

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕЗ

## Методи розрахунку електричних кіл постійного струму за допомогою законів Кірхгофа та методу контурних струмів

### 3.1. Мета роботи

Експериментальна перевірка методів розрахунку електричних кіл постійного струму (методу на основі рівнянь Кірхгофа і методу контурних струмів).

### 3.2. Основні теоретичні положення

Електричні кола поділяються на нерозгалужені та розгалужені. Головними складовими електричного кола є вітка та вузол. Вітка – це ділянка кола, яка утворена послідовно з'єднаними елементами, що розміщується між двома вузлами. Вузол – це точка кола, в якій збігається не менше трьох гілок.

Перший закон Кірхгофа має наступну формулювання: алгебраїчна сума струмів в вузлі електричного кола дорівнює нулю. При складанні рівнянь приймають струми, що входять в вузол зі знаком мінус, а що виходять з вузла – із знаком плюс.

Другий закон Кірхгофа – алгебраїчна сума падіння напруг на резисторах контуру, що досліджується, дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС цього контуру.

При складанні рівнянь відповідно до другого закону Кірхгофа спочатку задають напрямки обходу контурів і напрямки протікання струмів у вітках кола. Після цього використовують наступне правило: при обході контуру складові беруть із знаком (+), якщо напрямок струму чи ЕРС співпадають із напрямком обходу, і зі знаком (-), якщо напрямки протилежні.

Якщо в електричне коло ввімкнено два джерела енергії, е.р.с. яких збігаються за напрямком, тобто ввімкнені згідно, то е.р.с. усього кола дорівнює сумі е.р.с. цих джерел:  $E_{\text{заг.}} = E_1 + E_2$ . Якщо ж у коло ввімкнено два джерела, е.р.с. яких мають протилежні напрямки, тобто ввімкнені зустрічно, то загальна е.р.с. кола дорівнює різниці між е.р.с. цих джерел:  $E_{\text{заг.}} = E_1 - E_2$ .

За допомогою законів Кірхгофа можливо розрахувати будь-яке електричне коло. Але у випадку складних розгалужень треба розв'язувати дуже громіздку систему рівнянь. Спростити розрахунки можна за допомогою методу контурних струмів.

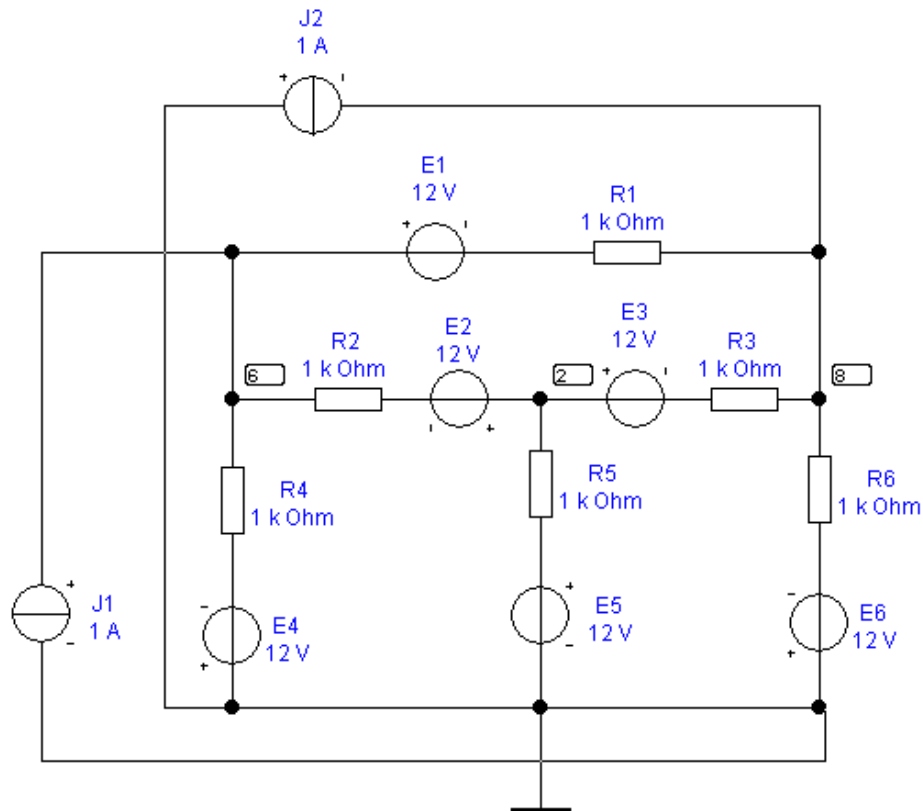
Суть методу:

1. Запроваджується поняття про контурні струми, що є умовними та замикаються лише на своїх контурах.
2. Контурні струми зв'язуються аналітично зі справжніми струмами у вітках.
3. Складається система рівнянь за другим законом Кірхгофа для контурних струмів. Кількість контурних струмів значно менша, ніж справжніх, тож зменшується і кількість рівнянь у системі.

4. Розв'язується система рівнянь та визначаються контурні струми.
5. За допомогою аналітичних залежностей визначаються справжні струми.

### **3.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи**

Для виконання лабораторної роботи використовується узагальнена електрична схема, яка приведена на рис.3.1.



**Рис. 3.1.**

Варіанти роботи приводяться в додатку. В кожному варіанті маємо 4 джерела е.р.с. і одне джерело струму.

### **3.4. Порядок виконання роботи**

- 3.4.1. Проаналізувати схему, приведену на рис. 3.1 і спростити її, виходячи з вибраного варіанту.
- 3.4.2. Встановити прилади, необхідні для проведення вимірювань струму в гілках електричного кола.
- 3.4.3. Встановити необхідні величини е.р.с. джерел живлення і джерела струму з врахуванням їх полярності.
- 3.4.4. Встановити величини опорів, у відповідності до вибраного варіанту.
- 3.4.5. Включити електричну схему в роботу і виконати вимірювання струмів і напруг, записавши їх значення в підготовлену таблицю.
- 3.4.6. Використовуючи рівняння Кірхгофа, виконати розрахунки струмів в гілках схеми, що досліджується.

3.4.7. Провести аналогічні розрахунки, використовуючи метод контурних струмів.

3.4.8. Порівняти результати вимірювань з виконаними розрахунками і зробити висновки.

### 3.5. Вимоги до звіту

3.5.1. Привести принципову схему, дослідження якої виконувалось в роботі та результати експериментальних досліджень.

3.5.2. Виконати розрахунки струмів і напруг електричної схеми вказаними методами (методом на основі рівнянь Кірхгофа та методом контурних струмів).

3.5.3. Привести порівняльну таблицю експериментальних і розрахункових результатів.

3.5.4. Розробити програму і виконати розрахунки з використанням ЕОМ.

3.5.5. Зробити висновки по роботі.

### 3.6. Питання до атестації

3.6.1. Сформулювати I закон Кірхгофа для кіл постійного струму.

3.6.2. Сформулювати II закон Кірхгофа для кіл постійного струму.

3.6.3. Подумати, яку ще назву можна дати I закону Кірхгофа, II закону Кірхгофа.

3.6.4. Дати пояснення особливостям використання рівнянь Кірхгофа для розрахунку електричних кіл постійного струму.

3.6.5. Пояснити особливості використання методу контурних струмів для розрахунку електричних кіл постійного струму.

3.6.6. Сформулювати закон Ома для ділянки електричного кола.

3.6.7. Сформулювати закон Ома для замкненого електричного кола.

### 3.7. Задачі

3.7.1. Визначити струм  $I_1$ , якщо  $E_1=20\text{В}$ ,  $E_2=6\text{В}$ ,  $R_1=20\ \text{Ом}$ ,  $R_2=80\ \text{Ом}$  (Рис.3.2).

3.7.2. Яку кількість незалежних рівнянь рівноваги напруг можна скласти за другим законом Кірхгофа, якщо схема має  $p$  віток і  $q$  вузлів?

3.7.3. Вказати правильне рівняння для схеми на рис. 3.3.

1.  $R_1I_1 + R_2I_2 + R_4I_4 = E_1 + E_2$ .

2.  $R_2I_2 - R_3I_3 + R_5I_5 = E_2$ .

3.  $R_4I_4 + R_5I_5 - R_6I_6 = 0$ .

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

5.  $I_2 + I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.4. Яку кількість незалежних рівнянь рівноваги струмів можна скласти за першим законом Кірхгофа для довільного складного електричного кола з  $q$  вузлами і  $p$  вітками, якщо відомі ЕРС та опори окремих віток?

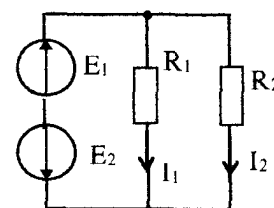


Рис. 3.2.

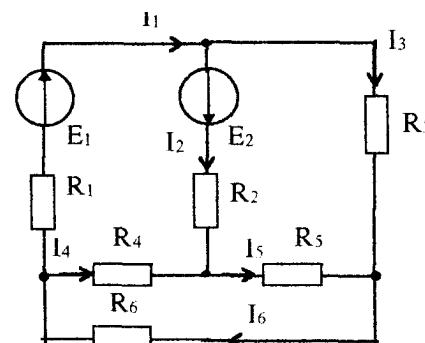


Рис. 3.3.

3.7.5. На рис. 3.4 задані ЕРС1 і ЕРС2 та опори R1 - R3.  
 Яка кількість рівнянь потрібна для знаходження усіх струмів за методом рівнянь Кірхгофа?

3.7.6. На рис. 3.4 задані ЕРС1 і ЕРС2 та опори R1 - R3.  
 Яка кількість рівнянь потрібна для знаходження усіх струмів за методом контурних струмів?

3.7.7. Вказати правильне рівняння (Рис. 3.5).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2$ .
3.  $R_4 I_4 + R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_1 - I_2 + I_3 = 0$ .
5.  $I_2 + I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.8. Вказати правильне рівняння (Рис.3.5).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_1 - E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = - E_2$ .
3.  $R_4 I_4 + R_5 I_5 + R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.9. Вказати правильне рівняння (Рис. 3.5).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = - E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 + R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.10. Вказати правильне рівняння (Рис. 3.6).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_1 - E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = - E_2$ .
3.  $R_4 I_4 + R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.11. Вказати правильне рівняння (Рис. 3.6).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = - E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_5 - I_6 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.12. Вказати правильне рівняння (Рис. 3.6).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_5 - I_6 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 + I_5 = 0$ .

3.7.13. Яку загальну кількість незалежних рівнянь рівноваги струмів можна скласти за першим і другим законом Кірхгофа для довільного складного електричного кола з  $q$  вузлами і  $p$  вітками.

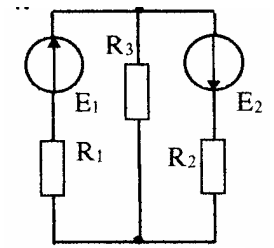


Рис. 3.4.

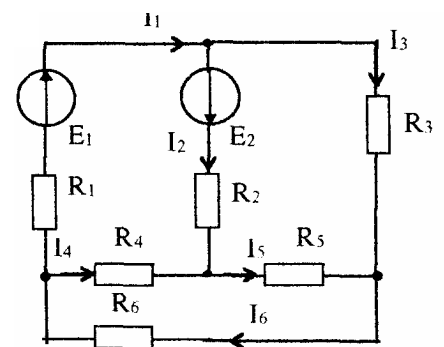


Рис. 3.5.

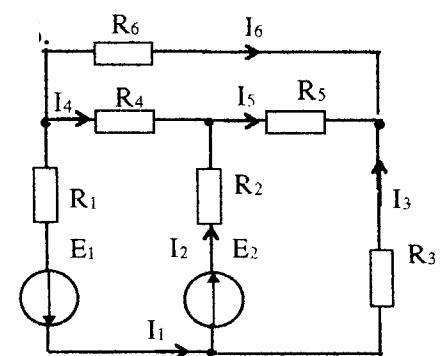


Рис. 3.6.

3.7.14. Вказати правильне рівняння (Рис.3.7).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $-R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_5 - I_6 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 - I_5 = 0$ .

3.7.15. Вказати правильне рівняння (Рис.3.7).

1.  $R_1 I_1 - R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_5 - I_6 = 0$ .
5.  $I_2 - I_4 - I_5 = 0$ .

3.7.16. Вказати правильне рівняння (Рис.3.7).

1.  $R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_4 I_4 = E_1 + E_2$ .
2.  $-R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_5 - I_6 = 0$ .
5.  $-I_2 + I_4 - I_5 = 0$ .

3.7.17. Вказати правильне рівняння (Рис.3.8).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = -E_2$ .
2.  $-R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2 + E_3$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_2 + I_1 = 0$ .
5.  $-I_1 + I_4 - I_6 = 0$ .

3.7.18. Вказати правильне рівняння (Рис.3.8).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_2$ .
2.  $-R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2 + E_3$ .
3.  $R_4 I_4 - R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_2 + I_1 = 0$ .
5.  $I_3 + I_4 + I_6 = 0$ .

3.7.19. Вказати правильне рівняння (Рис.3.8).

1.  $R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_4 I_4 = E_2$ .
2.  $-R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_5 I_5 = E_2 + E_3$ .
3.  $R_4 I_4 + R_5 I_5 - R_6 I_6 = 0$ .
4.  $I_3 + I_2 + I_1 = 0$ .
5.  $I_1 - I_4 - I_6 = 0$ .

3.7.20. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.2.

3.7.21. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.3.

3.7.22. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.4.

3.7.23. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.5.

3.7.24. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.6.

3.7.25. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.7.

3.7.26. Скласти рівняння за методом контурних струмів для схеми на рис.3.8.

3.7.27. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.2).

3.7.28. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.3).

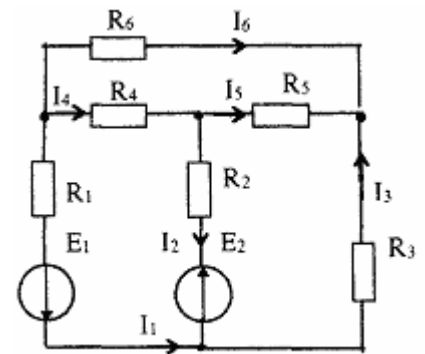


Рис. 3.7.

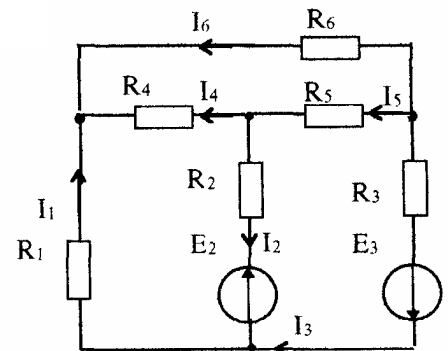


Рис. 3.8.

- 3.7.29. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.4).  
 3.7.30. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.5).  
 3.7.31. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.6).  
 3.7.32. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.7).  
 3.7.33. Скласти рівняння за допомогою законів Кірхгофа (Рис.3.8).

### 3.8. Додаток

Таблиця варіантів до схеми, яка приведена на рис. 3.1.

Номер варіанту	E1, В	E2, В	E3, В	E4, В	E5, В	E6, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом
1	-	15	45	65	56	-	34	789	44	24	10	16
2	-	-	62	34	13	19	26	366	226	66	98	3
3	36	-	-	87	55	10	89	34	28	39	37	20
4	20	32	-	-	12	77	36	33	56	98	28	46
5	88	12	15	-	-	31	27	38	30	27	26	10
6	21	34	45	26	-	-	25	18	321	77	923	12
7	-	36	43	79	94	-	27	35	19	44	89	356
8	-	-	46	38	47	99	100	260	330	470	56	62
9	40	-	-	29	97	33	33	27	18	150	120	11
10	24	53	-	-	64	32	44	16	22	48	111	74
11	16	23	47	-	-	76	22	19	83	20	18	78
12	34	46	27	48	-	-	26	37	39	90	71	14
13	-	16	47	43	26	-	367	39	93	56	28	19
14	-	-	40	50	60	70	100	80	60	40	20	10
15	15	-	-	31	25	30	20	50	10	10	20	30