



## Основы электротехники

### Домашнее задание №4

### Расчет цепей несинусоидального периодического тока

Группа Р3334

Вариант 53

Выполнил: Баянов Равиль Динарович

Дата сдачи: 06.12.2024

Контрольный срок сдачи: 18.12.2024

Количество баллов:

СПб – 2024

# Оглавление

<b>Задание</b> .....	3
<b>Дано</b> .....	4
<b>Найти</b> .....	5
<b>Решение</b> .....	6
<b>Схема электрической цепи</b> .....	6
<b>Приведение мгновенных значений несинусоидальных величин к виду суммы синусов</b> .....	7
<b>Составление комплексной схемы замещения для k-ой гармоники и определение её параметров</b> .....	8
<b>Вывод формулы для определения комплексных амплитуд k-ых гармоник требуемых токов и напряжений</b> .....	9
<b>Определение комплексных амплитуд k-ых гармоник требуемых токов и напряжений</b> .....	11
<b>Определение действующих значений найденных величин</b> .....	12
<b>Ответ</b> .....	13

# Задание

Для заданной схемы электрической цепи найти действующее и мгновенное значения величины  $f_n(\omega t)$  (напряжение  $u_n(t)$  или ток  $i_n(t)$ ), используя первые пять слагаемых несинусоидального источника энергии.

**Дано**

$$j(\omega t) = f_{15}(\omega t) = \frac{F_M}{4} + \frac{F_M}{\pi} \left[ \frac{\sin(x+32,5^\circ)}{0,843} + \frac{\sin(2x)}{2} + \frac{\sin(3x)}{3} + \frac{\sin(4x)}{4} + \frac{\sin(5x)}{5} \right];$$

$$F_M = 2,1 \text{ [A]}; \omega_1 = 2000 \frac{\text{рад}}{c}; R_1 = R_7 = R = 30 \text{ [Ом]}; L_2 = 2,5 \text{ [мГн]};$$

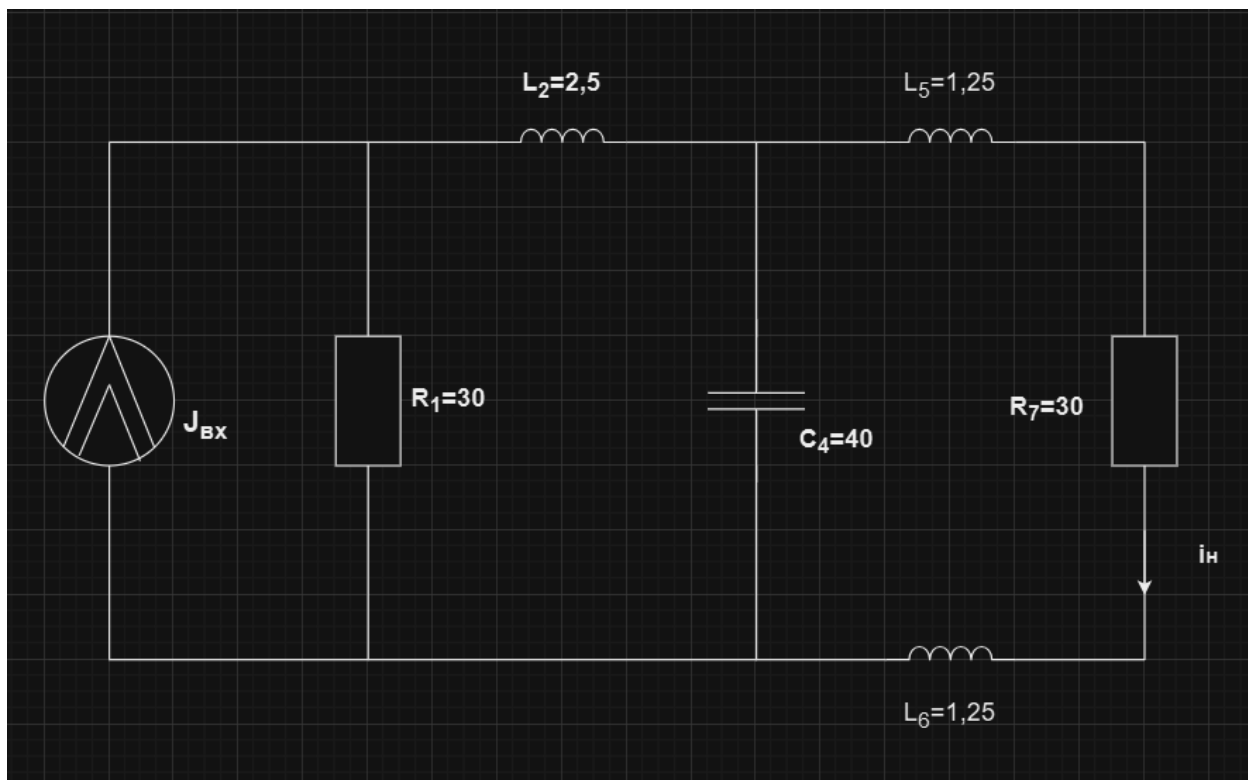
$$L_5 = L_6 = L = 1,25 \text{ [мГн]}; C_4 = 40 \text{ [мкФ]}.$$

**Найти**

$I_n, i_n(t)$ , используя первые пять слагаемых ряда.

# Решение

## Схема электрической цепи



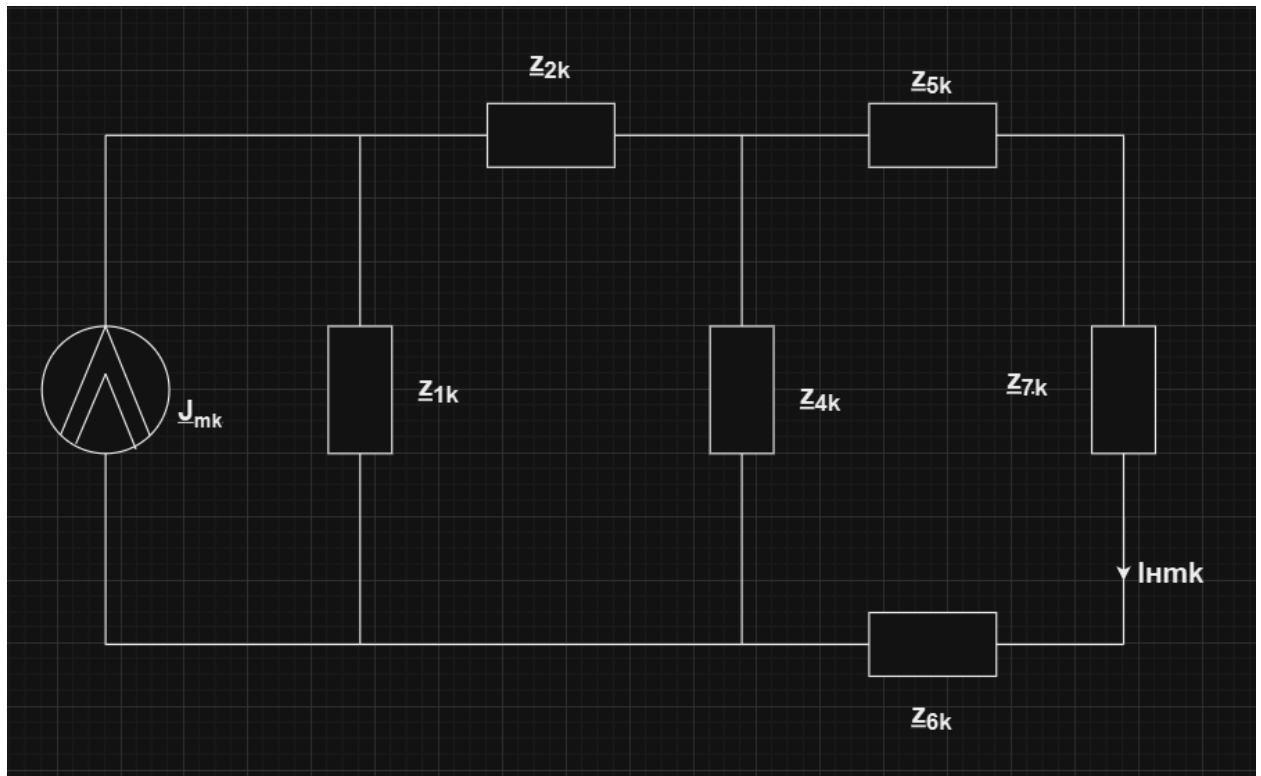
## **Приведение мгновенных значений несинусоидальных величин к виду суммы синусов**

Для нашего примера приведение буде выглядеть так:

$$j(\omega t) = 0,525 + 0,793 \sin(2000t + 32,5^\circ) + 0,334 \sin(4000t) + \\ + 0,223 \sin(6000t) + 0,167 \sin(8000t) + 0,134 \sin(10000t);$$

## Составление комплексной схемы замещения для k-ой гармоники и определение её параметров

Схема:



$$\underline{Z}_{1k} = R_1 = 30 \text{ [OM]};$$

$$\underline{Z}_{2k} = jk\omega_1 L_2 = j5k \text{ [OM]};$$

$$\underline{Z}_{4k} = -\frac{j}{k\omega_1 C} = -\frac{j}{0,08k} = -\frac{j12,5}{k} \text{ [OM]};$$

$$\underline{Z}_{5k} = jk\omega_1 k L_5 = j2,5k \text{ [OM]};$$

$$\underline{Z}_{6k} = jk\omega_1 L_6 = j2,5k \text{ [OM]};$$

$$\underline{Z}_{7k} = R_7 = 30 \text{ [OM]};$$

$$\underline{J}_{mk} : \underline{J}_0 = \underline{J}_{m0} = 0,525e^{j90^\circ} \text{ [A]};$$

$$\underline{J}_{m1} = 0,793e^{j32,5^\circ} \text{ [A]};$$

$$\underline{J}_{m2} = 0,334e^{j90^\circ} \text{ [A]};$$

$$\underline{J}_{m3} = 0,223e^{j90^\circ} \text{ [A]};$$

$$\underline{J}_{m4} = 0,167e^{j90^\circ} \text{ [A]};$$

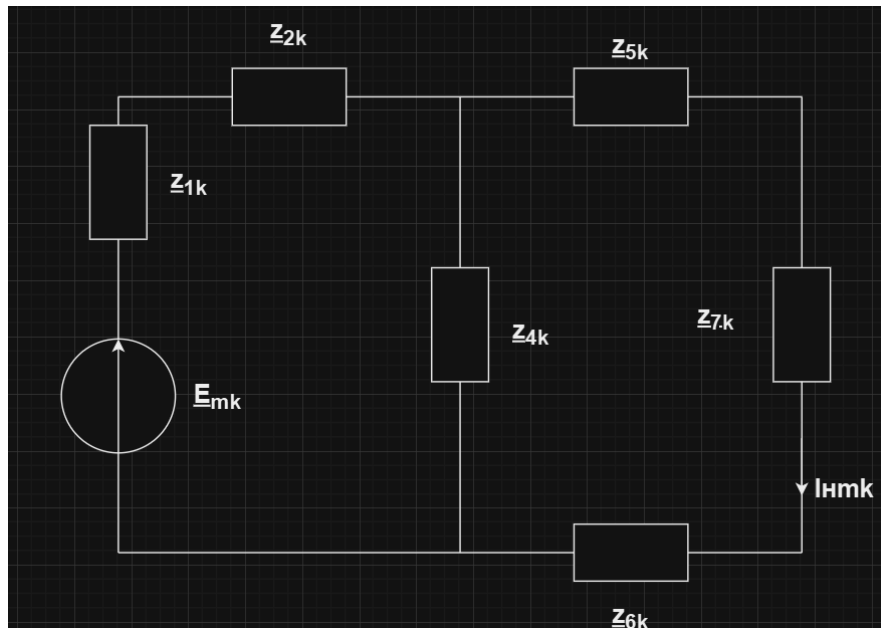


## Вывод формулы для определения комплексных амплитуд k-ых гармоник требуемых токов и напряжений

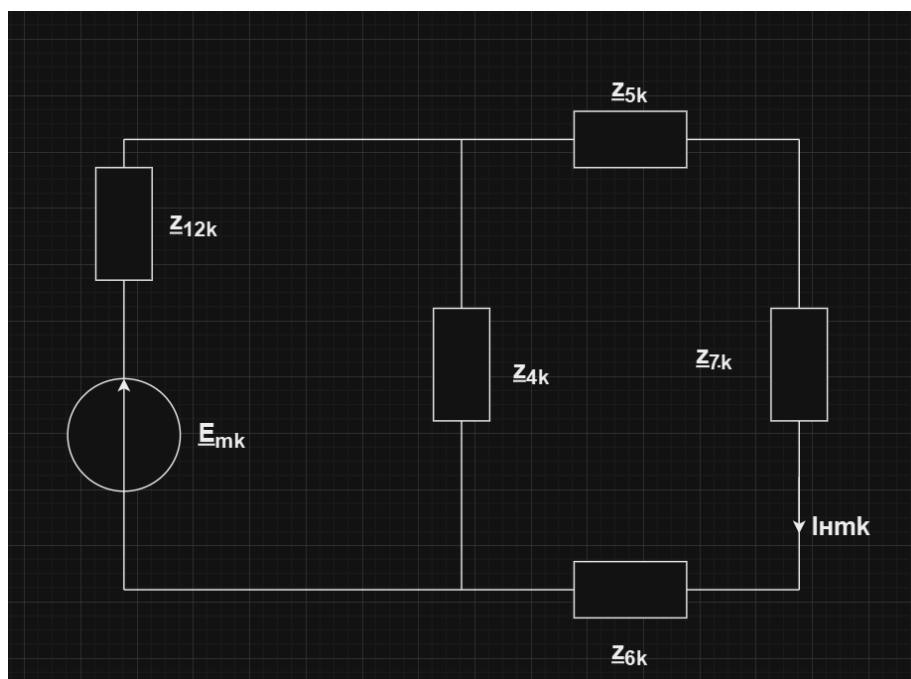
Методом эквивалентных преобразований выведем формулу:

- $\underline{J}_{mk} \parallel \underline{z}_{1k} \rightarrow \underline{E}_{mk}$  последовательно  $\underline{z}_{1k}$

$$\underline{E}_{mk} = \underline{z}_{1k} \cdot \underline{J}_{mk} = 30 \underline{J}_{mk} [\text{В}];$$



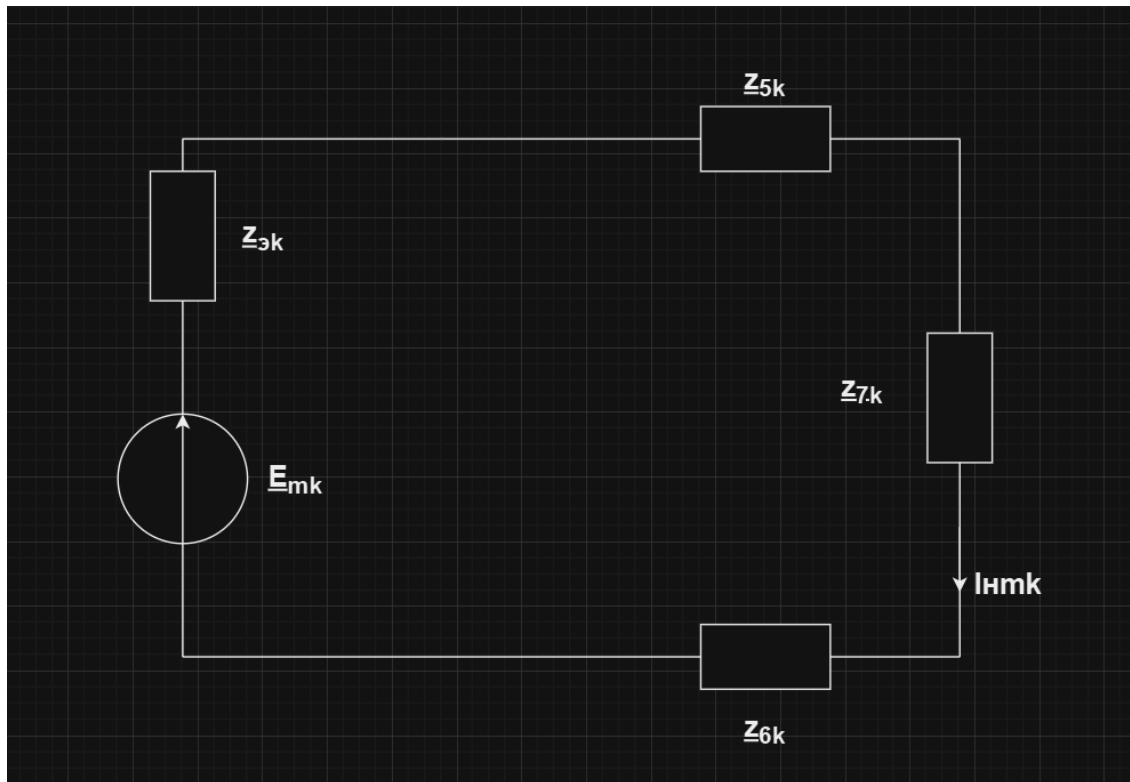
- $\underline{z}_{12k} = \underline{z}_{1k} + \underline{z}_{2k} = 30 + j5k [\Omega];$



- ( $\underline{Z}_{12k}$  послед.  $\underline{E}_{mk}$ ) ||  $\underline{Z}_{4k} \rightarrow \underline{E}_{\text{эк}}$  последовательно  $\underline{Z}_{\text{эк}}$

$$\underline{Z}_{\text{эк}} = \frac{(\underline{Z}_{12k} \cdot \underline{Z}_{4k})}{(\underline{Z}_{12k} + \underline{Z}_{4k})} = - \frac{(30 + j5k) \left( \frac{j12,5}{k} \right)}{30 + j5k - \frac{j12,5}{k}} = - \frac{j25k + 150}{2k^2 - j12k - 5};$$

$$\begin{aligned} \underline{E}_{\text{эк}} &= \frac{\underline{Z}_{\text{эк}} \cdot \underline{E}_{mk}}{\underline{Z}_{12k}} = - \frac{30(j25k + 150)\underline{J}_{mk}}{(2k^2 - j12k - 5)(30 + j5k)} = \\ &= - \frac{150\underline{J}_{mk}}{2k^2 - j12k - 5} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} - \underline{I}_{mk} &= \frac{\underline{E}_{\text{эк}}}{\underline{Z}_{\text{эк}} + \underline{Z}_{5k} + \underline{Z}_{7k} + \underline{Z}_{6k}} = - \frac{150\underline{J}_{mk}}{2k^2 - j12k - 5} \cdot \frac{1}{\left( -\frac{j25k+150}{2k^2-j12k-5} + j5k+30 \right)} = \\ &= \frac{j15\underline{J}_{mk}}{k^3 - j12k^2 - 41k + j30} \end{aligned}$$

## Определение комплексных амплитуд k-ых гармоник требуемых токов и напряжений

$$\underline{I}_0 = \underline{I}_{m0} = \frac{j15\underline{J}_{m0}}{0^3 - j12 * 0^2 - 41 * 0 + j30} = \frac{0,525e^{j90^0}}{2} = 0,263e^{j90^0} [\text{A}];$$

$$\underline{I}_{m1} = \frac{j15\underline{J}_{m1}}{1^3 - j12*1^2 - 41*1 + j30} = 0,111e^{j32,5^0} - j0,247e^{j32,5^0} = 0,271e^{-j33,4^0} [\text{A}];$$

$$\underline{I}_{m2} = \frac{j15\underline{J}_{m2}}{2^3 - j12*2^2 - 41*2 + j30} = -0,016e^{j90^0} - j0,064e^{j90^0} = 0,066e^{-j13,95^0} [\text{A}];$$

$$\underline{I}_{m3} = \frac{j15\underline{J}_{m3}}{3^3 - j12*3^2 - 41*3 + j30} = -0,017e^{j90^0} - j0,021e^{j90^0} = 0,027e^{-j40,5^0} [\text{A}];$$

$$\underline{I}_{m4} = \frac{j15\underline{J}_{m4}}{4^3 - j12*4^2 - 41*4 + j30} = -0,111e^{j90^0} - j0,007e^{j90^0} = 0,111e^{-j86,4^0} [\text{A}];$$

## Определение действующих значений найденных величин

$$I_{\text{н}} = \sqrt{I_{\text{н0}}^2 + I_{\text{н1}}^2 + I_{\text{н2}}^2 + I_{\text{н3}}^2 + I_{\text{н4}}^2} = 0,4[\text{A}];$$

## Ответ

$$i_{\text{H}}(t) = 0,263 + 0,271 \sin(200t - 33,4^\circ) + 0,066 \sin(400t + -13,95^\circ) + 0,027 \sin(600t - 40,5^\circ) + 0,111 \sin(800t - 86,4^\circ);$$

$$I_{\text{H}} = 0,4 \text{ [A]}$$