



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

Дано:

схема 4.1

Параметры источника: тип-тока;

$$I_m = 2,2 [A]; \omega_1 = 200 [1/c];$$

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

Параметры элементов:  $R_1 = R_2 = 34 [\Omega];$

$$C_2 = C_3 = 10^3 [\mu F]; L_4 = 150 [mH]; C_5 = 500 [\mu F]$$

Найти:  $I_m, i_k(t)$ , используя первые 5 слагаемых ряда.

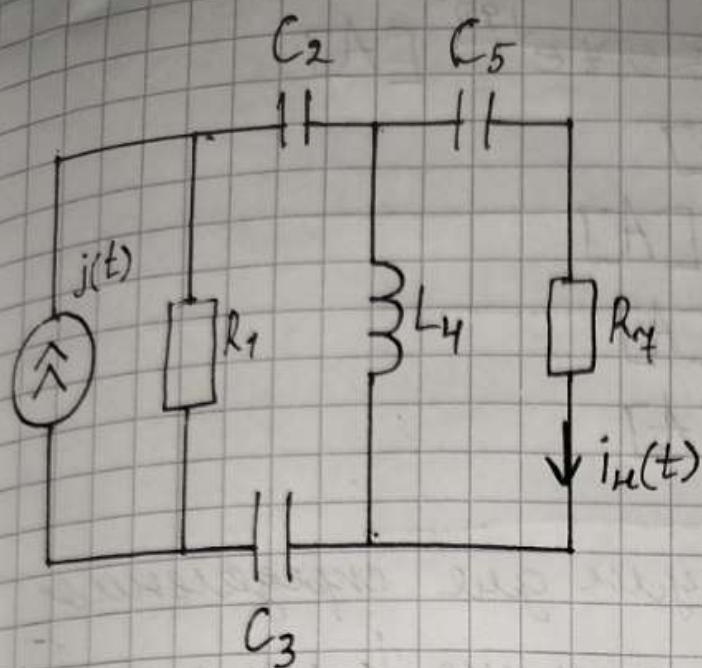
Решение:

① Привести мгновенные значения несинусоидальной величины к виду:

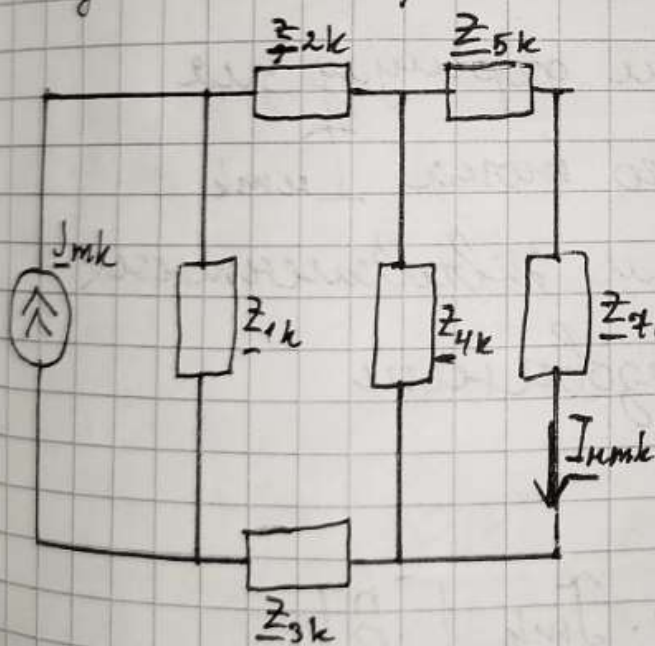
$$x(\omega t) = X_0 + \dots + X_{mk} \sin(k\omega_1 t + \varphi_k) + \dots$$

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





2) Составить комплексную схему замещения для  $k$ -ой гармоники, определить её параметры



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

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

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

$$\underline{Z}_{4k} = jk\omega_1 L = jk \cdot 200 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 30jk [\Omega]$$

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

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

$$\underline{I}_{mk} = \underline{I}_0 = \underline{I}_{m0} = 0,7 e^{j90^\circ} [A]$$

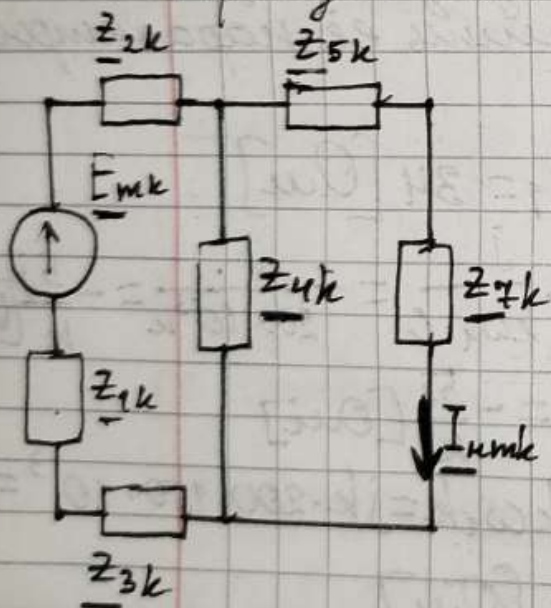
$$\underline{I}_{m1} = 1,1 \cdot e^{j \cdot 0^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m2} = 0,467 \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m4} = 0,093 \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

$$\underline{I}_{m6} = 0,04 \cdot e^{-j90^\circ} [A]$$

③ Выведем формулы для определения комплексных амплитуд  $k$ -ых гармоник требуемых токов и напряжений

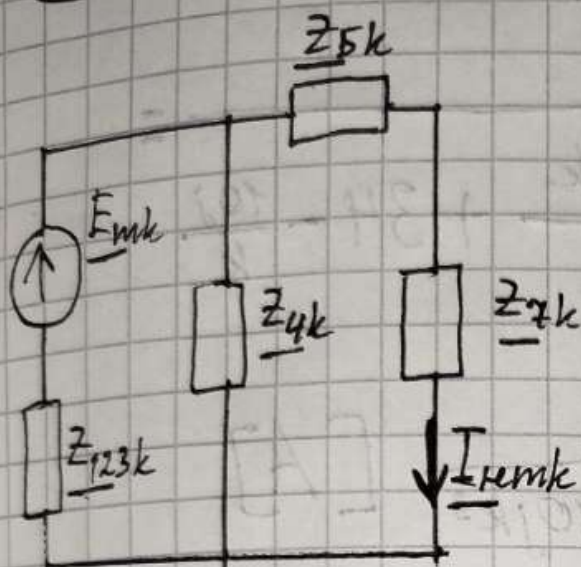


Выведем формулу для искомого тока  $I_{mnk}$  методом эквивалентных преобразований

③,1  $E_{mk} = Z_{1k} \cdot I_{mk} = 34 \cdot I_{mk} [B]$

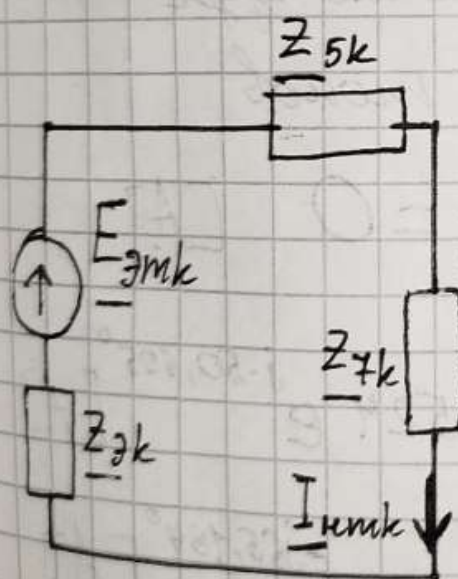


3.2  $\underline{z}_{1k}$  последовательно  $\underline{z}_{2k}$  и  $\underline{z}_{3k} \rightarrow \underline{z}_{123k}$



$$\underline{z}_{123k} = \underline{z}_{1k} + \underline{z}_{2k} + \underline{z}_{3k} = 34 - \frac{5j}{k} - \frac{5j}{k} = 34 - \frac{10j}{k} [\Omega]$$

3.3  $(\underline{z}_{123k} \text{ послед. } \underline{E}_{mk}) \parallel \underline{z}_{4k} \rightarrow \underline{E}_{\partial mk} \text{ послед. } \underline{z}_{\partial k}$



$$\underline{z}_{\partial k} = \frac{\underline{z}_{123k} \cdot \underline{z}_{4k}}{\underline{z}_{123k} + \underline{z}_{4k}} = \frac{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) \cdot 30jk}{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) + 30jk} [\Omega]$$

$$\underline{E}_{\partial mk} = \frac{\underline{z}_{\partial k} \cdot \underline{E}_{mk}}{\underline{z}_{123k}} =$$

$$= \frac{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) \cdot 30jk}{\left(34 - \frac{10j}{k}\right) + 30jk} \cdot \frac{34 \cdot \underline{I}_{mk}}{34 - \frac{10j}{k}} = \frac{510jk^2 \cdot \underline{I}_{mk}}{17k - 5j + 15jk^2} [B]$$



$$\begin{aligned}
 \textcircled{3.4} \quad \underline{I}_{mk} &= \frac{E_{mk}}{(z_{3k} + z_{5k} + z_{4k})} = \\
 &= \frac{510jk^2 \cdot \underline{I}_{mk}}{17k - 5j + 15jk^2} \cdot \frac{1}{\frac{(34 - \frac{10j}{k}) \cdot 30jk}{34 - \frac{10j}{k} + 30jk} + 34 - \frac{10j}{k}} = \\
 &= \frac{255jk^3 \cdot \underline{I}_{mk}}{-170jk + 25j^2 - 150j^2k^2 + 289k^2 + 510jk^3} [A]
 \end{aligned}$$

④ Определить комплексные амплитуды  $k$ -ых гармоник требуемых токов

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_{m0} = \frac{255j \cdot 0^3 \cdot 0,4e^{j0^\circ}}{-25 - 170j \cdot 0 + 439 \cdot 0^2 + 510j \cdot 0^3} = 0 [A]$$

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

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

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

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



⑤ Определить действующие значения найденных величин

$$\begin{aligned} I_n &= \sqrt{(I_{n0}^2 + I_{n1}^2 + I_{n2}^2 + I_{n4}^2 + I_{n6}^2)} = \\ &= \sqrt{0 + \frac{0,524^2}{2} + \frac{0,231^2}{2} + \frac{0,046^2}{2} + \frac{0,02^2}{2}} = \\ &= 0,406 \text{ [A]} \end{aligned}$$

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

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