



ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Домашнее задание №4

Расчет цепей несинусоидального периодического тока

Группа **P3332**

Вариант **26**

Выполнил(а): **Ястребов-Амирханов Алекси**

Дата сдачи: **22.12.2025**

Контрольный сдачи: **22.12.2025**

Количество баллов:

СПб – 2025

Dано:

схема 4.1

Параметры цепочки: мон-мона;

$$I_m = 2,2 \text{ [A]}; \omega_1 = 200 \text{ [rad/s]},$$

$$\text{форма: } f_g(x) = \frac{F_m}{\pi} + 2 F_m \left(\frac{1}{4} \sin x - \frac{1}{3\pi} \cos 2x - \right. \\ \left. - \frac{1}{15\pi} \cos 4x - \frac{1}{35\pi} \cos 6x \right) = j(\omega t) \text{ [A]}$$

Параметры элементов: $R_1 = R_7 = 34 \text{ [Ом]};$

$$C_2 = C_3 = 10^3 \text{ [мкФ]}; L_4 = 150 \text{ [мГн]}; C_5 = 500 \text{ [мкФ]}$$

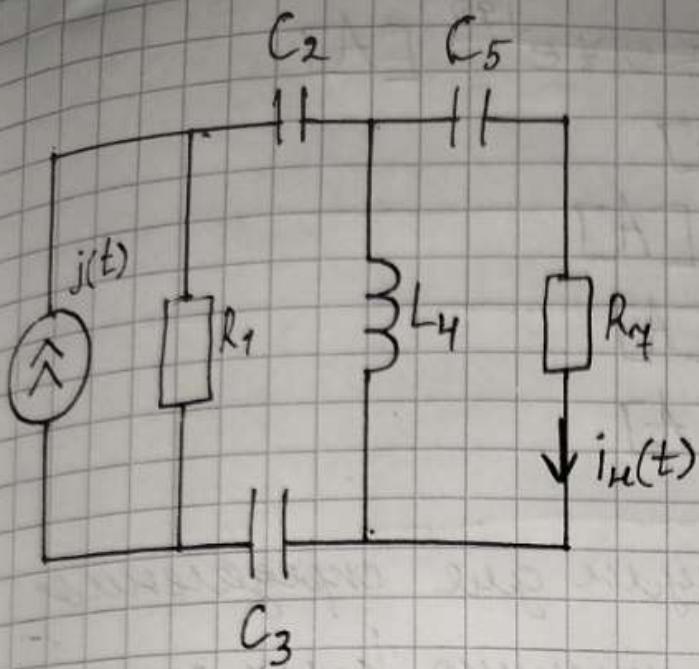
Найти: $I_n, i_n(t)$, используя первые 5
известных шага.

Решение:

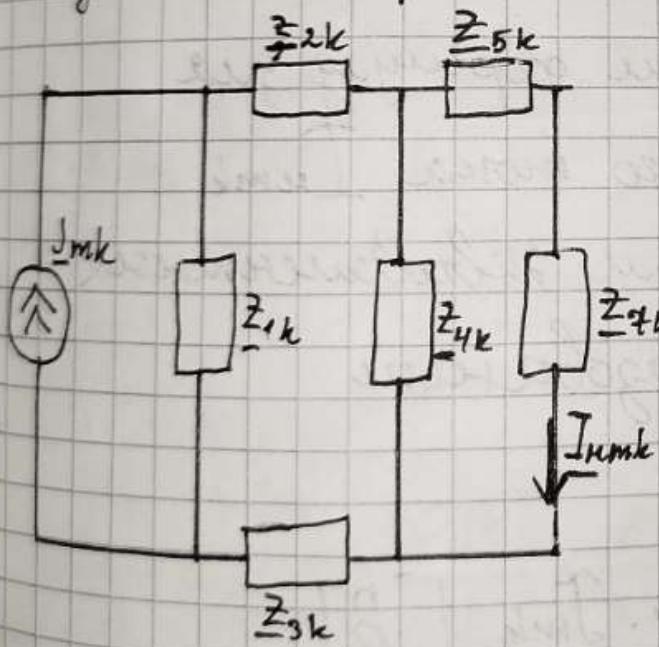
① Приведем изображение здания
исходного симметричного состояния к базы:

$$X(\omega t) = X_0 + \dots + X_{mk} \sin(k\omega_1 t + \psi_k) + \dots$$

$$j(\omega t) = \frac{2,2}{\pi} + \frac{2 \cdot 2,2}{4} \sin 200t + \frac{2 \cdot 2,2}{3\pi} \sin(400t - 90^\circ) \\ + \frac{2 \cdot 2,2}{15\pi} \sin(800t - 90^\circ) + \frac{2 \cdot 2,2}{35\pi} \sin(1200t - 90^\circ) \text{ [A]}$$



2) Составим комплексную схему замещения для k -ой гармоники, определив её параметры



$$\underline{Z}_{1k} = R_1 = 34 \text{ [Ом]}$$

$$\underline{Z}_{2k} = -\frac{j}{k\omega_1 \cdot c} = -\frac{j}{200 \cdot 10^3 k} = -\frac{5j}{k} \text{ [Ом]}$$

$$\underline{Z}_{3k} = \underline{Z}_{2k} = -\frac{5j}{k} \text{ [Ом]}$$

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{4k} &= jk\omega_1 k = jk \cdot 200 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = \\ &= 30jk \text{ [Ом]} \end{aligned}$$

$$\underline{Z}_{5k} = -\frac{j}{200 \cdot 500 \cdot 10^6 k} = -\frac{10j}{k} \text{ [Ом]}$$

$$\underline{Z}_{7k} = \underline{Z}_{1k} = 34 \text{ [Ом]}$$

$$\underline{I}_{mk} = \underline{J}_0 = \underline{J}_{mo} = 0,7 e^{j90^\circ} [A]$$

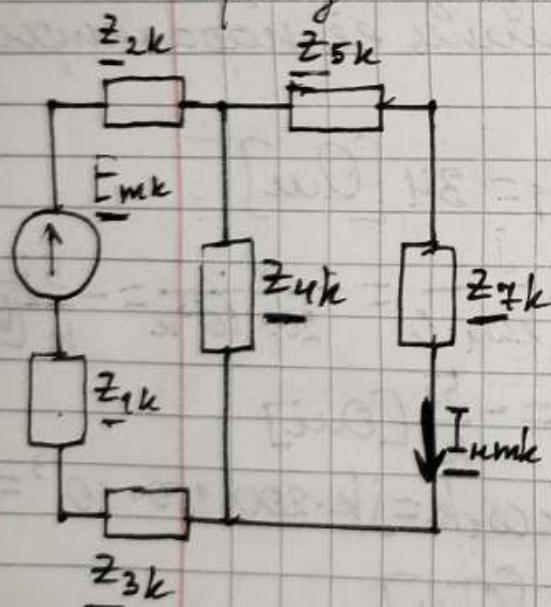
$$\underline{J}_{m_1} = 1,1 \cdot e^{j0^\circ} [A]$$

$$\underline{J}_{m_2} = 0,46t \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

$$\underline{J}_{m_4} = 0,093 \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

$$\underline{J}_{m_6} = 0,04 \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

③ Выбираем формулу для определения комплексных амплитуд k-ых гармоник предсказанных токов и находим

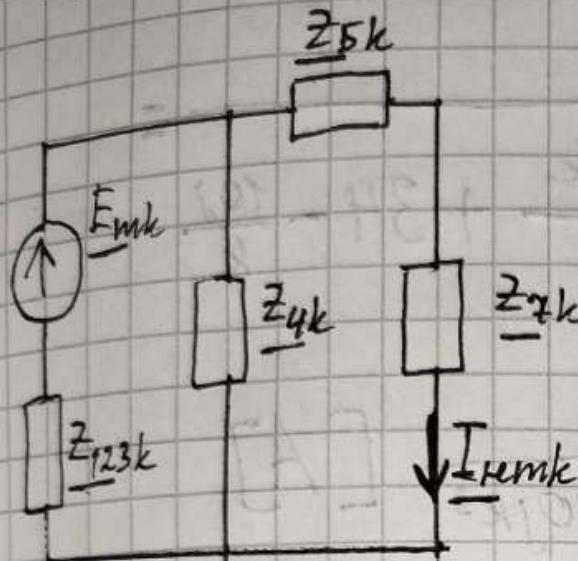


Выбор формулы для
исходного тока \underline{I}_{mk}
методом эквивалентных
преобразований

③,1 $E_{mk} = \underline{Z}_{1k} \cdot \underline{I}_{mk} = 34 \cdot \underline{I}_{mk} [V]$

3.2

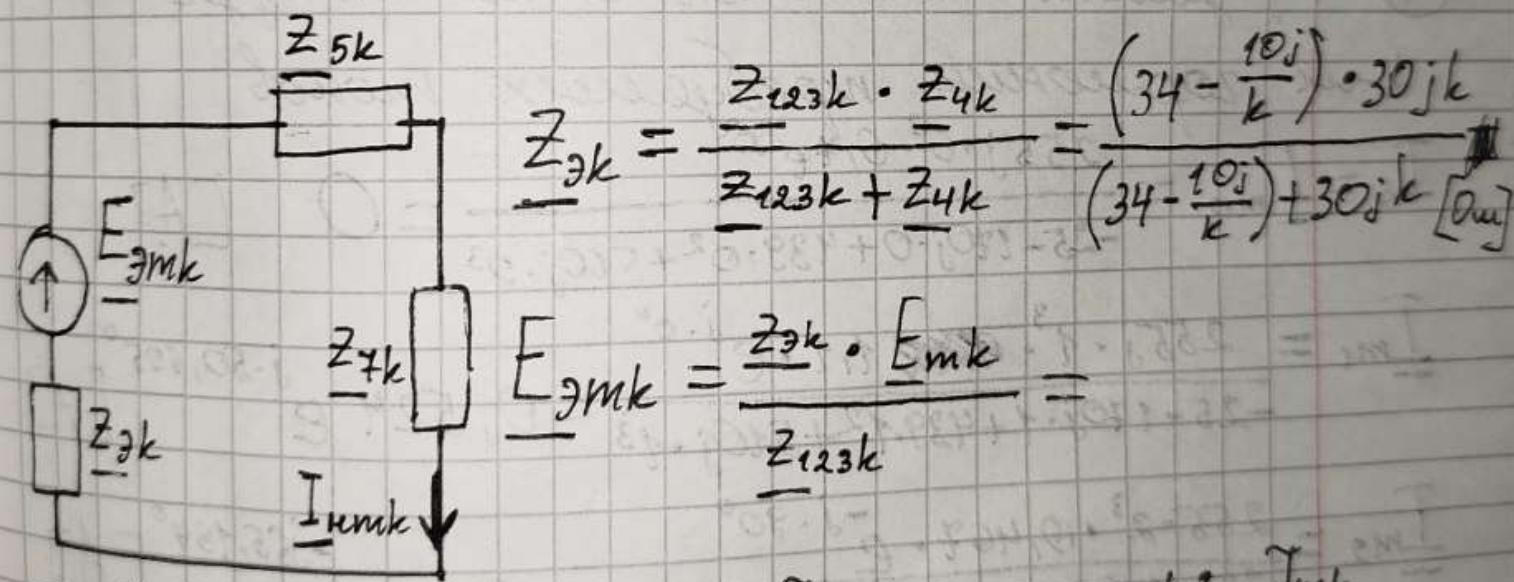
\underline{Z}_{1k} noaceegotaniedeno \underline{Z}_{2k} u $\underline{Z}_{3k} \rightarrow \underline{Z}_{123k}$



$$\begin{aligned}\underline{Z}_{123k} &= \underline{Z}_{1k} + \underline{Z}_{2k} + \underline{Z}_{3k} = \\ &= 34 - \frac{5j}{k} - \frac{5j}{k} = 34 - \frac{10j}{k} [0\mu]\end{aligned}$$

3.3

$(\underline{Z}_{123k}$ noaceeg. $\underline{Emk}) \parallel \underline{Z}_{4k} \rightarrow \underline{E}_{3mk}$ noaceeg. \underline{Z}_{2k}



$$\begin{aligned}\underline{Z}_{2k} &= \frac{\underline{Z}_{123k} \cdot \underline{Z}_{4k}}{\underline{Z}_{123k} + \underline{Z}_{4k}} = \frac{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) \cdot 30jk}{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) + 30jk} [0\mu] \\ \underline{E}_{3mk} &= \frac{\underline{Z}_{2k} \cdot \underline{Emk}}{\underline{Z}_{123k}} = \\ &= \frac{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) \cdot 30jk}{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) + 30jk} \cdot \frac{34 \cdot \underline{J}_{mk}}{34 - \frac{10j}{k}} = \frac{510jk^2 \cdot \underline{J}_{mk}}{17k - 5j + 15jk^2} [B]\end{aligned}$$

$$3.4 \quad \underline{I}_{umk} = \frac{\underline{E}_{3mk}}{(\underline{z}_{3k} + \underline{z}_{5k} + \underline{z}_{4k})} =$$

$$= \frac{510jk^2 \cdot \underline{J}_{mk}}{317k - 5j + 15jk^2} \cdot \frac{1}{\frac{(34 - \frac{10j}{k}) \cdot 30jk}{34 - \frac{10j}{k} + 30jk} + 34 - \frac{10j}{k}} =$$

$$= \frac{255jk^3 \cdot \underline{J}_{mk}}{-170jk + 25j^2 - 150j^2k^2 + 289k^2 + 510jk^3} [A]$$

4) Определяем комплексное сопротивление
к-ух гармонических предыдущих монов

$$\underline{I}_o = \underline{I}_{m0} = \frac{255j \cdot 0^3 \cdot 0,4e^{j90^\circ}}{-25 - 170j \cdot 0 + 439 \cdot 0^2 + 510j \cdot 0^3} = 0 [A]$$

$$\underline{I}_{m1} = \frac{255j \cdot 1^3 \cdot 1,1 \cdot e^{j \cdot 0^\circ}}{-25 - 170j \cdot 1 + 439 \cdot 1^2 + 510j \cdot 1^3} = 0,524 e^{j \cdot 50,605^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m2} = \frac{255 \cdot 2^3 \cdot 0,467 \cdot e^{-j \cdot 90^\circ}}{-25 - 170j \cdot 2 + 439 \cdot 2^2 + 510j \cdot 2^3} = 0,231 e^{-j65,164^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m4} = \frac{255 \cdot 4^3 \cdot 0,093 \cdot e^{-j90^\circ}}{-25 - 170j \cdot 4 + 439 \cdot 4^2 + 510j \cdot 4^3} = 0,046 e^{-j77,648^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m6} = \frac{255 \cdot 6^3 \cdot 0,04 \cdot e^{-j90^\circ}}{-25 - 170j \cdot 6 + 439 \cdot 6^2 + 510j \cdot 6^3} = 0,02 e^{-j81,773^\circ} [A]$$

⑤ Определить действующие значения найденных величин

$$\begin{aligned} I_{\text{н}} &= \sqrt{(\underline{I}_{\text{n}0}^2 + \underline{I}_{\text{n}1}^2 + \underline{I}_{\text{n}2}^2 + \underline{I}_{\text{n}4}^2 + \underline{I}_{\text{n}6}^2)} = \\ &= \sqrt{0 + \frac{0,524^2}{2} + \frac{0,231^2}{2} + \frac{0,046^2}{2} + \frac{0,02^2}{2}} = \\ &= 0,406 \text{ [A]} \end{aligned}$$

Очевидно: $i_{\text{n}}(t) = 0 + 0,524 \sin(200t + 50,625^\circ) +$
 $+ 0,231 \sin(400t - 65,164^\circ) + 0,046 \sin(800t - 77,648^\circ) +$
 $+ 0,02 \sin(1200t - 81,773^\circ) \text{ [A]}$

$$I_{\text{n}} = 0,406 \text{ [A]}$$