

Дано:

$$E_m = 90\text{В}; R_1 = 8\text{Ом};$$

$$\text{схема} - 2; \omega_1 = 1000 \frac{1}{\text{с}};$$

форма - 12;

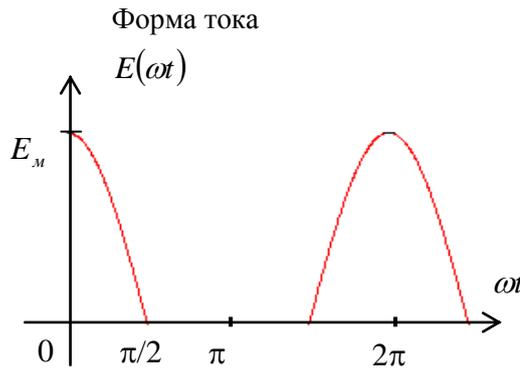
$$L_3 = L_6 = L = 10\text{мГн};$$

$$R_4 = 22\text{Ом}; R_5 = 18\text{Ом};$$

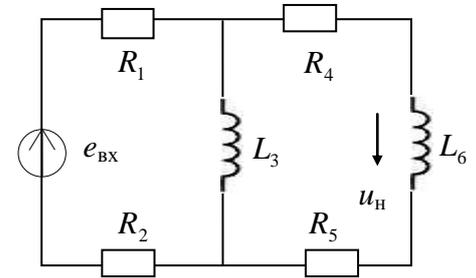
$$R_2 = 12\text{Ом};$$

$$u_n(\omega t), U_n - ?$$

Решение



Электрическая схема



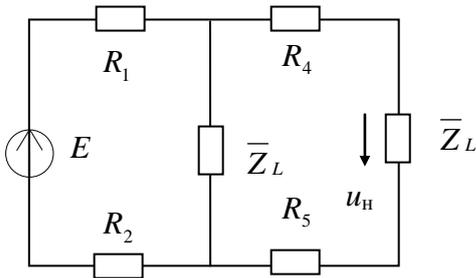
Разложение функции тока в ряд Фурье:

$$f_{12}(x) \approx \frac{F_M}{\pi} + 2F_M \left(\frac{1}{4} \cos x + \frac{1}{3\pi} \cos 2x - \frac{1}{15\pi} \cos 4x + \dots \right)$$

1) Представим функцию тока в виде $f(x) = A_0 + A_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + A_{2m} \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots + A_{km} \sin(k\omega t + \psi_k) + \dots$:

$$E = \frac{E_m}{\pi} + \frac{2E_m}{4} \sin(\omega t + 90^\circ) + \frac{2E_m}{3\pi} \sin(2\omega t + 90^\circ) + \frac{2E_m}{15\pi} \sin(4\omega t - 90^\circ) + \frac{2E_m}{45\pi} \sin(6\omega t - 90^\circ)$$

2) Для расчёта гармонических составляющих построим комплексную схему замещения и найдём функциональную зависимость e_n от E :



$\bar{Z}_{L3} = \bar{Z}_{L6} = \bar{Z}_L = j\omega L$; Эквивалентное сопротивление контура 4-6-5-3-4:

$$\bar{Z}_3 = \frac{\bar{Z}_L(R_4 + \bar{Z}_L + R_5)}{2\bar{Z}_L + R_4 + R_5}, \text{ тогда ток через цепь с эквивалентным сопротивлением}$$

будет равен $i = \frac{E}{\bar{Z}_3 + R_1 + R_2}$. Уравнение контура 3-4-6-3

$$i_n(R_4 + \bar{Z}_L + R_5) = i\bar{Z}_3 = \frac{\bar{E}\bar{Z}_3}{\bar{Z}_3 + R_1 + R_2} \Rightarrow i_n = \frac{\bar{E}\bar{Z}_3}{(\bar{Z}_3 + R_1 + R_2)(R_4 + \bar{Z}_L + R_5)} \Rightarrow u_n = \frac{\bar{E}\bar{Z}_3\bar{Z}_L}{(\bar{Z}_3 + R_1 + R_2)(R_4 + \bar{Z}_L + R_5)}$$

3) Рассчитаем u_n для каждой гармоники:

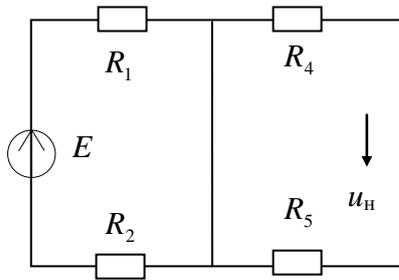
$$\omega_1 = \omega = 1000 \frac{1}{\text{с}}: E = \frac{E_m e^{90j}}{2} \text{В}, \bar{Z}_L = j\omega_1 L = 10j [\text{Ом}], \text{ тогда } \bar{U}_n = 4.2e^{-139j}, u_n = 4.2 \sin(1000t - 139^\circ)$$

$$\omega_2 = 2\omega = 2000 \frac{1}{\text{с}}: E = \frac{2E_m e^{j90}}{3\pi} \text{В}, \bar{Z}_L = j\omega_2 L = 20j [\text{Ом}], \text{ тогда } \bar{U}_n = 4.6e^{-166j}, u_n = 4.6 \sin(2000t - 166^\circ)$$

$$\omega_3 = 4\omega = 4000 \frac{1}{\text{с}}: E = \frac{2E_m e^{-90j}}{15\pi} \text{В}, \bar{Z}_L = j\omega_3 L = 40j [\text{Ом}], \text{ тогда } \bar{U}_n = 1.8e^{-14j}, u_n = 1.8 \sin(4000t - 14^\circ)$$

$$\omega_4 = 6\omega = 6000 \frac{1}{\text{с}}: E = \frac{2E_m e^{-90j}}{45\pi} \text{В}, \bar{Z}_L = j\omega_4 L = 60j [\text{Ом}], \text{ тогда } \bar{U}_n = 0.8e^{-30j}, u_n = 0.8 \sin(6000t - 30^\circ)$$

Для постоянной составляющей спектра источника ЭДС расчёт произведем, заменив при этом индуктивности перемычками.



Очевидно, в данной схеме на нагрузке нет напряжения – она перемычка.

Тогда функция напряжения нагрузки

$$u_n = 4.2 \sin(1000t - 139^\circ) + 4.6 \sin(2000t - 166^\circ) + 1.8 \sin(4000t - 14^\circ) + 0.8 \sin(6000t - 30^\circ)$$

Действующее значение напряжения будет определяться выражением

$$U_n = \sqrt{\left(\frac{4.2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{4.6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{1.8}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.8}{\sqrt{2}}\right)^2} = 4.6[B]$$