

## Практична робота №5

### Розрахунок електричного кола постійного струму методом контурних струмів

**Мета:** навчитися визначати параметри електричного кола постійного струму методом контурних струмів.

Порядок розрахунку електричного кола методом контурних струмів:

1. Вибираємо додатні напрями контурних струмів та струмів у вітках.
2. Записуємо систему рівнянь, що виражає дійсні струми у вітках через контурні струми.
3. За другим законом Кірхгофа записуємо рівняння для незалежних контурів, припускаючи, що через контур протікає контурний струм.
4. Розв'язуємо одержану систему рівнянь відносно контурних струмів.
5. За відомими контурними струмами визначаємо дійсні струми у вітках.

**Задача 5.1.** В електричному колі, схема якого зображена на рис. 1.1, відомі ЕРС джерел і опори резисторів. Визначити струми у вітках і режими роботи кожного джерела. Скласти баланс потужностей. Задачу розв'язати методом контурних струмів. Параметри електричного кола відомі і наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до задачі 5.1

Цифри номера залікової книжки											
десятки	одиниці	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$E_1, B$	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
	$E_2, B$	220	200	150	210	180	160	190	230	240	250
	$E_3, B$	140	160	180	200	220	120	150	170	190	210
	$R_1, Ом$	12	18	15	14	5	15	10	8	14	12
	$R_2, Ом$	10	6	8	8	10	14	13	14	6	5
	$R_3, Ом$	14	14	14	10	12	5	14	12	13	12
	$R_4, Ом$	15	10	10	15	14	10	6	10	16	14

**Приклад 6.1.** В електричному колі, схема якого зображена на рис. 1.1, відомі ЕРС джерел і опори резисторів. Визначити струми у вітках і режими роботи кожного джерела. Скласти баланс потужностей. Задачу розв'язати методом контурних струмів. Параметри електричного кола:  $E_1 = 200B$ ,  $E_2 = 400B$ ,  $E_3 = 120$ ,  $R_1 = 2Om$ ,  $R_2 = 4Om$ ,  $R_3 = 5Om$ ,  $R_4 = 1Om$ .

## Розв'язування

### Метод контурних струмів

Задаємося довільним напрямом струмів у вітках так, як зображено на рис. 5.1.

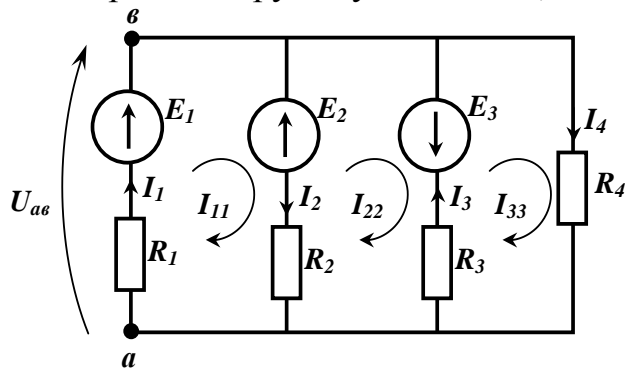


Рис. 5.1. Електрична схема до задачі 5.1

Задаємося напрямками струмів у вітках і контурних струмів так, як це зображено на рис. 5.1. На основі загальної форми запису рівнянь методом контурних струмів запишемо систему рівнянь контурних струмів для схеми (рис. 5.1), що має три незалежні контури:

$$\begin{aligned} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} &= E_{11}; \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} &= E_{22}; \\ R_{31}I_{11} + R_{32}I_{22} + R_{33}I_{33} &= E_{33}, \end{aligned} \quad (1.4)$$

де  $E_{11} = E_1 - E_2 = 200 - 400 = -200$ ;  $E_{22} = E_2 + E_3 = 400 + 120 = 520$ ;

$$E_{33} = -E_3 = -120$$

$$R_{11} = R_1 + R_2 = 2 + 4 = 6; \quad R_{22} = R_2 + R_3 = 4 + 5 = 9; \quad R_{33} = R_3 + R_4 = 5 + 1 = 6;$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_2 = -4; \quad R_{23} = R_{32} = -R_3 = -5; \quad R_{13} = R_{31} = 0. \quad (1.5)$$

Підставимо числові значення (1.5) в систему (1.4) :

$$\begin{aligned} 6I_{11} - 4I_{22} + 0 &= -200; \\ -4I_{11} + 9I_{22} - 5I_{33} &= 520; \\ 0 - 5I_{22} + 6I_{33} &= -120. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Розв'яжемо систему (1.6) відносно невідомих контурних струмів:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & -4 & 0 \\ -4 & 9 & -5 \\ 0 & -5 & 6 \end{vmatrix} = 78;$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -200 & -4 & 0 \\ 520 & 9 & -5 \\ -120 & -5 & 6 \end{vmatrix} = 4280;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 6 & -200 & 0 \\ -4 & 520 & -5 \\ 0 & -120 & 6 \end{vmatrix} = 10320;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 6 & -4 & -200 \\ -4 & 9 & 520 \\ 0 & -5 & -120 \end{vmatrix} = 7040;$$

$$I_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{4280}{78} = 54,87 \text{ A}; \quad I_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{10320}{78} = 132,3 \text{ A};$$

$$I_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{7040}{78} = 90,26 \text{ A}.$$

Визначаємо дійсні струми у вітках за відомими контурними струмами:

$$I_1 = I_{11} = 54,87 \text{ A}; \quad I_2 = I_{11} - I_{22} = 54,8 - 132,3 = -77,43 \text{ A};$$

$$I_3 = I_{33} - I_{22} = 90,26 - 132,3 = -42,05 \text{ A}; \quad I_4 = I_{33} = 90,26 \text{ A}.$$

У результаті розрахунків бачимо, що дійсні напрями струмів у вітках співпадають з напрямками відповідних ЕРС. Отже, всі джерела ЕРС працюють у режимі віддачі енергії (генераторний режим, а для акумуляторів – режим розрядки).

Рівняння балансу потужності має вигляд:

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2;$$

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 = 200 \cdot 54,87 + 400 \cdot 77,43 + 120 \cdot 42,5 = 47046 \text{ Вт};$$

$$R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 + R_4 I_4^2 = 2 \cdot 54,87^2 + 4 \cdot 77,43^2 + 5 \cdot 42,05^2 + 1 \cdot 90,25^2 = \\ = 46989,13 \text{ Вт}.$$

Підставивши числові значення, переконуємося, що рівняння балансу потужностей підтверджується:  $47046 \text{ Вт} \approx 46989,13 \text{ Вт}$ .

$$\Delta P = ((P_1 - P_2) / P_2 \cdot 100) = ((47046 - 46989) / 46989) \cdot 100 = 0,12\%$$

Похибка обчислень становить 0,12%.