

Основы электротехники

Домашнее задание №4

Расчет цепей несинусоидального периодического тока

Группа *P3331*

Вариант *044*

Выполнил: *Нодири Хисравхон*

Дата сдачи: *18.12.2024*

Контрольный срок сдачи: 18.12.2024

Количество баллов:

ДЗ 4

Расчет цепей несинусоидального периодического тока

Для заданной схемы электрической цепи, структура которой представлена на рисунке 4.1 или 4.2 и параметрами из таблиц 4.0 и 4.1, найти действующее и мгновенное значения величины $f_n(\omega t)$ (напряжение $u_n(t)$ или ток $i_n(t)$), указанной в таблице 4.1, используя первые пять слагаемых несинусоидального источника энергии.

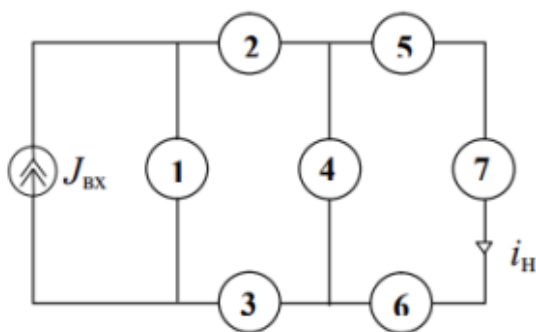


Рисунок 4.1

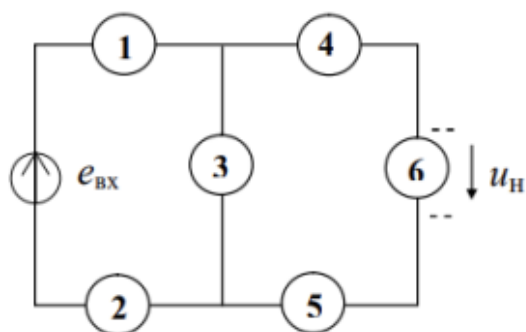


Рисунок 4.2

Перед расчетом в соответствии с вариантом задания необходимо составить электрическую схему цепи, заменив элементы структуры элементами R, L и C, а мгновенное значение источника энергии согласно своему варианту функцией из таблицы 4.0.

Обратите внимание, что номер варианта и номер функции разложения в ряд Фурье источника энергии НЕ СОВПАДАЮТ (за исключением некоторых вариантов).

Выполнение задания 4

Вариант: 044

Исходные данные приведены в таблицах 4.0 и 4.1

Таблица 4.0 – Ряды Фурье для несинусоидальных функций

№ функции	Разложение функции $f(x)$ в ряд Фурье, где $x = \omega_1 \cdot t$
23	$f_{23} \approx \frac{F_M}{\pi} \left[\frac{\sin(x - 32,5^\circ)}{0,422} + \frac{\sin(3x)}{1,5} + \frac{\sin(5x)}{2,5} + \frac{\sin(7x)}{3,5} + \dots \right]$

Таблица 4.1 –

Вари- ант	Рисунок схемы	Параметры источника				$f_{\text{н}}(\omega)$	Параметры элементов $R[\text{Ом}], L[\text{мГн}], C[\text{мкФ}]$						
							Но м е р а в е т в е й						
		Тип	Форма	$F_{\text{м}}[\text{А, В}]$	$\omega_1 \left[\frac{1}{\text{с}} \right]$		1	2	3	4	5	6	7
044	4.1	тока	23	$J_{\text{м}}=1,9\text{А}$	1000	$i_{\text{н}}(\omega t)$	$R=24$	$R=12$	$R=12$	$L=2$	$R=24$	-	$L=2$

Дано: $j(\omega t) = f_{23}(\omega t) \approx \frac{F_{\text{м}}}{\pi} \left[\frac{\sin(\omega_1 t - 32,5^\circ)}{0,422} + \frac{\sin(3\omega_1 t)}{1,5} + \frac{\sin(5\omega_1 t)}{2,5} + \frac{\sin(7\omega_1 t)}{3,5} + \dots \right];$ $F_{\text{м}} = J_{\text{м}} = 1,9 \text{ А};$ $\omega_1 = 1000[1/\text{с}];$ $R_1 = R_5 = 24 \text{ Ом};$ $R_2 = R_3 = 12 \text{ Ом};$ $L_4 = L_7 = 2 \text{ мГн}.$

Найти: действующее и мгновенное значения $i_{\text{н}}(t).$

В соответствии с рис. 4.1 и табл. 4.1 заданная схема цепи приведена на рис. 4.1.

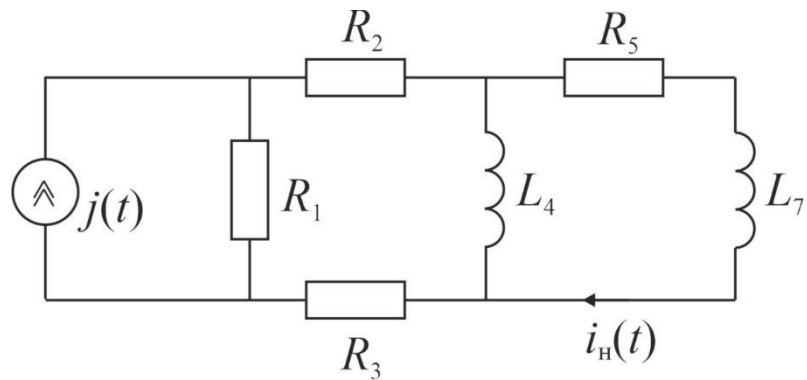


Рисунок 4.1 – Схема цепи

1. Составим схему замещения для цепи рис. 4.1 (см. рис. 4.2)

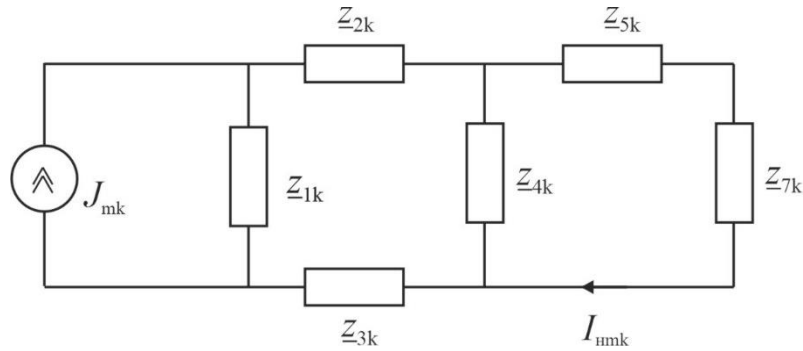


Рисунок 4.2 – Схема замещения

$$z_{1k} = z_{5k} = R_1 = 24 \text{ Ом}$$

$$z_{2k} = z_{3k} = R_2 = 12 \text{ Ом}$$

$k = 1, 3, 5, 7, 9$ – номера гармоник;

$$z_{4k} = jk\omega_1 L_4 = j2k, \text{ в векторной форме: } z_4(k) = (2j, 6j, 10j, 14j, 18j) \text{ [Ом];}$$

$$z_{7k} = jk\omega_1 L_7 = j2k, \text{ в векторной форме: } z_7(k) = (2j, 6j, 10j, 14j, 18j) \text{ [Ом];}$$

$$\underline{J}_{mk}, \text{ в векторной форме: } \underline{J}_m(k) = \frac{1,9}{\pi} \left(\frac{e^{-32,5^\circ j}}{0,422}, \frac{1}{1,5}, \frac{1}{2,5}, \frac{1}{3,5}, \frac{1}{4,5} \right) \\ = 0,604 \cdot (2,37e^{-32,5^\circ j}; 0,667; 0,4; 0,286; 0,222) [\text{А}];$$

Выведем формулу для искомого тока \underline{I}_{hmk} методом эквивалентных преобразований, последовательность которых показана на рис. 4.3 – рис. 4.5.

Заменяем источник тока на ЭДС

$$\underline{E}_{mk} = \underline{z}_{1k} \underline{J}_{mk} = 24 \underline{J}_{mk},$$

$$\text{в векторной форме: } \underline{E}_m(k) = 14,496 \cdot (2,37e^{-32,5^\circ j}; 0,667; 0,4; 0,286; 0,222) [\text{В}]$$

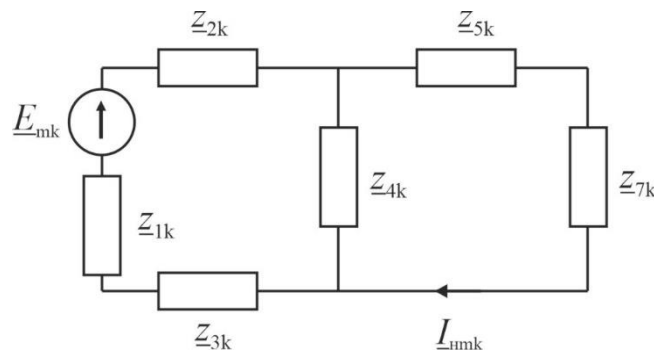


Рисунок 4.3

Последовательные $\underline{z}_{1k}, \underline{z}_{2k}, \underline{z}_{3k}$ заменяем одним \underline{z}_{123k} :

$$\underline{z}_{123k} = \underline{z}_{1k} + \underline{z}_{2k} + \underline{z}_{3k} = 24 + 12 + 12 = 48 \text{ [Ом]}$$

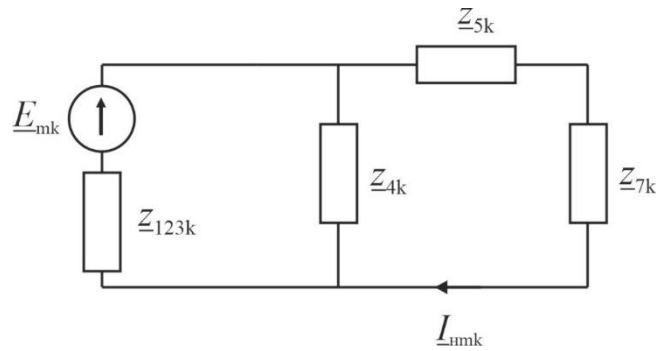


Рисунок 4.4

Параллельные $\underline{Z}_{123k}, \underline{Z}_{4k}$ заменяем одним $\underline{Z}_{\Delta k}$. ЭДС \underline{E}_{mk} заменяем на $\underline{E}_{\Delta mk}$.

$$\underline{Z}_{\Delta k} = \underline{Z}_{123k} \underline{Z}_{4k} / (\underline{Z}_{123k} + \underline{Z}_{4k}) = 48 \cdot j2k / (48 + j2k)$$

в векторной форме: $\underline{Z}_{\Delta}(k) =$

$$= (0,083 + 1,997j; 0,738 + 5,908j; 1,997 + 9,584j; 3,763 + 12,902j; 5,918 + 15,781j) [\Omega];$$

$$\underline{E}_{\Delta mk} = \underline{Z}_{\Delta k} \underline{E}_{mk} / \underline{Z}_{123k} = j2k \underline{E}_{mk} / (48 + j2k)$$

в векторной форме: $\underline{E}_{\Delta m}(k) =$

$$= (0,819 + 1,175j; 0,149 + 1,191j; 0,242 + 1,159j; 0,325 + 1,115j; 0,398 + 1,06j) [V].$$

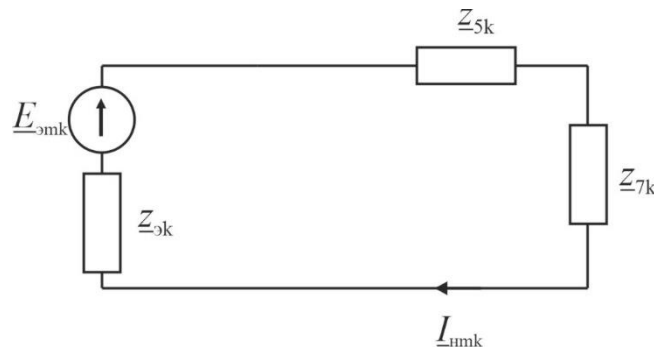


Рисунок 4.5

Гармоники искомого тока рассчитываем по формуле:

$$\underline{I}_{hmk} = \frac{\underline{E}_{\Delta mk}}{\underline{Z}_{\Delta k} + \underline{Z}_{5k} + \underline{Z}_{7k}},$$

в векторной форме:

$$\underline{I}_{hm}(k) = (0,041 + 0,042j; 0,024 + 0,037j; 0,027 + 0,024j; 0,026 + 0,015j; 0,023 + 0,009j) =$$

$$= (0,059e^{45,7^\circ j}; 0,044e^{57,2^\circ j}; 0,036e^{41,2^\circ j}; 0,030e^{29,6^\circ j}; 0,025e^{20,0^\circ j}) [A].$$

Рассчитаем действующее значение тока.

$$I_H = \sqrt{I_{Hm1}^2 + I_{Hm3}^2 + I_{Hm5}^2 + I_{Hm7}^2 + I_{Hm9}^2} = \\ = \sqrt{0,00174 + 0,00097 + 0,00065 + 0,00045 + 0,000315} \approx 0,064 \text{ [A]}.$$

Перейдем от комплексных амплитуд к мгновенным значениям:

Ответ: $i_H(t) = 0,059 \sin(1000t + 45,7^\circ) + 0,044 \sin(3000t + 57,2^\circ) +$
 $+ 0,036 \sin(5000t + 41,2^\circ) + 0,030 \sin(7000t + 29,6^\circ) + 0,025 \sin(9000t + 20,0^\circ) \text{ [A]},$
 $I_H = 0,064 \text{ [A]}.$