

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ4

## Методи розрахунку електричних кіл постійного струму за допомогою методів вузлових потенціалів, суперпозиції та еквівалентного генератора

### 4.1. Мета роботи

Експериментальна перевірка методів розрахунку електричних кіл постійного струму (методу вузлових потенціалів, методу суперпозиції та методу еквівалентного генератора).

### 4.2. Основні теоретичні положення

Струм будь якої вітки можна знайти з використанням закону Ома для ділянки кола, але для цього необхідно знати потенціали всіх вузлів. Метод, в якому за невідомі змінні, які необхідно знайти, беруться потенціали вузлів, називаються методом вузлових потенціалів. Для використання цього методу необхідно прийняти потенціал одного з вузлів як відомий. Краще за все потенціал обраного вузла прийняти за нульовий. Подальші розрахунки базуються на використанні першого закону Кірхгофа і закону Ома.

Якщо коло має кілька джерел живлення, то для обчислення цих кіл використовується метод суперпозиції (метод накладення). Метод складається із наступних кроків:

1. Складне коло замінюється кількома колами, кожне з яких має одне джерело в елементарному колі, інші замінюються опорами, що дорівнюють внутрішнім опорам джерел.
2. Обчислюються елементарні кола, визначаючи величини та напрями струмів у кожній гілці.
3. Після розрахунку кожного кола результуючий струм знаходиться як алгебраїчна сума струмів від кожного джерела.

Метод еквівалентного генератора базується на тому, що частину схеми, що не представляє інтересу при розрахунках, крім той, що розглядається, незалежно від кількості пасивних і активних елементів можна замінити одним активним і пасивним елементом. Основою методу є теорема про активний двополюсник: *будь-яке багатоелементне коло до якого приєднана пасивна, або активна вітка, може бути замінено еквівалентним двохелементним двополюсником з параметрами  $E_{ек}$  і  $R_{ек}$  або  $I_{ек}$   $g_{ек}$ . Режим досліджуваної вітки, що приєднана до двополюсника, при цьому не зміниться.* Для визначення ЕРС та опору скористаємось режимами холостого ходу та короткого замикання для джерела напруги.

Послідовність розрахунку:

1. Складаємо еквівалентну схему. Коло розділимо на дві частини: вітка, в якій потрібно визначити струм (зовнішня частина) та все останнє коло (внутрішня частина).

За теоремою про еквівалентний генератор усю внутрішню частину можна замінити одним джерелом енергії з ЕРС  $E_e$  та опором  $R_e$ .

Еквівалентна схема представляє собою послідовно з'єднані елементи: елементи вітки ( $R_1$ ), в якій необхідно визначити струм, ЕРС  $E_e$  та резистор  $R_e$ .

2. Обчислюємо параметри еквівалентного генератора. ЕРС еквівалентного генератора  $E_e$  рівна напрузі на клеммах внутрішньої частини кола  $U_{xx}$  при відімкнутій зовнішній частині кола.

3. Визначаємо опір еквівалентного генератора  $R_e$ , який дорівнює опору внутрішньої частини кола при відімкнутій зовнішній частині кола.

4. Визначаємо струм за формулою

$$I = \frac{E_e}{R + R_e}$$

### 4.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

Для виконання лабораторної роботи спочатку використовуються узагальнені електричні схеми, приведені на рис. 4.1а,б (вивчення методу вузлових потенціалів).

Вивчення методів суперпозиції та еквівалентного генератора проводиться з використанням схеми на рис. 4.2. Варіанти робіт приводяться в додатках.

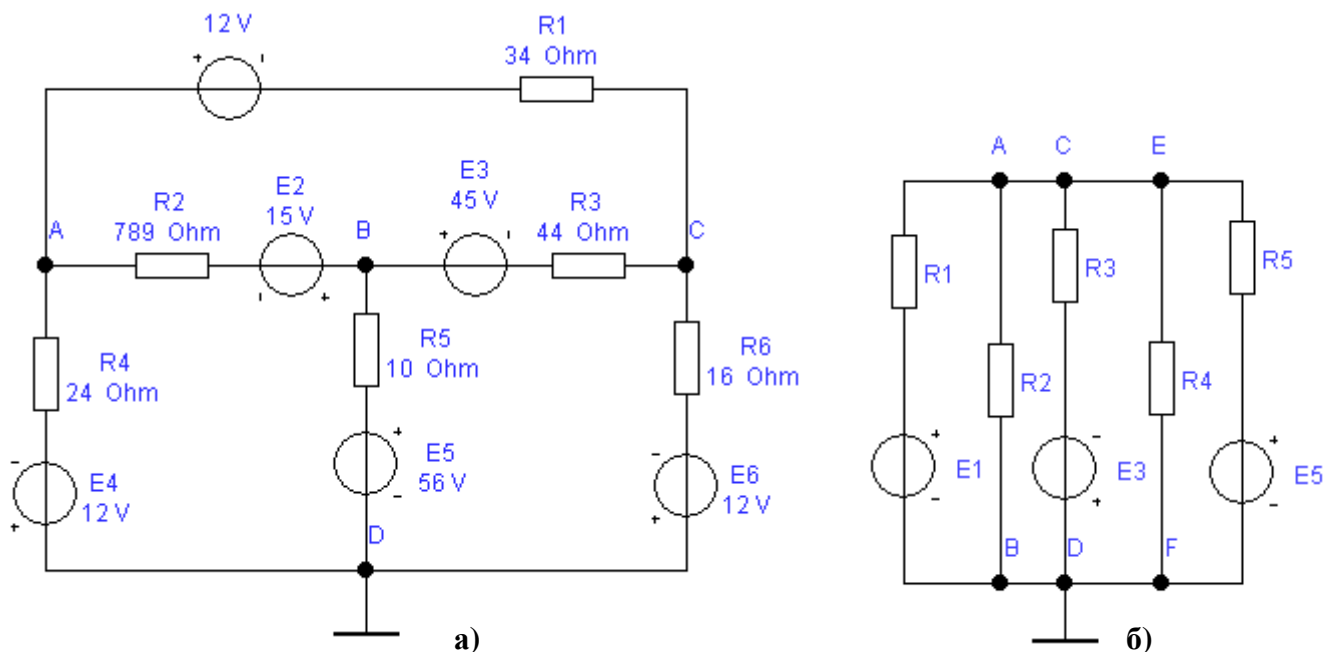


Рис. 4.1.

### 4.4. Порядок виконання роботи

4.4.1. Проаналізувати схему, приведену на рис.4.1а або 4.1б та спростити її, виходячи з умов вибраного варіанту.

4.4.2. Встановити прилади, необхідні для проведення вимірювань потенціалів у вузлах розрахункової схеми.

4.4.3. Встановити необхідні величини е.р.с. джерел із врахуванням їх полярності.

4.4.4. Встановити величини опорів, у відповідності до вибраного варіанта.

4.4.5. Включити електричну схему в роботу і виконати відповідні вимірювання напруг, записавши їх значення в підготовлену таблицю.

4.4.6. Використовуючи рівняння, складені у відповідності до закону Ома, виконати розрахунки струмів у гілках схеми, що досліджується.

4.4.7. Встановити необхідну кількість вольтметрів і амперметрів у схему, що досліджується, для проведення необхідних вимірів.

4.4.8. Включити схему і виконати необхідні вимірювання. Виконати розрахунки, відповідно до Вашого варіанту. Результати порівняти з експериментальними даними.

4.4.9. Скласти схему, що приведена на рис. 4.2 і встановити параметри компонентів у відповідності до варіанту.

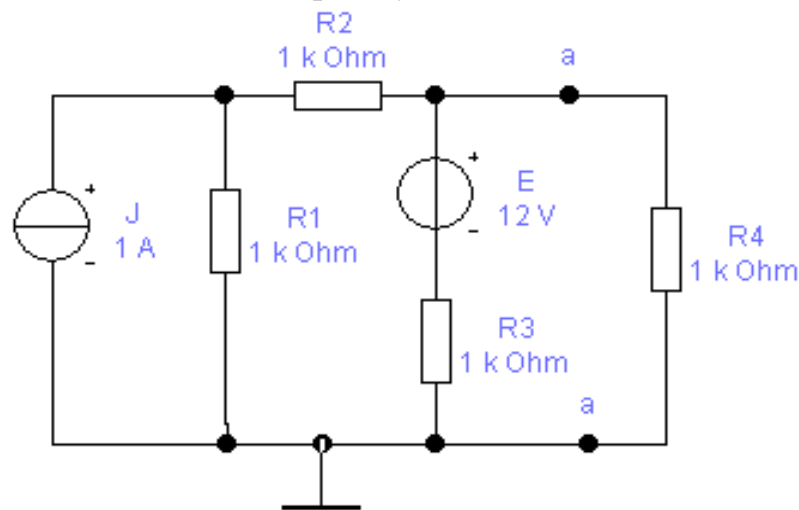


Рис. 4.2.

4.4.10. Встановити в контрольні гілки вимірювальні прилади і виконати вимірювання струмів при дії обох джерел живлення.

4.4.11. Відключаючи по черзі одне, а потім друге джерело живлення, виконати вимірювання струмів у контрольних гілках.

4.4.12. Для контрольних точок **a-a**, використовуючи методи холостого ходу і короткого замикання, знайти еквівалентну е.р.с. і внутрішній опір та зобразити схему у вигляді активного двополюсника.

4.4.13. Порівняти результати вимірювань із виконаними розрахунками і зробити висновки.

#### 4.5. Вимоги до звіту

4.5.1. Привести принципові схеми, дослідження яких проводились у роботі.

4.5.2. Привести результати експериментальних досліджень.

4.5.3. Виконати розрахунки струмів і напруг електричних схем вказаними методами. Для виконання розрахунків розробити програми на одній із мов програмування.

4.5.4. Привести порівняльні таблиці експериментальних і розрахункових результатів.

4.5.5. Зробити висновки по роботі.

#### 4.6. Питання до атестації

4.6.1. Дати пояснення особливостям використання методу вузлових потенціалів для розрахунку електричних кіл постійного струму.

4.6.2. Обґрунтувати переваги і недоліки методу.

4.6.3. Навести приклади схем електричних кіл для яких доцільно і недоцільно використовувати метод вузлових потенціалів.

4.6.4. Дати пояснення особливостям використання методу суперпозиції для розрахунку електричних кіл. Які, з Вашої точки зору, позитивні й негативні сторони цього методу.

4.6.5. Пояснити особливості використання методу еквівалентного генератора для розрахунку електричних кіл постійного струму.

4.6.6. Привести приклади переважного використання методу еквівалентного генератора для розрахунку електричних кіл.

#### 4.7. Задачі

4.7.1. Визначити струми в гілках схеми на рис.4.3а методом еквівалентного генератора. Параметри схеми:  $I_k=1A$ ,  $R_1=5 \text{ Ом}$ ,  $R_2=8 \text{ Ом}$ ,  $R_3=2 \text{ Ом}$ ,  $E_2=16V$ ,  $E_3=4V$ .

4.7.2. Визначити струми в гілках схеми на рис.4.3а методом двох вузлів. Параметри схеми:  $I_k=1A$ ,  $R_1=5 \text{ Ом}$ ,  $R_2=8 \text{ Ом}$ ,  $R_3=2 \text{ Ом}$ ,  $E_2=16V$ ,  $E_3=4V$ .

4.7.3. Визначити струми в гілках схеми на рис.4.3б методом вузлових потенціалів. Параметри схеми:  $E_1=25V$ ,  $E_2=10V$ ,  $E_6=20V$ ,  $I_k=2A$ ,  $R_2=10 \text{ Ом}$ ,  $R_3=20 \text{ Ом}$ ,  $R_4=10 \text{ Ом}$ ,  $R_5=8 \text{ Ом}$ ,  $R_6=5 \text{ Ом}$ .

4.7.4. Визначити струми в гілках схеми на рис.4.3б методом еквівалентного генератора. Параметри схеми:  $E_1=25V$ ,  $E_2=10V$ ,  $E_6=20V$ ,  $I_k=2A$ ,  $R_2=10 \text{ Ом}$ ,  $R_3=20 \text{ Ом}$ ,  $R_4=10 \text{ Ом}$ ,  $R_5=8 \text{ Ом}$ ,  $R_6=5 \text{ Ом}$ .

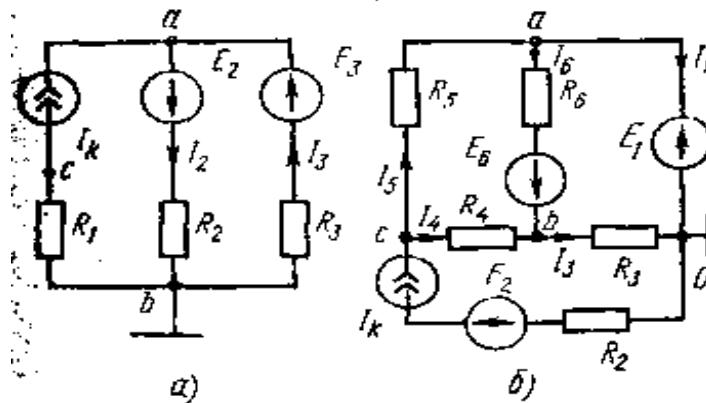


Рис. 4.3.

4.7.5. В схемі на рисунку 4.4а визначити струми в гілках методом еквівалентного генератора. Параметри схеми:  $R_1=1 \text{ Ом}$ ,  $R_2=2 \text{ Ом}$ ,  $R_3=3 \text{ Ом}$ ,  $R_4=14 \text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6 \text{ Ом}$ ,  $R_6=3 \text{ Ом}$ ,  $I_k=1A$ ,  $E_5=1V$ .

4.7.6. В схемі на рисунку 4.4б визначити струми в гілках методом еквівалентного генератора. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $I_k=1\text{ А}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.7. В схемі на рисунку 4.4в визначити струми в гілках методом еквівалентного генератора. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.8. В схемі на рисунку 4.4г визначити струми в гілках методом еквівалентного генератора в. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

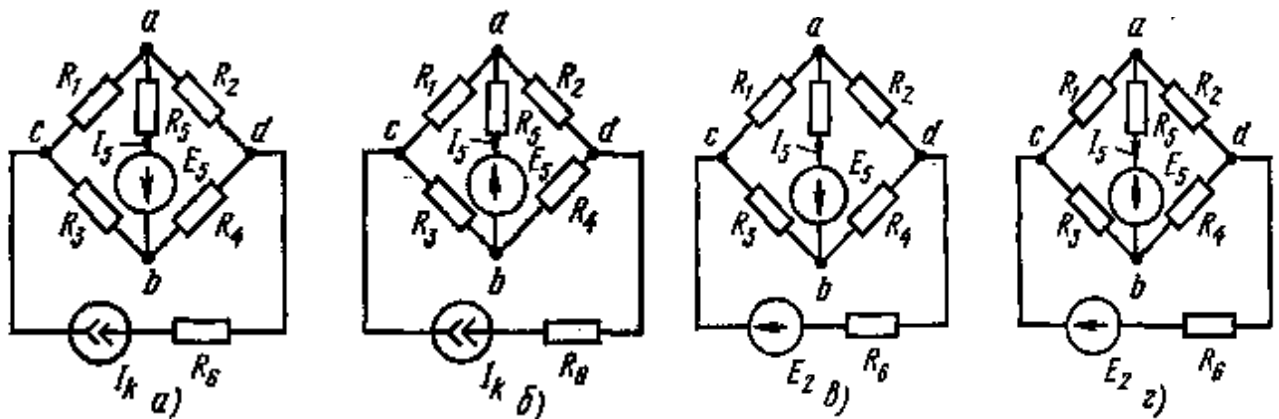


Рис. 4.4.

4.7.9. В схемі на рисунку 4.4а визначити струми в гілках методом вузлових потенціалів. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $I_k=1\text{ А}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.10. В схемі на рисунку 4.4б визначити струми в гілках методом вузлових потенціалів. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $I_k=1\text{ А}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.11. В схемі на рисунку 4.4в визначити струми в гілках методом вузлових потенціалів. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.12. В схемі на рисунку 4.4г визначити струми в гілках методом вузлових потенціалів. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ .

4.7.13. В схемі на рисунку 4.4а визначити струми в гілках методом суперпозицій. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $I_k=1\text{ А}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.14. В схемі на рисунку 4.4б визначити струми в гілках методом суперпозицій. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $I_k=1\text{ А}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.15. В схемі на рисунку 4.4в визначити струми в гілках методом суперпозицій. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ ,  $E_5=1\text{ В}$ .

4.7.16. В схемі на рисунку 4.4г визначити струми в гілках методом суперпозицій. Параметри схеми:  $R_1=1\text{ Ом}$ ,  $R_2=2\text{ Ом}$ ,  $R_3=3\text{ Ом}$ ,  $R_4=14\text{ Ом}$ ,  $R_5=0,6\text{ Ом}$ ,  $R_6=3\text{ Ом}$ ,  $E_2=5,1\text{ В}$ .

#### 4.8. Додатки

Таблиця варіантів до схеми, що приведена на рис. 4.1а.

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
12	16	23	47	-	-	76	22	19	83	20	18	78
13	34	46	27	48	-	-	26	37	39	90	71	14
14	-	16	47	43	26	-	367	39	93	56	28	19
15	-	-	65	54	49	44	47	80	29	73	50	27

Таблиця варіантів до схеми, що приведена на рис. 4.1б.

Номер варіанту	E1, В	E3, В	E5, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом
1	12	15	45	65	56	34	34	789
2	23	34	62	34	13	19	26	366
3	36	24	19	87	55	10	89	34
4	20	32	65	24	12	77	36	33
5	88	12	15	40	75	31	27	38
6	21	34	45	26	38	71	25	18
7	31	36	43	79	94	26	27	35
8	10	18	46	38	47	99	105	260
9	40	55	42	29	97	33	33	27
10	24	53	17	49	64	32	44	16
12	16	23	47	49	89	76	22	19
13	34	46	27	48	42	19	26	37
14	22	16	47	43	26	49	367	39
15	24	19	37	53	39	41	231	23

Таблиця варіантів до схеми, що приведена на рис. 4.2.

<b>Номер варіанту</b>	<b>J, А</b>	<b>Е, В</b>	<b>R1, Ом</b>	<b>R2, Ом</b>	<b>R3, Ом</b>	<b>R4, Ом</b>
<b>1</b>	1	15	45	65	56	34
<b>2</b>	2	34	62	34	13	19
<b>3</b>	3	24	19	87	55	10
<b>4</b>	2	32	65	24	12	77
<b>5</b>	8	12	15	40	75	31
<b>6</b>	2	34	45	26	38	71
<b>7</b>	3	36	43	79	94	26
<b>8</b>	1	18	46	38	47	99
<b>9</b>	4	55	42	29	97	33
<b>10</b>	2	53	17	49	64	32
<b>12</b>	7	23	47	49	89	76
<b>13</b>	3	46	27	48	42	19
<b>14</b>	2	16	47	43	26	49
<b>15</b>	1	53	78	97	49	14