



Основы электротехники

Домашнее задание №4

Расчет цепей несинусоидального периодического тока

Группа *P3333*

Вариант *100*

Выполнил: *Рахматов Неъматджон*

Дата сдачи: *21.12.2024*

Контрольный срок сдачи: *18.12.2024*

Количество баллов:

СПб – 2024

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 $f_H(\omega t)$ (напряжение $u_H(t)$ или ток $i_H(t)$), указанной в таблице 4.1, используя первые пять слагаемых несинусоидального источника энергии.

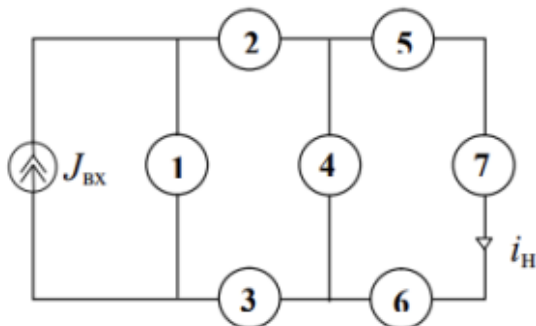


Рисунок 4.1

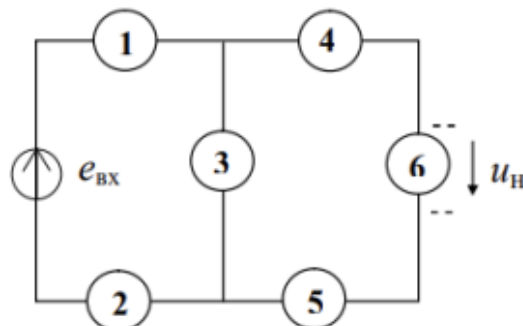


Рисунок 4.2

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

вариант 100

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 $x = \omega_1 \cdot t$
27	$f_{27} \approx \frac{F_M}{\pi} \left[\frac{\sin(x - 12^\circ)}{0,326} + \frac{\sin(3x)}{1} + \frac{\sin(5x)}{1,67} - \frac{\sin(7x)}{2,33} + \dots \right]$

Таблица 4.1 –

Вари- ант	Рисунок схемы	Параметры источника				$f_{\text{H}}(\omega)$	Параметры элементов $R[\text{Ом}], L[\text{мГн}], C[\text{мкФ}]$						
							Но м е р а в е т в е й						
		Тип	Форма	$F_{\text{М}}[A, B]$	$\omega_1 \left[\frac{1}{C} \right]$		1	2	3	4	5	6	7
100	4.1	тока	27	$J_{\text{М}}=1,4\text{А}$	2000	$i_{\text{H}}(\omega t)$	$R=28$	$L=5$	-	$C=10$	$L=5$	-	$R=28$

Дано: $j(\omega t) = f_{27}(\omega t) \approx \frac{F_M}{\pi} \left[\frac{\sin(x-12^\circ)}{0,326} + \frac{\sin(3x)}{1} + \frac{\sin(5x)}{1,67} - \frac{\sin(7x)}{2,33} + \dots \right]; F_M = J_M = 1,4 A; \omega_1 = 2000[1/c]; R_1 = R_7 = 28 \text{ Ом}; C_4 = 10 \text{ Ом}; L_2 = L_5 = 5 \text{ мГн}.$

Найти: действующее и мгновенное значения $i_H(t)$.

В соответствии с рис. 4.1 и табл. 4.1 заданная схема цепи приведена на рис. 4.2.

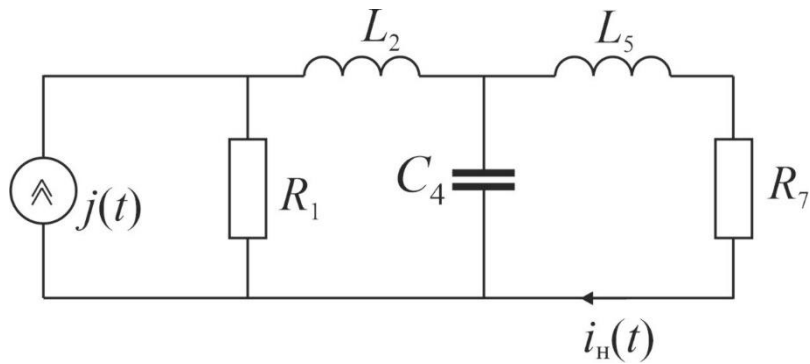


Рисунок 4.2 – Схема цепи

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

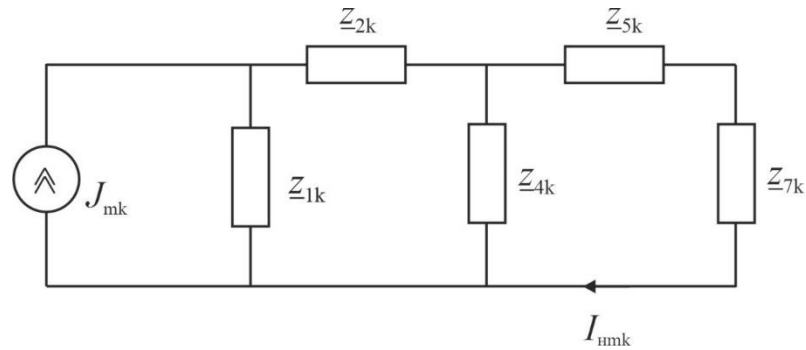


Рисунок 4.3 – Схема замещения

$$z_{1k} = z_{7k} = R = 28 \text{ Ом}$$

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

$$z_{2k} = z_{5k} = jk\omega_1 L_2, \text{ в векторной форме: } z_4(k) = (10j, 30j, 50j, 70j, 90j) [\text{Ом}];$$

$$z_{4k} = -jk/\omega_1 C_4 = j2k, \text{ в векторной форме: } z_4(k) = (-50j, -16,667j, -10j, -7,143j, -5,556) [\text{Ом}]$$

$$\underline{J}_{mk}, \quad \text{в векторной форме: } \underline{J}_m(k) = \frac{1,4}{\pi} \left(\frac{e^{-12^\circ j}}{0,422}, 1, \frac{5j}{3}, \frac{7j}{3}, \frac{9j}{3} \right) = 0,446 \cdot (3,067e^{-12^\circ j}; 1; 0,599; 0,429; 0,333) [\text{A}];$$

Выведем формулу для искомого тока \underline{I}_{hmk} методом эквивалентных преобразований, последовательность которых показана на рис. 4.4 – рис. 4.6.

Заменяем источник тока на ЭДС

$$\underline{E}_{mk} = z_{1k} \underline{J}_{mk} = 28 \underline{J}_{mk},$$

$$\text{в векторной форме: } \underline{E}_m(k) = 12,448 \cdot (3,067e^{-12^\circ j}; 1; 0,599; 0,429; 0,333) [\text{В}]$$

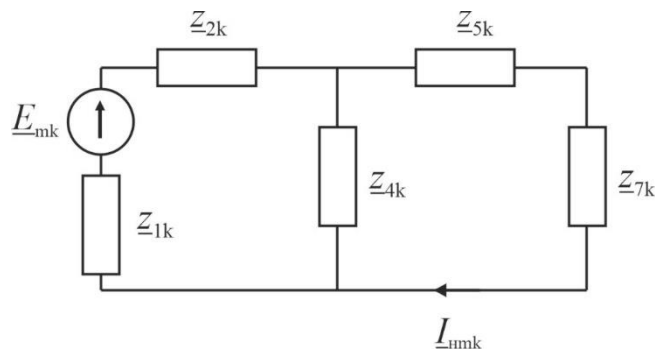


Рисунок 4.4

Последовательные $\underline{z}_{1k}, \underline{z}_{2k}$ заменяем одним \underline{z}_{12k} :

$$\underline{z}_{12k} = \underline{z}_{1k} + \underline{z}_{2k} = 28 + 10jk [\text{Ом}], \text{ или в векторной форме}$$

$$\underline{z}_{12}(k) = (28 + 10j; 28 + 30j; 28 + 50j; 28 + 70j; 28 + 90j) [\text{Ом}].$$

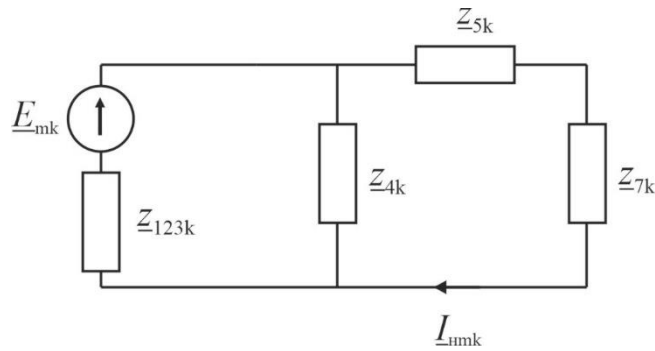


Рисунок 4.5

Параллельные Z_{12k}, Z_{4k} заменяем одним $Z_{\Delta k}$. ЭДС E_{mk} заменяем на $E_{\Delta mk}$.

$$Z_{\Delta k} = 1 / \left(\frac{1}{Z_{12k}} + \frac{1}{Z_{4k}} \right)$$

или в векторной форме: $\underline{z}_{\Delta}(k) =$
 $= (29,362 - 8,054j; 8,087 - 20,518j; 1,174 - 11,678j; 0,302 - 7,82j; 0,109 - 5,885j) [\text{Ом}];$

$$\underline{E}_{\Delta mk} = \underline{z}_{\Delta k} \underline{E}_{mk} / \underline{z}_{12k},$$

или в векторной форме: $\underline{E}_{\Delta m}(k) =$
 $= (26,735 - 28,662j; -2,883 - 6,054j; -1,254 - 0,878j; -0,508 - 0,226j; -0,247 - 0,082j) [\text{В}].$

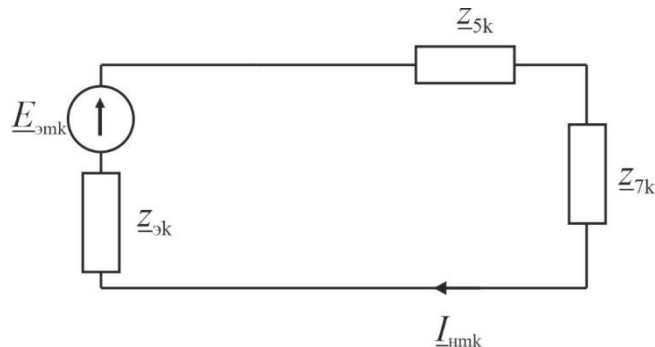


Рисунок 4.5

Гармоники искомого тока рассчитываем по формуле:

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

или в векторной форме:

$$\underline{I}_{nm}(k) = (0,449 - 0,515j; -0,116 - 0,137j; -0,03 + 0,01j; -0,006 + 0,005j; -0,002 + 0,002j) =$$

$$= (0,683e^{-48,9^\circ j}; 0,180e^{-130,2^\circ j}; 0,032e^{166,3^\circ j}; 0,008e^{138,5^\circ j}; 0,003e^{126,2^\circ j}) [\text{А}].$$

Рассчитаем действующее значение тока.

$$I_n = \sqrt{I_{nm1}^2 + I_{nm3}^2 + I_{nm5}^2 + I_{nm7}^2 + I_{nm9}^2} = \sqrt{0,233 + 0,016 + 0,001 + 0 + 0} \approx 0,5 [\text{А}].$$

Перейдем от комплексных амплитуд к мгновенным значениям:

Ответ: $i_H(t) = 0,683 \sin(2000t - 48,9^\circ) + 0,180 \sin(6000t - 130,2^\circ) + 0,032 \sin(10000t + 166,3^\circ) + 0,008 \sin(14000t + 138,5^\circ) + 0,003 \sin(18000t + 126,2^\circ)$ [A], $I_H = 0,5$ [A].