

Расчет электрических цепей постоянного и переменного тока

- Содержание:
1. Рассчитать линейную цепь постоянного тока различными методами.
 2. Выбрать оптимальный метод решения первой задачи.
 3. Составить баланс мощностей для проверки правильности решения первой задачи.
 4. Рассчитать однофазную линейную цепь переменного тока символическим методом.
 5. Составить баланс мощностей в комплексной форме для проверки правильности решения задачи.
 6. Построить векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

Расчет линейной электрической цепи ПОСТОЯННОГО ТОКА

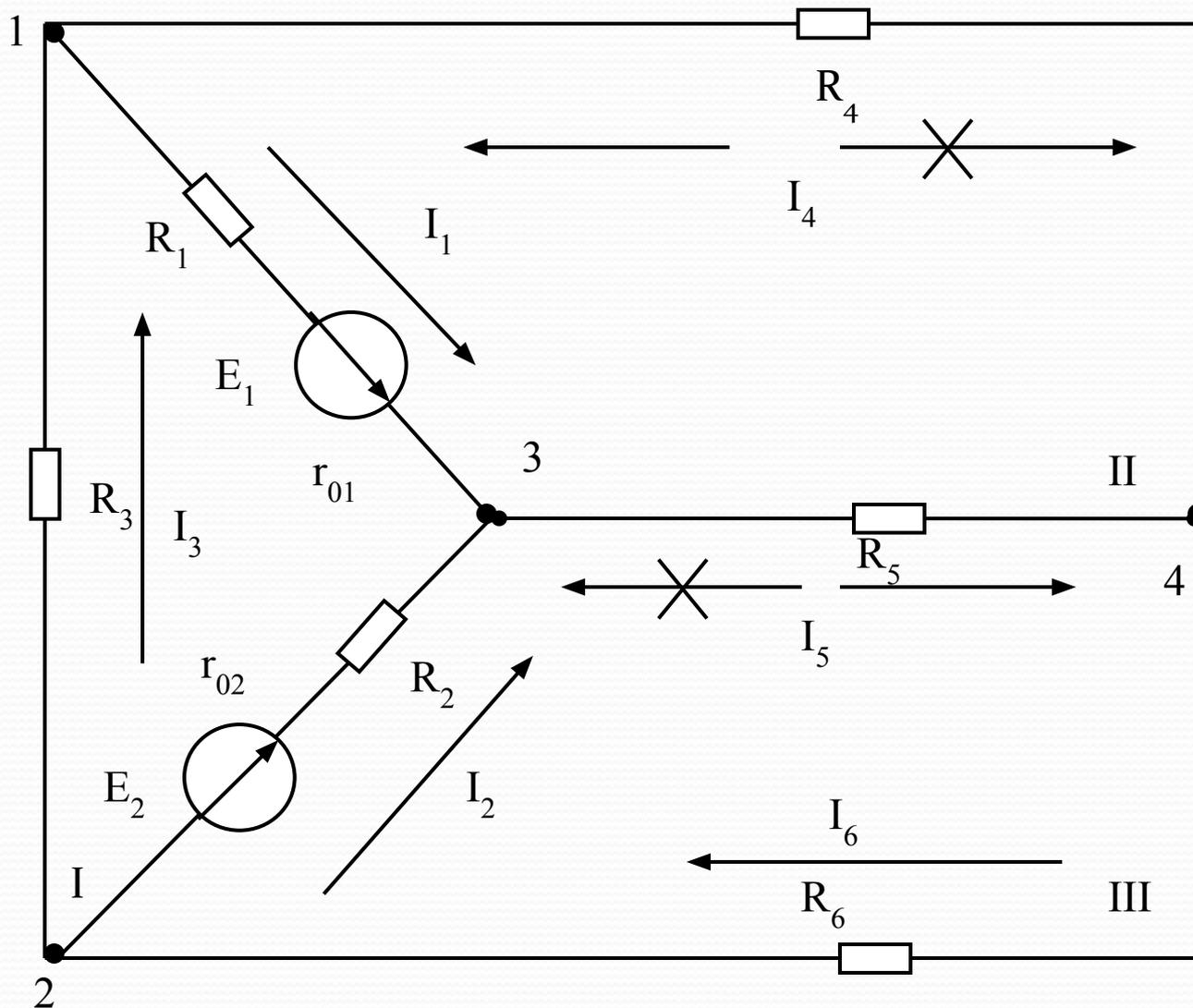
Результат: 1. Рассчитал сложную линейную электрическую цепь постоянного тока с несколькими источниками методом наложения и контурных токов, при этом использовал: метод преобразования треугольника в эквивалентную звезду; закон Ома; первый и второй закон Кирхгофа; метод упрощения схемы.

2. Нашел частичные токи от действия каждого источника в отдельности.

3. Нашел истинные токи в ветвях, используя принцип суперпозиции.

4. Составил баланс мощностей для проверки правильности решения задачи.

Расчетная схема задания первой задачи



$$E_1 = 40 \text{ В}$$

$$E_2 = 20 \text{ В}$$

$$R_1 = 35 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 52 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 24 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 41 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 16 \text{ Ом}$$

$$R_6 = 61 \text{ Ом}$$

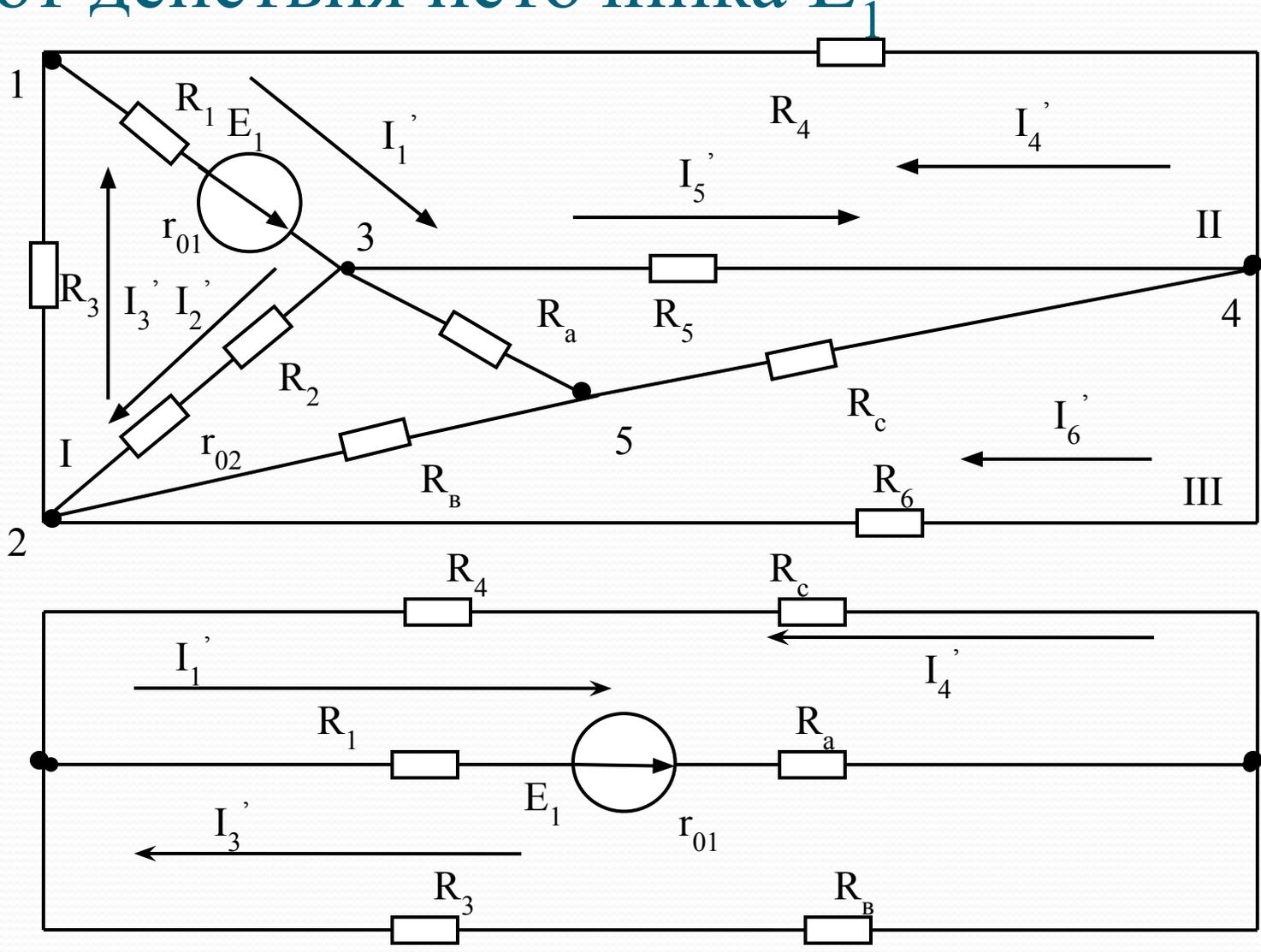
$$r_{01} = 2 \text{ Ом}$$

$$r_{02} = 1 \text{ Ом}$$

Схемы для определения частичных токов

от действия источника E_1

I



I_1' ,
 I_2' ,
 I_3' ,
 I_4' ,
 I_5'

I_1' ,
 I_3' ,
 I_4'

Алгоритм решения

1. Сопротивление эквивалентной звезды R_a , R_b , R_c .

$$R_a = \frac{R_5 * (r_{02} + R_2)}{R_2 + r_{02} + R_5 + R_6} = \frac{16 * (52 + 1)}{52 + 1 + 16 + 61} = 6,523$$

$$R_b = \frac{(R_2 + r_{02}) * R_6}{R_2 + r_{02} + R_5 + R_6} = \frac{52 + 1 * 61}{51 + 1 + 16 + 61} = 24,869$$

$$R_c = \frac{R_5 * R_6}{R_2 + R_{02} + R_5 + R_6} = \frac{16 * 61}{52 + 1 + 16 + 61} = 7,508$$

2. Сопротивление цепи

$$R_{\text{пар}} = \frac{(R_B + R_3) * (R_C + R_4)}{R_B + R_3 + R_C + R_4} = \frac{(24 + 24,869) * (41 + 7,508)}{24 + 24,869 + 41 + 7,508} = 24,194$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{пар}} + R_a + R_1 + R_{01} = 37 + 6,523 + 24,339 = 67,717$$

3. Параметры цепи

$$I'_1 = \frac{E_1}{R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{40}{67,862} = 0,59$$

$$U_{\text{пар}} = I'_1 * R_{\text{пар}} = 0,589 * 24,339 = 14,274$$

$$I'_3 = \frac{U_{\text{пар}}}{R_B + R_3} = \frac{14,274}{24 + 24,869} = 0,292$$

$$I'_4 = \frac{U_{\text{пар}}}{R_C + R_4} = \frac{14,274}{41 + 7,508} = 0,294$$

$$E_1 = I_1' * (R_1 + r_{01}) + I_2' * (R_2 + r_{02}) + I_3' * R_3 \quad \square$$

$$-I_2' = \frac{-E_1 + I_1' * (R_1 + r_{01}) + I_3' * R_3}{R_2 + r_{02}} =$$

$$= \frac{-40 + 21,83 + 7,008}{53} = -0,21$$

$$I_2' = 0,21$$

$$(2) I_6' + I_2' - I_3' = 0 \quad \square$$

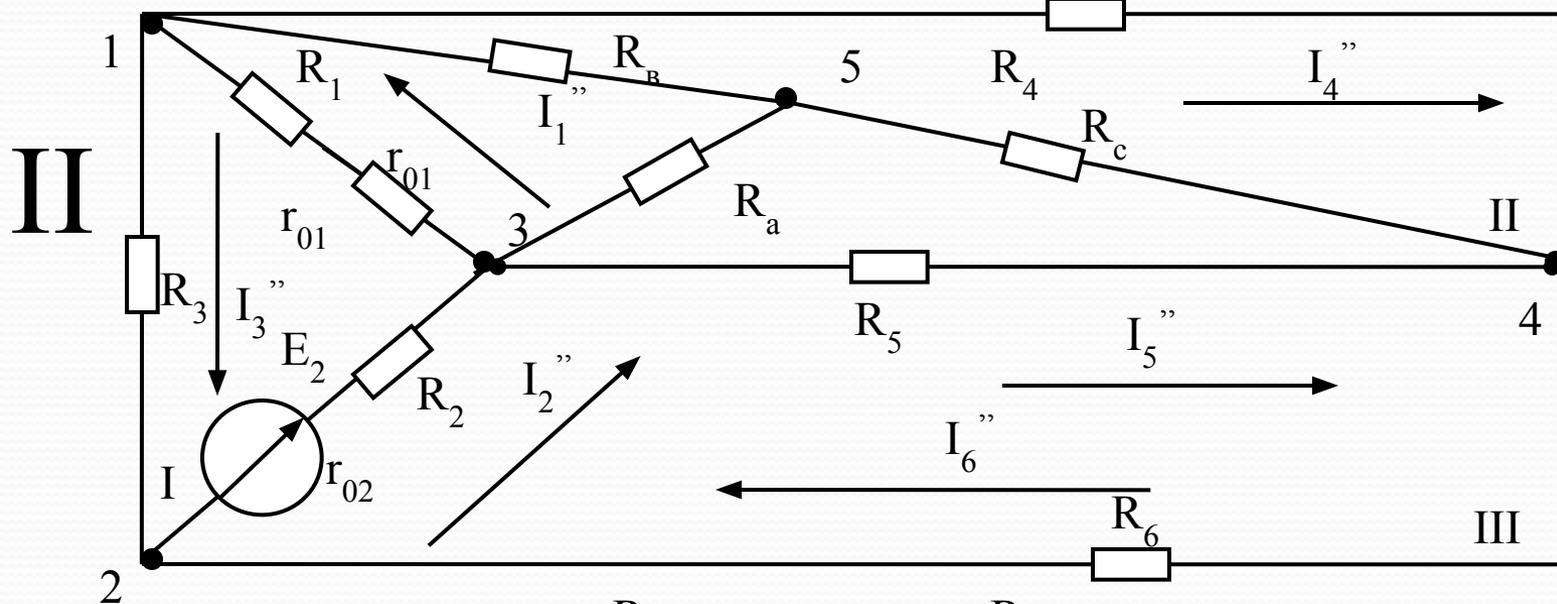
$$I_6' = -I_2' + I_3' = -0,21 + 0,292 = 0,082$$

$$(3) -I_5' + I_1' - I_2' = 0 \quad \square$$

$$-I_5' = -I_1' + I_2' = -0,59 + 0,21 = -0,38$$

$$I_5' = 0,38$$

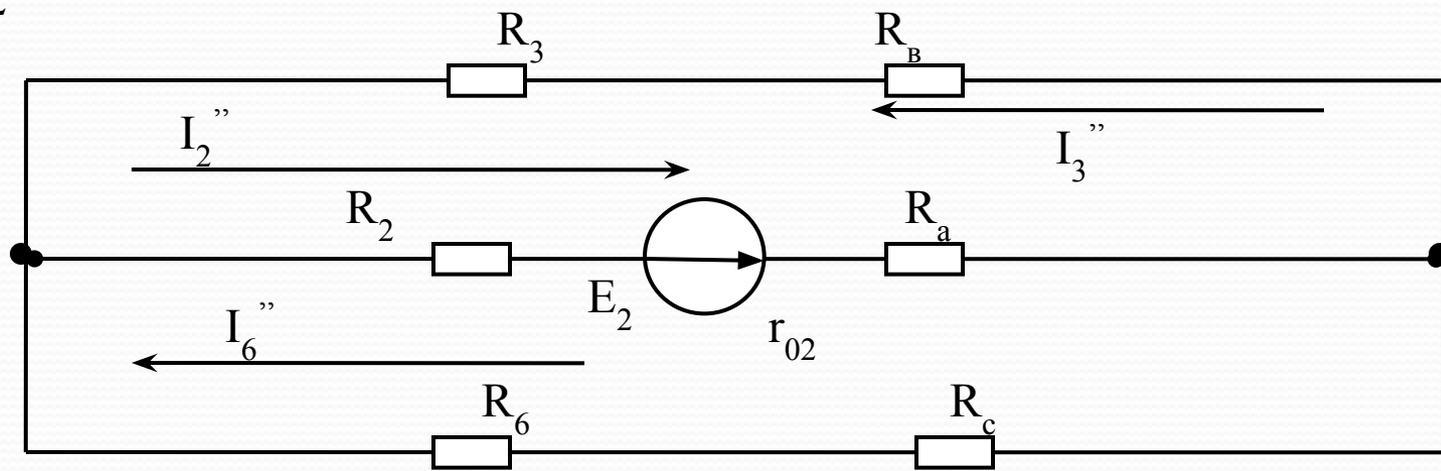
Схемы для определения частичных токов от действия источника E_2



I_1''

I_2''

I_3''



I_4''

I_2''

I_3''

I_5''

I_6''

I_6''

4. Сопротивление эквивалентной звезды R_a , R_b , R_c .

$$R_a = \frac{R_5 * (r_{01} + R_1)}{R_1 + r_{01} + R_5 + R_4} = \frac{16 * (35 + 2)}{35 + 2 + 16 + 41} = 6,298$$

$$R_b = \frac{R_4 * (r_{01} + R_1)}{r_{01} + R_1 + R_4 + R_5} = \frac{41 * (35 + 2)}{35 + 2 + 16 + 41} = 16,138$$

$$R_c = \frac{R_5 * R_4}{r_{01} + R_1 + R_4 + R_5} = \frac{16 * 41}{35 + 2 + 16 + 41} = 6,979$$

5. Сопротивление цепи

$$R_{\text{пар}} = \frac{(R_B + R_3) * (R_C + R_6)}{R_6 + R_3 + R_B + R_C} = \frac{(6,979 + 61) * (24 + 16,138)}{6,979 + 61 * 24 + 16,138} = 25,378$$

$$R_{\text{экв}} = R_{\text{пар}} + R_A + R_2 + r_{02} = 53 + 6,298 + 25,378 = 84,676$$

6. Параметры цепи

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_{\text{экв}}} = \frac{20}{84,6766} = 0,236$$

$$U_{\text{пар}} = I_2'' * R_{\text{пар}} = 0,235 * 25,378 = 5,989$$

$$I_6'' = \frac{U_{\text{пар}}}{R_C + R_6} = \frac{5,989}{61 + 6,979} = 0,088$$

$$I_3'' = \frac{U_{\text{пар}}}{R_B + R_3} = \frac{5,989}{24 + 16,138} = 0,149$$

$$E_2 = I_2'' * (R_2 + r_{02}) + I_5'' * R_5 + I_6'' * R_6 \quad \square$$

$$-I_5'' = \frac{-E_2 + I_2'' * (R_2 + r_{02}) + I_6'' * R_6}{R_5} =$$

$$= \frac{-20 + 5,368 + 12,508}{16} = -0,133$$

$$I_5'' = 0,133$$

$$(3) I_1'' - I_5'' + I_2'' = 0 \quad \square$$

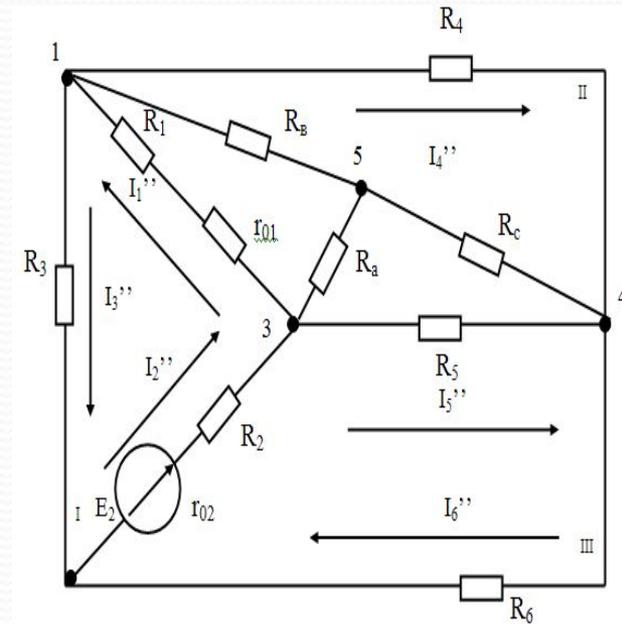
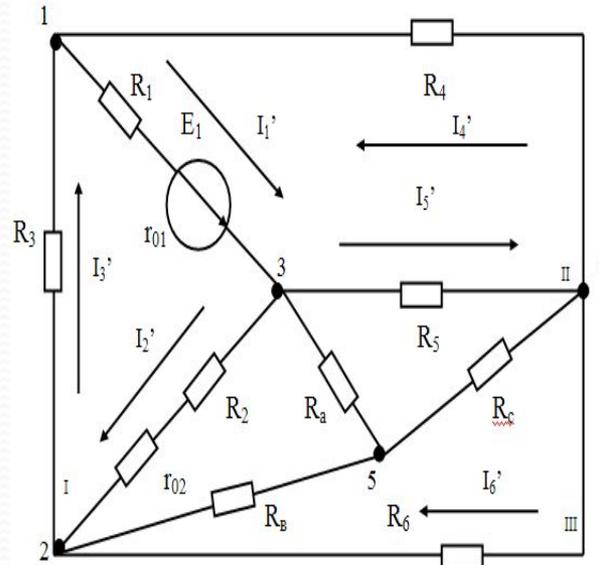
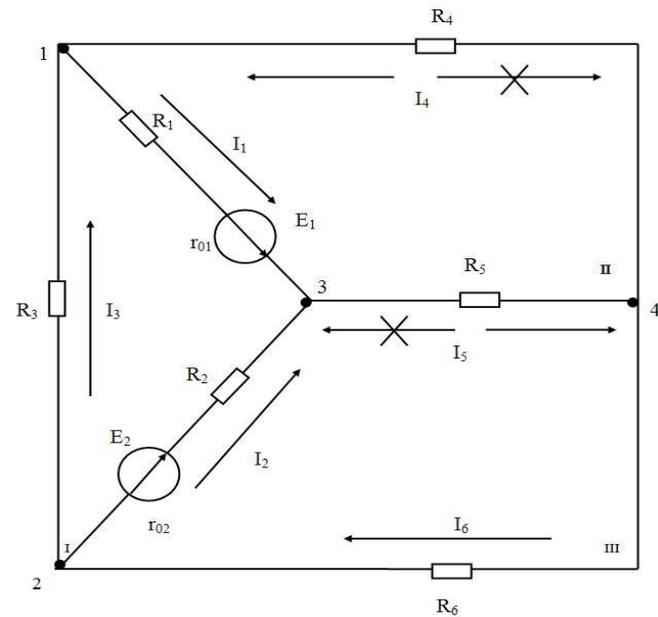
$$-I_1'' = -I_2'' + I_5'' = -0,236 + 0,133 = -0,103$$

$$I_1'' = 0,133$$

$$(4) I_5'' + I_4'' - I_6'' = 0 \quad \square$$

$$I_4'' = -I_5'' + I_6'' = (-0,133) + 0,088 = -0,045$$

7. Истинные токи в ветвях



$$I_1 = I_1' - I_1'' = 0,59 - 0,103 = 0,487$$

$$I_2 = -I_2' + I_2'' = -0,21 + 0,236 = 0,026$$

$$I_3 = I_3' - I_3'' = 0,292 - 0,149 = 0,143$$

$$I_4 = -I_4' + I_4'' = -0,294 + (-0,045) = -0,339$$

$$I_5 = -I_5' - I_5'' = -0,38 - 0,133 = -0,513$$

$$I_6 = I_6' + I_6'' = 0,082 + 0,088 = 0,17$$

8. Баланс мощностей

$$\boxed{P_{\text{ист}} = P_{\text{потр}}}$$

$$P_{\text{ист}} = \sum EI = E_1 I_1 + E_2 I_2 = 40 * 0,487 + 20 * 0,026 = 20$$

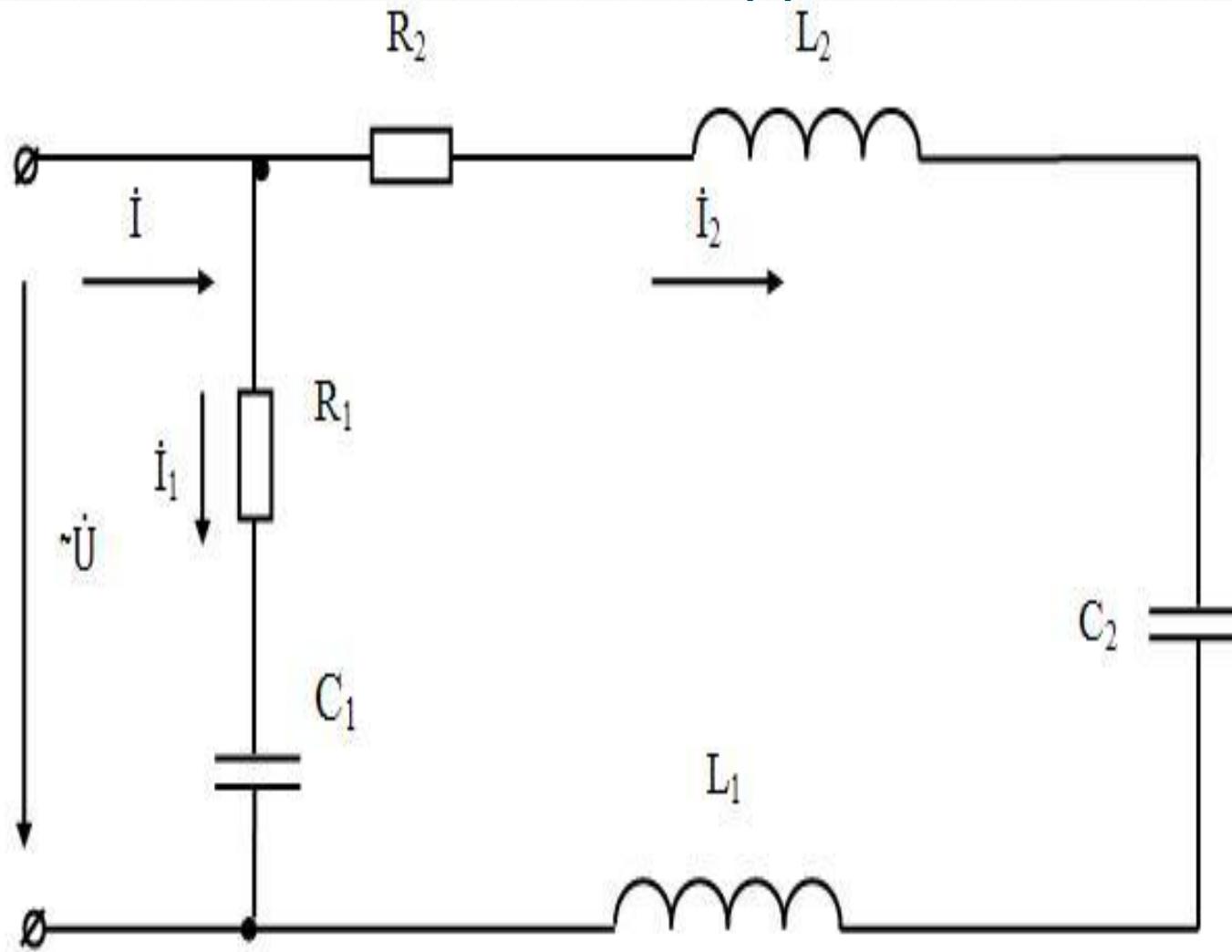
$$\begin{aligned} P_{\text{потр}} &= \sum I^2 R = I_1^2 (R_1 + R_{01}) + I_2^2 (R_2 + R_{02}) + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 + I_6^2 R_6 = \\ &= 0,487^2 * (35 + 2) + 0,026^2 * (52 + 1) + 0,145^2 * 24 + 0,339^2 * 41 + 0,513^2 * 16 + 0,17^2 * 61 = \\ &= 19,987 \end{aligned}$$

Расчет однофазной линейной электрической цепи переменного тока

Результат: 1. Рассчитал однофазную линейную электрическую цепь переменного тока символическим методом, при этом использовал комплексные числа.

2. Построил векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости.

Расчетная схема задания



$$U_m = 320 \text{ В}$$

$$\Psi_u = 90 \text{ Градус}$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

$$R_1 = 40 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 60 \text{ Ом}$$

$$L_1 = 127,2 \text{ мГн}$$

$$L_2 = 190,8 \text{ мГн}$$

$$C_1 = 39,8 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 53 \text{ мкФ}$$

Алгоритм решения

1. Реактивные сопротивления ветвей

$$X_{L1} = 2\pi fL_1 = 2 * 3,14 * 50 * 127,2 * 10^{-3} = 39,941 \approx 40$$

$$X_{L2} = 2\pi fL_2 = 2 * 3,14 * 50 * 190,8 * 10^{-3} = 59,911 \approx 60$$

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi fC_1} = \frac{1000000}{2 * 3,14 * 50 * 39,8} \approx 80$$

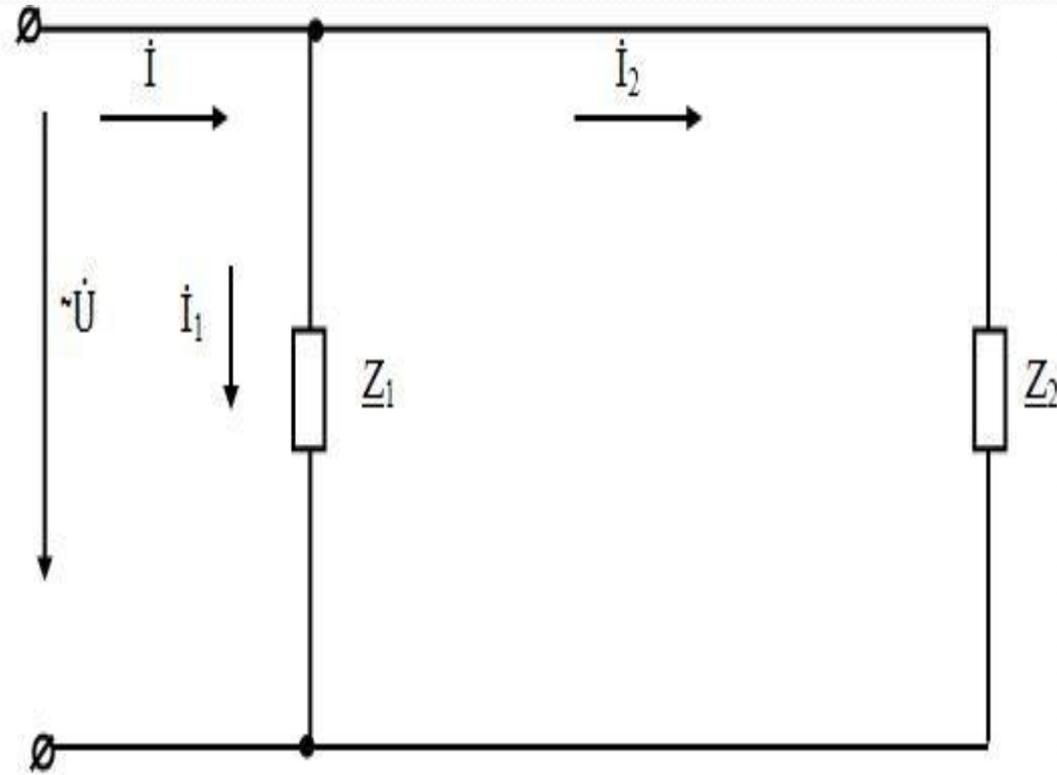
$$X_{C2} = \frac{1}{2\pi fC_2} = \frac{1000000}{2 * 3,14 * 50 * 53} \approx 60$$

2. Комплексы полных сопротивлений ветвей

Схема замещения

$$\begin{aligned}\underline{Z}_1 &= R_1 + jX_{C1} \\ &= 40 - 80j\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\underline{Z}_2 &= R_2 - jX_{L2} - jX_{C2} + jX_{L1} \\ &= 60 + 40j\end{aligned}$$



3. Входное синусоидальное напряжение

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u) = 320 \sin(\omega t + 90^\circ)$$

4. Действующее значение напряжения

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{320}{\sqrt{2}} = 226,308$$

5. Комплекс входного напряжения

$$\begin{aligned} \underline{U} &= U * e^{j\varphi} = U \cos \varphi \pm jU \sin \varphi = \\ &= 226,308 \cos(90) \underline{\quad} + j226,308 \sin(90) \underline{\quad} = 226,308j \end{aligned}$$

6. Комплекс сопротивлений параллельного участка цепи

$$\underline{Z}_{12} = \frac{\underline{Z}_1 * \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} = \frac{(40 - 80j) * (60 + 40j)}{(40 - 80j) + (60 + 40j)} = 59,31 - 8,276j$$

7. Комплекс полного сопротивления цепи

$$\underline{Z}_{\text{ЭКВ}} = \underline{Z}_{12} = 59,31 - 8,276j$$

8. Комплекс тока в неразветвлённой части цепи

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}_{\text{ЭКВ}}} = \frac{226,308j}{59,31 - 8,276j} = 3,743j - 0,522$$

9. Комплекс напряжения параллельного участка.

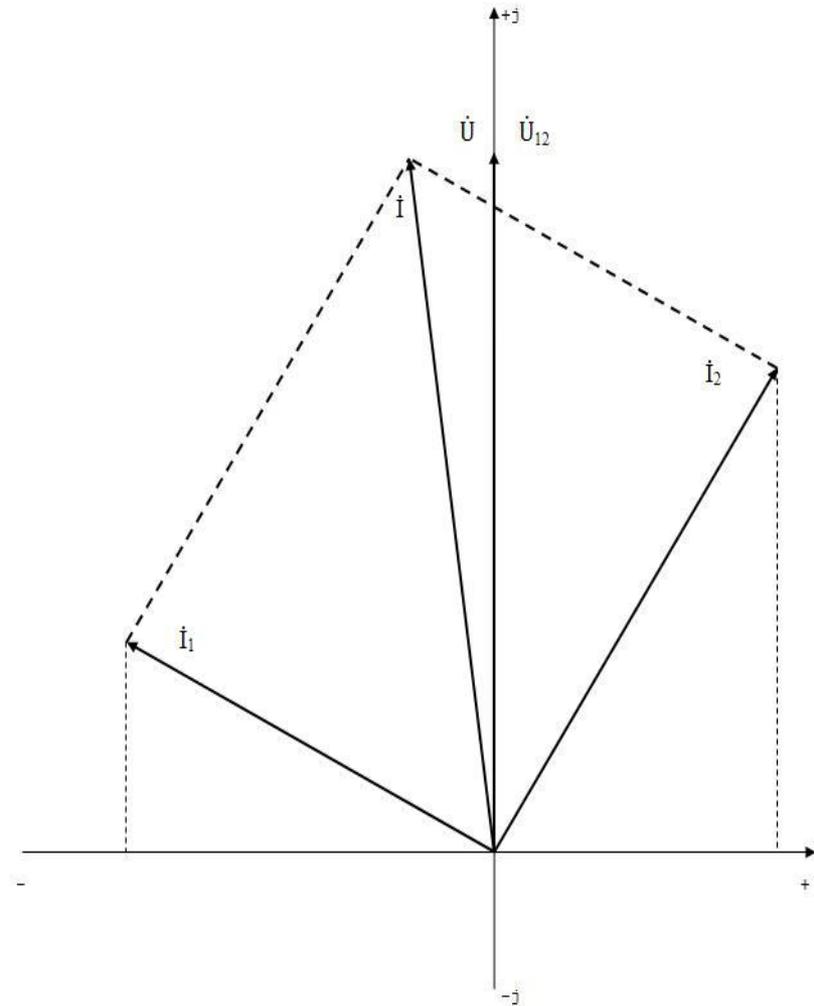
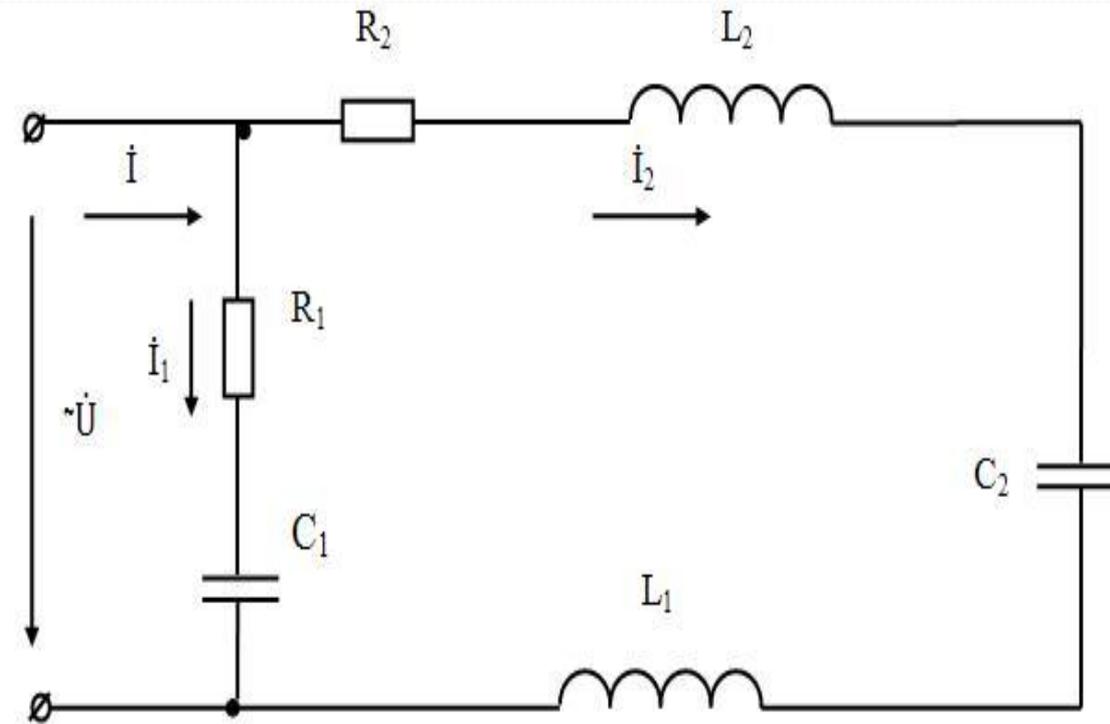
$$\underline{U}_{12} = \underline{U} = \underline{I}_1 * \underline{Z}_{12} = (3,743j - 0,522) * (59,31 - 8,276j) \\ = 226,317j$$

10. Комплекс токов в разветвленной части цепи

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{12}}{\underline{Z}_1} = \frac{226,317j}{40 - 80j} = 1,132j - 2,263$$

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{12}}{\underline{Z}_2} = \frac{226,317j}{60 + 40j} = 2,611j + 1,741$$

11. Векторная диаграмма на комплексной плоскости



$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2$$

$$\mathbf{U} = \mathbf{U}_1 = \mathbf{U}_2$$