгебраїчною сумою ЕРС ΣE , які діють у кожному контурі (якщо напрямок ЕРС збігається з напрямком обходу контуру, ЕРС береться зі знаком «плюс», якщо ні – зі знаком «мінус»).

Переконайтеся в справедливості другого закону Кірхгофа.

Таблиця 1.2

Контур	U_1, B	U_2, B	U_3, B	$\Sigma U (\Sigma IR), B$	E_1, B	E_2, B	$\Sigma E, B$
I							
II							

4. Порахуйте баланс потужностей у ланцюгу по формулі $(\Sigma EI)_I = (\Sigma EI)_II + \Sigma I^2 R$.

5. Зробити висновки по роботі.

Контрольні питання

1. Сформулюйте закони Ома для ділянки ланцюга й для всього ланцюга.
2. Що таке вузол схеми електричного кола?
3. Що таке гілка схеми електричного кола?
4. Що таке контур схеми електричного кола?
5. Скільки контурів, вузлів і гілок у схемі, яка використовується в роботі?

6. Скільки необхідно знайти струмів у схемі, яка використовується в роботі? Скільки для цього треба скласти рівнянь за законами Кірхгофа?
7. Сформулюйте перший закон Кірхгофа. Для яких елементів схеми складають рівняння за першим законом Кірхгофа при розрахунках ланцюга?
8. Скільки рівнянь складають за першим законом Кірхгофа? Чому не складають рівняння для останнього вузла схеми?
9. Сформулюйте другий закон Кірхгофа. Для яких елементів схеми складають рівняння за другим законом Кірхгофа?
10. Скільки рівнянь складається за другим законом Кірхгофа?
11. Установити, в якому режимі (генератора або споживача) працюють джерела E_1 й E_2 , поясніть свої виводи.
12. Що означає, якщо після розв'язку системи який-небудь струм буде мати негативне значення? Що треба зробити на схемі?
13. Що прийняте за умовно позитивні напрямки струму, ЕРС під час розрахунку схеми за законами Кірхгофа?
14. Сформулюйте принцип балансу потужностей.
15. Як баланс потужностей використовують для перевірки розрахунків?