



ЭЛЕКТРОТЕХНИКА и ЭЛЕКТРОНИКА

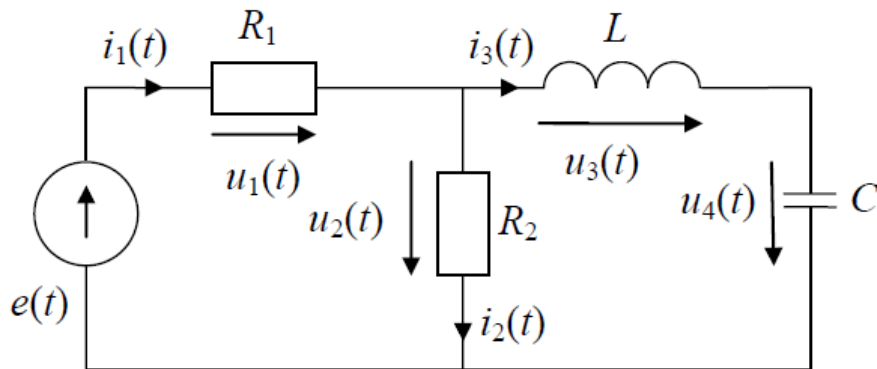
Модуль ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Анализ цепей переменного тока методом комплексных амплитуд

Никитина Мария Владимировна
mvnikitina@itmo.ru

Санкт-Петербург, 2023

Алгоритм расчета и пример



Дано: $u_2(t) = 4.472 \sin(250t + 26.565^\circ)$, [В]; $R_1 = R_2 = 2$ [Ом]; $L = 40$ [мГн]; $C = 500$ [мкФ].

Найти: мгновенные значения токов во всех ветвях, напряжений на всех элементах и ЭДС; построить ВД для любого узла и любого контура; составить БМ.

Алгоритм расчета и пример

Решение:

1. Составить комплексную схему замещения и определить ее параметры

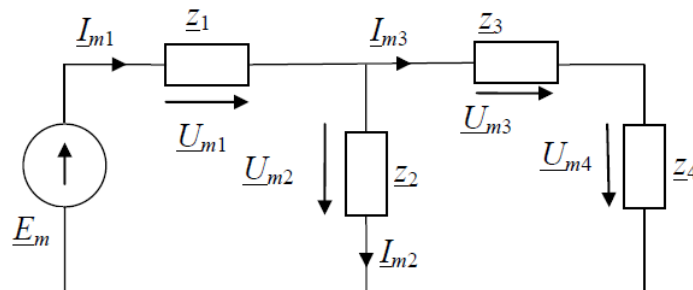
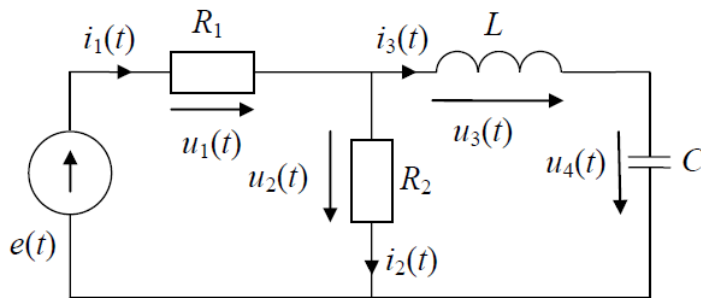
$$\underline{U}_{m2} = 4.472e^{26.565^\circ j} = 4 + 2j \text{ [В]}$$

$$\underline{z}_1 = R_1 = 2 = 2e^{0^\circ j} \text{ [ОМ]}$$

$$\underline{z}_2 = R_2 = 2 = 2e^{0^\circ j} \text{ [ОМ]}$$

$$\underline{z}_3 = X_L \cdot j = \omega \cdot L \cdot j = 250 \cdot 0.04 \cdot j = 10 \cdot j = 10e^{90^\circ j} \text{ [ОМ]}$$

$$\begin{aligned} \underline{z}_4 &= -X_C \cdot j = -(1/\omega \cdot C) \cdot j = -(1/250 \cdot 0.0005) \cdot j = \\ &= -8 \cdot j = 8e^{-90^\circ j} \text{ [ОМ]} \end{aligned}$$



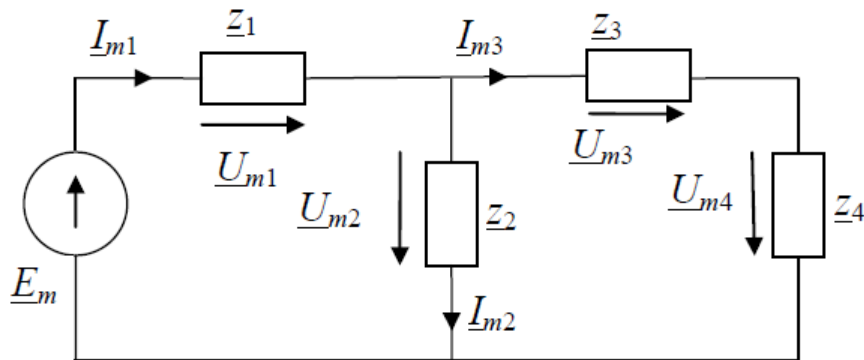
Алгоритм расчета и пример

2. Используя законы и методы расчета цепей постоянного тока в комплексной форме определить комплексные амплитуды требуемых токов и напряжений

ЗО: $\underline{I}_{m2} = \underline{U}_{m2} / \underline{z}_2 = (4 + 2j) / 2 = 2 + j \approx 2.236e^{26.565^\circ j}$ [A]

ЗКП для правого контура: $\underline{U}_{m2} - \underline{z}_3 \underline{I}_{m3} - \underline{z}_4 \underline{I}_{m3} = 0$

$$\underline{I}_{m3} = \underline{U}_{m2} / (\underline{z}_3 + \underline{z}_4) = (4 + 2j) / (10j - 8j) = 1 - 2j \approx 2.236e^{-63.435^\circ j}$$
 [A]



Алгоритм расчета и пример



ЗКІ для верхнего узла: $\underline{I}_{m1} - \underline{I}_{m2} - \underline{I}_{m3} = 0$

$$\underline{I}_{m1} = \underline{I}_{m2} + \underline{I}_{m3} = 2 + j + 1 - 2j = 3 - j \approx 3.162e^{-18.435^\circ j} \text{ [A]}$$

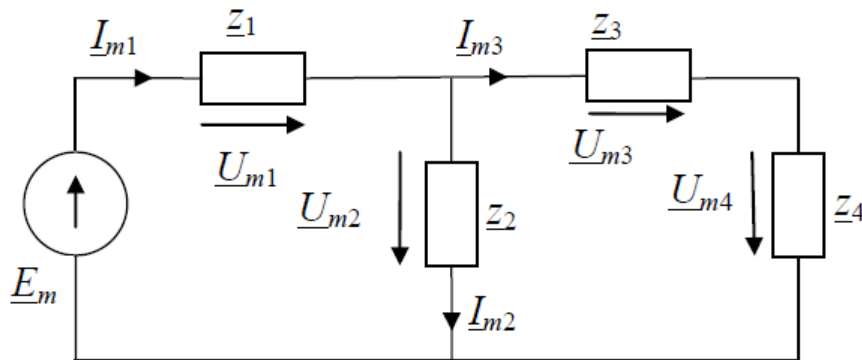
ЗО: $\underline{U}_{m1} = \underline{z}_1 \cdot \underline{I}_{m1} = 2 \cdot (3 - j) = 6 - 2j \approx 6.325e^{-18.435^\circ j} \text{ [B]}$

ЗО: $\underline{U}_{m3} = \underline{z}_3 \cdot \underline{I}_{m3} = 10j \cdot (1 - 2j) = 20 + 10j \approx 22.361e^{26.565^\circ j} \text{ [B]}$

ЗО: $\underline{U}_{m4} = \underline{z}_4 \cdot \underline{I}_{m3} = -8j \cdot (1 - 2j) = -16 - 8j \approx 17.889e^{-153.435^\circ j} \text{ [B]}$

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

$$\underline{E}_m = \underline{U}_{m1} + \underline{U}_{m2} = 6 - 2j + 4 + 2j = 10 = 10e^{0^\circ j} \text{ [B]}$$



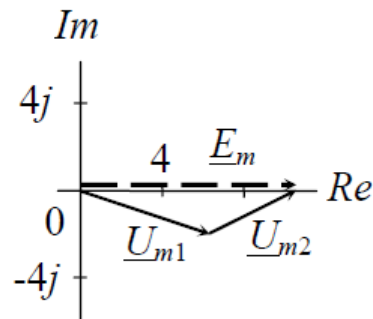
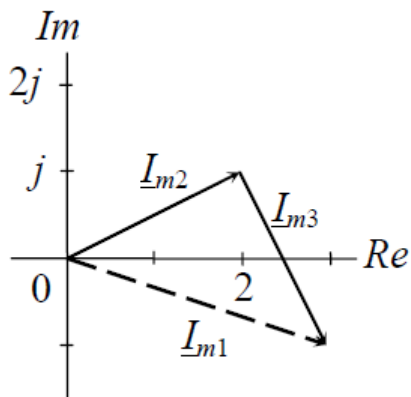
Алгоритм расчета и пример



3. Построить векторные диаграммы для любого узла и любого контура

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

Уравнение для контура $\underline{E}_m = \underline{U}_{m1} + \underline{U}_{m2}$



векторные диаграммы сошлись

Алгоритм расчета и пример



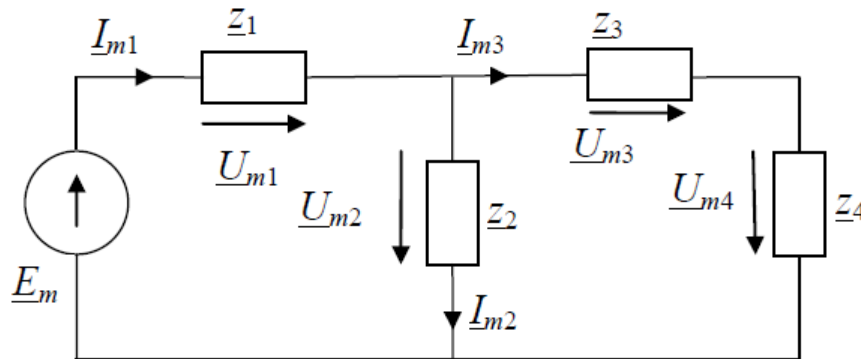
4. Составить баланс мощностей

- полная комплексная мощность источников

$$\underline{S}_\Pi = \underline{E}_m \cdot \underline{I}_{m1}^* / 2 = 10(3+j)/2 = 15 + 5j \text{ [BA]}$$

- полная комплексная мощность потребителей

$$\begin{aligned} \underline{S}_\Pi &= \underline{U}_{m1} \cdot \underline{I}_{m1}^* / 2 + \underline{U}_{m2} \cdot \underline{I}_{m2}^* / 2 + \underline{U}_{m3} \cdot \underline{I}_{m3}^* / 2 + \underline{U}_{m4} \cdot \underline{I}_{m4}^* / 2 = \\ &= ((6 - 2j)(3+j) + (4+2j)(2 - j) + (20+10j)(1+2j) + (-16 - 8j)(1+2j)) / 2 = 15 + 5j \text{ [BA]} \end{aligned}$$



Алгоритм расчета и пример



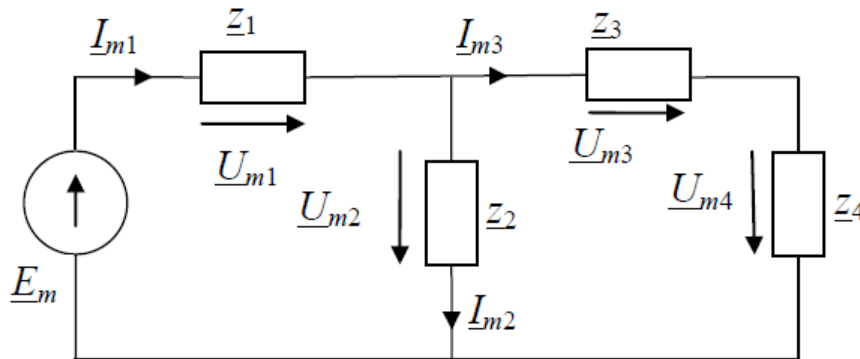
- суммарная активная мощность

$$P = R_1 \cdot I_{m1}^2 / 2 + R_2 \cdot I_{m2}^2 / 2 = 2 \cdot (\sqrt{10})^2 / 2 + 2 \cdot (\sqrt{5})^2 / 2 = 15 \text{ [Вт]}$$

- суммарная реактивная мощность

$$Q = X_L \cdot I_{m3}^2 / 2 - X_C \cdot I_{m3}^2 / 2 = 10 \cdot (\sqrt{5})^2 / 2 - 8 \cdot (\sqrt{5})^2 / 2 = 5 \text{ [ВАр]}$$

$$\underline{S}_и = \underline{S}_п = P + jQ = 15 + 5j \text{ [ВА]} \text{ баланс мощностей сошелся}$$



5. Перейти от комплексных амплитуд токов и напряжений к мгновенным значениям



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

Ответ: $i_1(t) \approx 3.162 \cdot \sin(250 \cdot t - 18.435^\circ)$, [A]

$$i_2(t) \approx 2.236 \cdot \sin(250 \cdot t + 26.565^\circ)$$
, [A]

$$i_3(t) \approx 2.236 \cdot \sin(250 \cdot t - 63.435^\circ)$$
, [A]

$$u_1(t) \approx 6.325 \cdot \sin(250 \cdot t - 18.435^\circ)$$
, [B]

$$u_3(t) \approx 22.361 \cdot \sin(250 \cdot t + 26.565^\circ)$$
, [B]

$$u_4(t) \approx 17.889 \cdot \sin(250 \cdot t - 153.435^\circ)$$
, [B]

$$e(t) = 10 \cdot \sin(250 \cdot t)$$
, [B]

$$\underline{S}_{\Pi} = \underline{S}_{\Pi} = P + jQ = 15 + 5j$$
 [BA]

Спасибо за внимание!

ITMO *re than a*
UNIVERSITY

Никитина Мария Владимировна,
mvnikitina@itmo.ru

