

Основы электротехники

Домашнее задание №3

Расчет цепей синусоидального тока методом комплексных амплитуд

Группа ***P3331***

Вариант ***74***

Выполнил: ***Нодири Хисравхон***

Дата сдачи: ***18.12.2024***

Контрольный срок сдачи: 04.12.2024

Количество баллов:

ДЗ 3

Расчет цепей синусоидального тока методом комплексных амплитуд

Аналізу подлежат електрическа цепь, варианты схем которой формально изображены на трех рисунках 3.1-3.3.

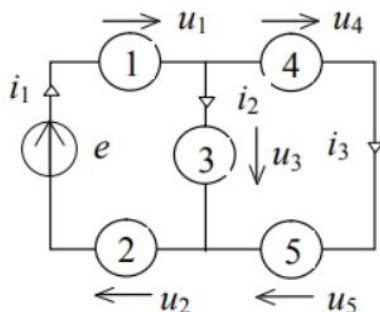


Рисунок 3.1

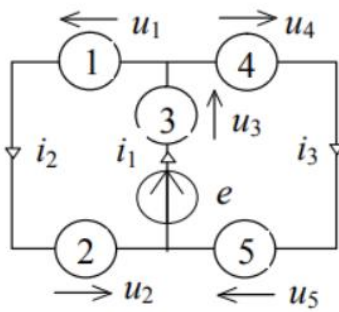


Рисунок 3.2

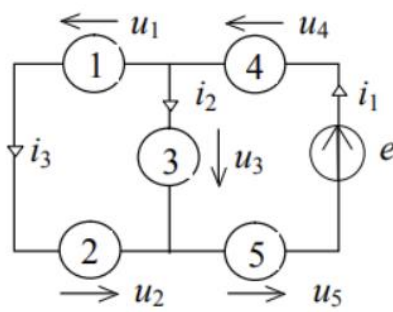


Рисунок 3.3

Перед расчетом необходимо составить схему (параметры элементов указаны в таблице 3).

Выполнение задания 3

Вариант: 74

Исходные данные приведены в табл.3.

Таблица 3 – Исходные данные для схемы на рис. 3.2

Вариант	Схема	Элементы ветвей R [Ом], L [мГн], C [мкФ]	Заданная величина i [А]; e, u [В]
74	3.2	$C_1 = 2500, R_3 = 5, L_4 = 25, R_5 = 3$	$i_3 = 1,247\sin(200t - 99^\circ)$

Дано: $C_1 = 2500$ мкФ, $R_3 = 5$ Ом, $L_4 = 25$ мГн, $R_5 = 3$ Ом, $i_3 = 1,247\sin(200t - 99^\circ)$ В.

Найти: методом комплексных амплитуд мгновенные значения ЭДС источника, токов в ветвях и напряжений на элементах. Построить векторные диаграммы для любого контура и любого узла. Осуществить проверку, составив баланс мощностей.

В соответствии с рис. 3.2 и исходными данными табл. 3 заданная схема цепи приведена на рис. 3.4.

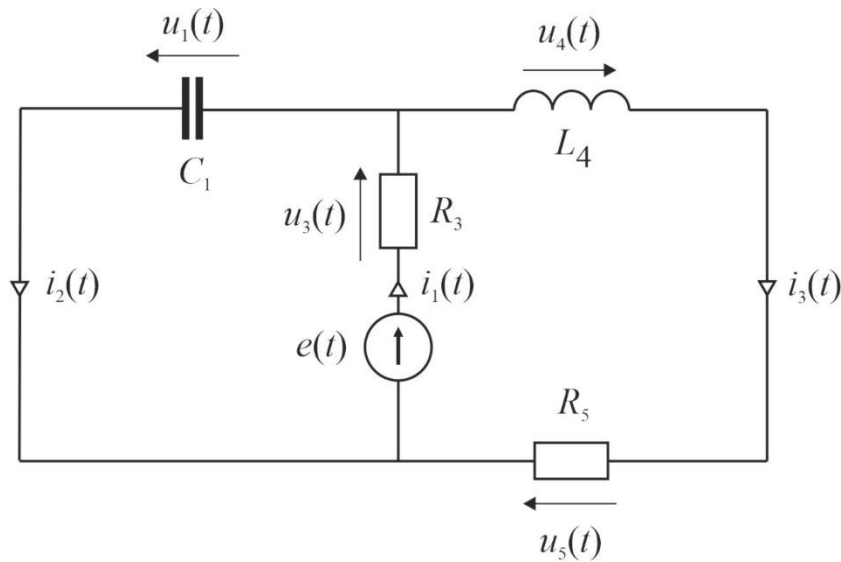


Рисунок 3.4 – Схема цепи

Решение

Схема замещения для цепи на рис. 3.4 показана на рис 3.5.

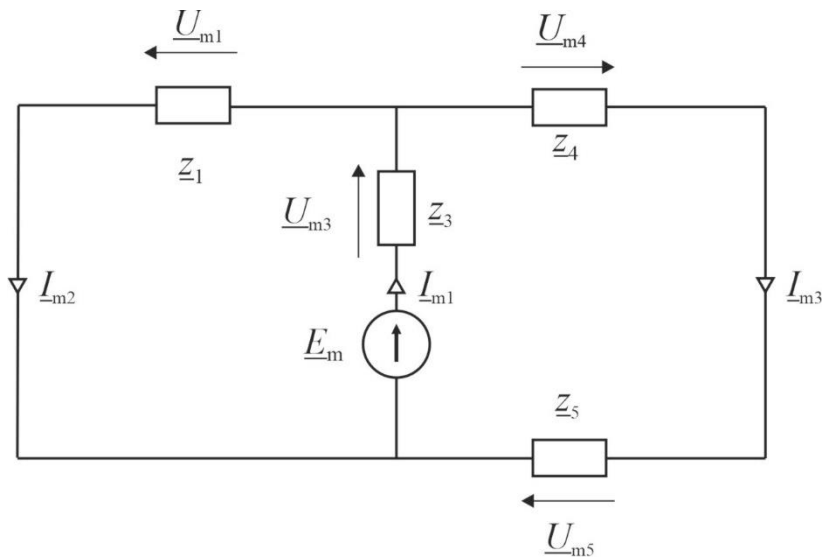


Рисунок 3.5 – Комплексная схема замещения

Для схемы замещения перепишем исходные данные в комплексной форме.

$$I_{m3} = 1,247e^{-99^\circ j} = -0.195 - 1.231j \text{ [A]},$$

$$Z_1 = -X_c j = -\frac{1j}{\omega C_1} = -\frac{1j}{200 \cdot 2500 \cdot 10^{-6}} = -2j = 2e^{-90^\circ j} \text{ [Ом]},$$

$$Z_3 = R_3 e^{0^\circ j} = 5 \text{ Ом},$$

$$Z_4 = X_L j = \omega L_4 j = 200 \cdot 25 \cdot 10^{-3} j = 5j = 5e^{90^\circ j} \text{ [Ом]}.$$

Определим комплексные амплитуды искомых напряжений и токов, используя законы Ома, Кирхгофа и методы расчета цепей постоянного тока в комплексной форме.

$$\text{ЗКП для внешнего контура: } I_{m2}Z_1 - I_{m3}(Z_4 + Z_5) = 0,$$

$$\underline{I}_{m2} = \frac{\underline{I}_{m3}(\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_1} = 2,335 + 2,787j = 3,636e^{50,036^\circ j} [\text{A}],$$

ЗКІ для верхнего узла: $\underline{I}_{m1} = \underline{I}_{m2} + \underline{I}_{m3}$,

$$\underline{I}_{m1} = \frac{\underline{I}_{m3}(\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_1} + \underline{I}_{m3} = \frac{(\underline{z}_4 + \underline{z}_5 + \underline{z}_1)\underline{I}_{m3}}{\underline{z}_1} = 2,140 + 1,555j = 2,645e^{36^\circ j} [\text{A}]$$

$$\text{ЗО: } U_{m1} = \underline{I}_{m2}\underline{z}_1 = 3,636e^{50,036^\circ j} \cdot 2e^{-90^\circ j} = 7,272e^{-39,054^\circ j} [\text{B}],$$

$$\text{ЗО: } U_{m3} = \underline{I}_{m1}\underline{z}_3 = 2,645e^{36^\circ j} \cdot 5 \approx 13,225e^{36^\circ j} [\text{B}],$$

$$\text{ЗО: } U_{m4} = \underline{I}_{m3}\underline{z}_4 = 1,247e^{-99^\circ j} \cdot 5e^{90^\circ j} = 6,235e^{-9^\circ j} [\text{B}],$$

$$\text{ЗО: } U_{m5} = \underline{I}_{m3}\underline{z}_5 = 1,247e^{-99^\circ j} \cdot 3 = 3,741e^{-99^\circ j} [\text{B}],$$

ЗКІІ для левого контура:

$$\begin{aligned} E_m = U_{m3} + U_{m1} &= 13,225e^{36^\circ j} + 7,272e^{-39,064^\circ j} \approx 16,273 + 3,103j = \\ &= 16,567e^{10,8^\circ j} [\text{B}]. \end{aligned}$$

Построим векторные диаграммы для верхнего узла и левого контура (см. рис. 3.6 и рис. 3.7).

Уравнение для верхнего узла: $\underline{I}_{m1} = \underline{I}_{m2} + \underline{I}_{m3}$,

уравнение для левого контура: $\underline{E}_m = \underline{U}_{m1} + \underline{U}_{m2} + \underline{U}_{m3}$.

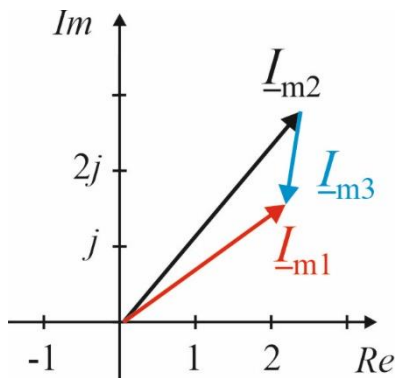


Рисунок 3.6 – Векторная диаграмма для тока

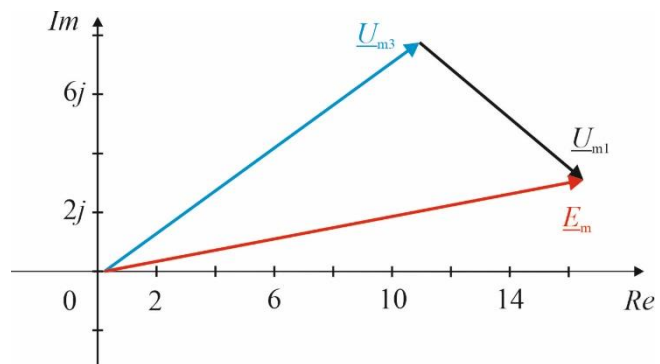


Рисунок 3.7 – Векторная диаграмма для напряжения

Из рисунков видно, что **векторные диаграммы сошлись**.

Составим баланс мощностей.

Полная комплексная мощность источников:

$$\underline{S}_\text{и} = \frac{\underline{E}_m \underline{I}_{m1}^*}{2} = 16,567e^{10,8^\circ j} \cdot 2,645e^{-36^\circ j} / 2 = 21,911e^{-25,2^\circ j} [\text{BA}];$$

Полная комплексная мощность потребителей:

$$\begin{aligned}\underline{S}_{\Pi} &= \frac{U_{m1}I_{m2}^*}{2} + \frac{U_{m3}I_{m1}^*}{2} + \frac{U_{m5}I_{m3}^*}{2} + \frac{U_{m4}I_{m3}^*}{2} = \\ &= \frac{7,272e^{-39,054j} \cdot 3,636e^{-50,036^\circ j}}{2} + 13,225e^{36^\circ j} \cdot \frac{2,645e^{-36^\circ j}}{2} \\ &\quad + (3,741e^{-99^\circ j} + 6,235e^{-9^\circ j}) \cdot 1,247e^{99^\circ j} = 21,912e^{-25,2j} \text{ [BA]}.\end{aligned}$$

Суммарная активная мощность:

$$P = \frac{R_3 I_{m1}^2 + R_5 I_{m3}^2}{2} = 5 \cdot \frac{7,272^2}{2} + 3 \cdot \frac{1,247^2}{2} = 19,826 \text{ [BA]};$$

Суммарная реактивная мощность:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{X_L I_{m3}^2}{2} - \frac{X_C I_{m2}^2}{2} = \frac{-jZ_4 I_{m3}^2}{2} - \frac{jZ_1 I_{m2}^2}{2} = -j \cdot (5j) \cdot 1,247^2 - j \cdot (-2j) \cdot 3,636^2 = \\ &= -9,330 \text{ [BA]}.\end{aligned}$$

$$\underline{S}_{\Sigma} = \underline{S}_{\Pi} = P + jQ = 19,826 - j9,330 = 21,912e^{-25,2j} \text{ [BA]}.$$

Баланс мощностей сошелся.

Перейдем от комплексных амплитуд токов и напряжений к мгновенным значениям по формулам:

$$\underline{X}_m = X_m \cdot e^{j\psi} \Rightarrow x(t) = X_m \sin(\omega t + \psi).$$

Ответ: $i_1(t) = 2,645 \sin(200t + 36^\circ)$, [A];

$$i_2(t) = 3,63 \sin(200t + 50,036^\circ), \text{ [A]};$$

$$i_3(t) = 1,247 \sin(200t - 99^\circ), \text{ [A]};$$

$$u_1(t) = 7,272 \sin(200t - 39,054^\circ), \text{ [B]};$$

$$u_3(t) = 13,225 \sin(200t + 36^\circ), \text{ [B]};$$

$$u_4(t) = 6,235 \sin(200t - 9^\circ), \text{ [B]};$$

$$u_5(t) = 3,741 \sin(200t - 99^\circ), \text{ [B]};$$

$$e(t) = 16,567 \sin(200t + 10,8^\circ), \text{ [B]};$$

$$\underline{S}_{\Sigma} = \underline{S}_{\Pi} = P + jQ = 21,912e^{-25,2j} \text{ [BA]};$$