

гармоники вар 2

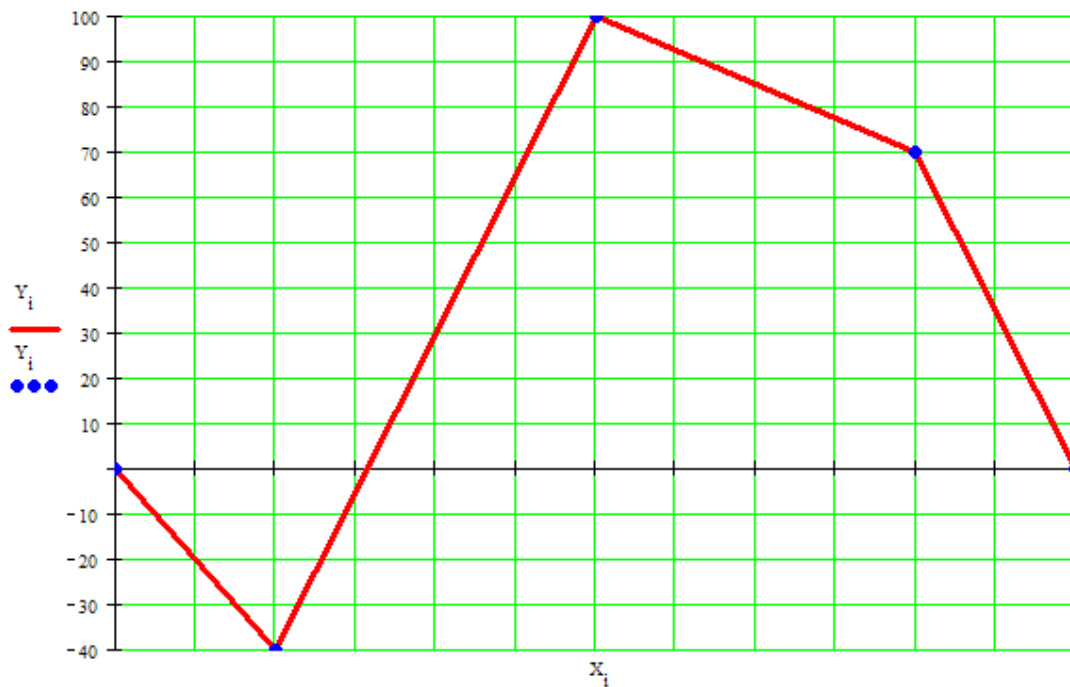
Определим коэффициенты ряда Фурье в единицах от  $U_m$ . Разбиваем полупериод на 12 интервалов

$$m := 24 \quad \frac{2\pi}{m} = \frac{\pi}{12} \quad \text{Ограничиваясь 1,3 и 5 гармоникой находим коэффициенты.}$$

Измерением на рисунке находим значение напряжений в единицах от  $U_m$

$$e_1 := -20 \quad e_2 := -40 \quad e_3 := -5 \quad e_4 := 30 \quad e_5 := 65 \quad e_6 := 100 \quad e_7 := 92.5 \quad e_8 := 85 \quad e_9 := 77.5$$

$$e_{10} := 70 \quad e_{11} := 35$$



$$A_1 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{12}\right) = \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{12}\right) \quad A_1 := \frac{1}{6} \cdot 345.03 \quad A_1 = 57.505$$

$$B_1 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \cos\left(n \cdot \frac{\pi}{12}\right) = \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{12}\right) \quad B_1 := \frac{1}{6} \cdot (-342.31) \quad B_1 = -57.052$$

$$U_{m1} := \sqrt{A_1^2 + B_1^2} \quad U_{m1} = 81 \quad \psi_1 = \arctg\left(\frac{B_1}{A_1}\right) \quad \psi_1 = -0.78 \text{ рад}$$

$$A_3 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \sin\left(3 \cdot n \cdot \frac{\pi}{12}\right) = \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{4}\right) \quad A_3 := \frac{1}{6} \cdot (-18.11) \quad A_3 = -3.018$$

$$B_3 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \cos\left(3 \cdot n \cdot \frac{\pi}{12}\right) = \frac{1}{6} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \pi}{4}\right) \quad B_3 := \frac{1}{6} \cdot (150.89) \quad B_3 = 25.148$$

$$U_{m3} := \sqrt{A_3^2 + B_3^2} \quad U_{m3} = 25.33 \quad \psi_3 = \arctg\left(\frac{B_3}{A_3}\right) \quad \psi_3 = 1.69 \text{ рад}$$

$$A_5 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \sin\left(5 \cdot n \cdot \frac{\pi}{12}\right) \quad A_5 := \frac{1}{6} \cdot (87.41) \quad A_5 = 14.568$$

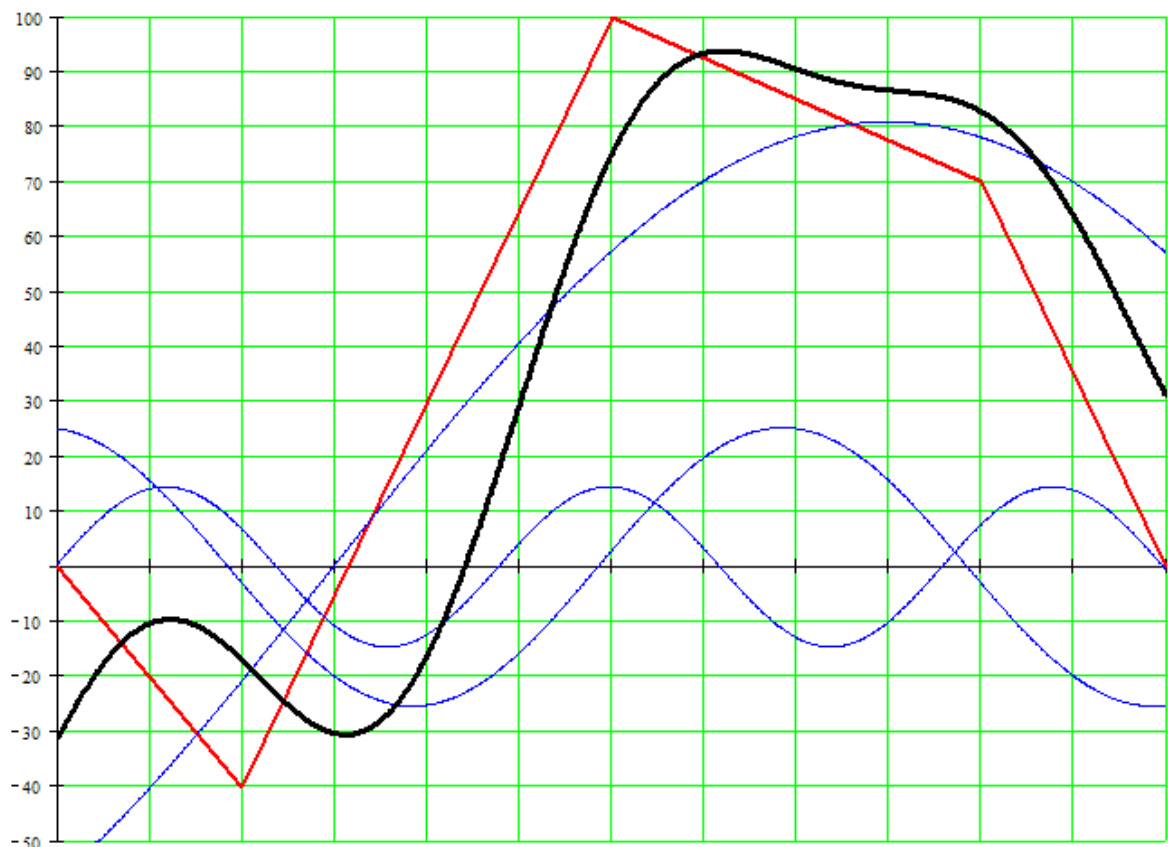
$$B_5 = \frac{2}{m} \cdot \sum_{n=1}^{12} e_n \cdot \cos\left(5 \cdot n \cdot \frac{\pi}{12}\right) \quad B_5 := \frac{1}{6} \cdot 3.34 \quad B_5 = 0.557$$

$$U_{m5} := \sqrt{A_5^2 + B_5^2} \quad U_{m5} = 14.58 \quad \psi_5 = \arctg\left(\frac{B_5}{A_5}\right) \quad \psi_5 = 0.04 \text{ рад}$$

комплекс  $U_{m1} := 81 \cdot e^{-0.78j} \quad U_{m3} := 25.33 \cdot e^{1.69j} \quad U_{m5} := 14.58 \cdot e^{0.04j}$

$$U(\omega t) := U_{m1} \cdot \sin(\omega t + \psi_1) + U_{m3} \cdot \sin(3 \cdot \omega t + \psi_3) + U_{m5} \cdot \sin(5 \cdot \omega t + \psi_5)$$

$$U(\omega t) = 81 \cdot \sin(\omega t - 0.78) + 23.33 \cdot \sin(3 \cdot \omega t + 1.69) + 14.58 \cdot \sin(5 \cdot \omega t + 0.04)$$



ЗАДАЧА 1 рис 12 таб 1

$$\omega := 1000 \frac{1}{\text{с}} \quad R_2 := 20 \quad \text{Ом}$$

$$L_1 := 0.015 \quad \text{Гн} \quad L_2 := 0.01 \quad \text{Гн} \quad C := 40 \cdot 10^{-6} \quad \text{Ф}$$

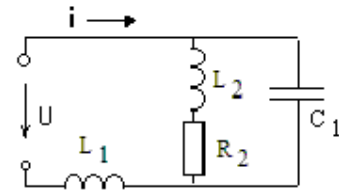


рис 12

РЕШЕНИЕ: Для приложенного напряжения находим гармонические составляющие и строим графики

1) Амплитуды гармоник

$$U_{m1} = 81 \quad \text{В} \quad U_{m3} = 25.33 \quad \text{В} \quad U_{m5} = 14.58 \quad \text{В}$$

1) действующее значение напряжения:

$$U := \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (U_{m1}^2 + U_{m3}^2 + U_{m5}^2)} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (81^2 + 25.33^2 + 14.58^2)} \quad U = 60.89 \quad \text{В}$$

2) Находим значение токов гармоник

2.1) первая гармоника  $U_{m1} = 81 \quad \text{В}$

Спротивление схемы

$$Z_1 := i \cdot \omega \cdot L_1 + \frac{(R_2 + i \cdot \omega \cdot L_2) \cdot \left(\frac{-i}{\omega \cdot C}\right)}{R_2 + i \cdot \omega \cdot L_2 - \frac{i}{\omega \cdot C}} = i \cdot 15 + \frac{(20 + i \cdot 10) \cdot \left(\frac{-i}{0.04}\right)}{20 + i \cdot 10 - \frac{i}{0.04}} = 20 + 5i = 20.62 \cdot e^{0.24i}$$

Крмплексная амплитуда тока первой гармоники  $I_{m1} := \frac{U_{m1}}{Z_1} = \frac{81 \cdot e^{-0.78j}}{20.62 \cdot e^{0.24i}}$

$$I_{m1} = 3.929 \cdot e^{-1.02i} \quad \text{А}$$

ток 1-й гармоники  $i_1(\omega t) := 3.929 \cdot \sin(\omega t - 1.02)$

2.2) третья гармоника  $U_{m3} = 25.33 \quad \text{В}$

Спротивление схемы

$$Z_3 := i \cdot 3 \cdot \omega \cdot L_1 + \frac{(R_2 + i \cdot \omega \cdot 3 \cdot L_2) \cdot \left(\frac{-i}{\omega \cdot 3 \cdot C}\right)}{R_2 + i \cdot \omega \cdot 3 \cdot L_2 - \frac{i}{\omega \cdot 3 \cdot C}} = i \cdot 15 \cdot 3 + \frac{(20 + i \cdot 10 \cdot 3) \cdot \left(\frac{-i}{0.04 \cdot 3}\right)}{20 + i \cdot 10 \cdot 3 - \frac{i}{0.04 \cdot 3}} = 1.6 + 34.94i = 34.97 \cdot e^{1.53i}$$

Крмплексная амплитуда тока третьей гармоники  $I_{m3} := \frac{U_{m3}}{Z_3} = \frac{25.33 \cdot e^{1.69j}}{34.97 \cdot e^{1.53i}}$

$$I_{m3} = 0.724 \cdot e^{0.16i} \quad \text{А}$$

ток 3-й гармоники  $i_3(\omega t) := 0.724 \cdot \sin(3 \cdot \omega t + 0.16)$

2.2) пятая гармоника  $U_{m5} = 14.58 \quad \text{В}$

Сопротивление схемы

$$Z_5 := i \cdot 5 \cdot \omega \cdot L_1 + \frac{(R_2 + i \cdot \omega \cdot 5 \cdot L_2) \cdot \left( \frac{-i}{\omega \cdot 5 \cdot C} \right)}{R_2 + i \cdot \omega \cdot 5 \cdot L_2 - \frac{i}{\omega \cdot 5 \cdot C}} = i \cdot 15 \cdot 5 + \frac{(20 + i \cdot 10 \cdot 5) \cdot \left( \frac{-i}{0.04 \cdot 5} \right)}{20 + i \cdot 10 \cdot 5 - \frac{i}{(0.04 \cdot 5)}} = 0.21 + 69.54i = 69.54 \cdot e^{1.57i}$$

Комплексная амплитуда тока пятой гармоники  $I_{m5} := \frac{U_{m5}}{Z_5} = \frac{14.58 \cdot e^{0.04j}}{69.54 \cdot e^{1.57i}}$

$I_{m5} = 0.21 \cdot e^{-1.53i}$  А ток 5-й гармоники  $i_5(\omega t) := 0.21 \cdot \sin(5 \cdot \omega t - 1.53)$

3) мгновенный ток на неразветвленном участке

$$i = I_0 + i_1(\omega t) + i_3(\omega t) + i_5(\omega t)$$

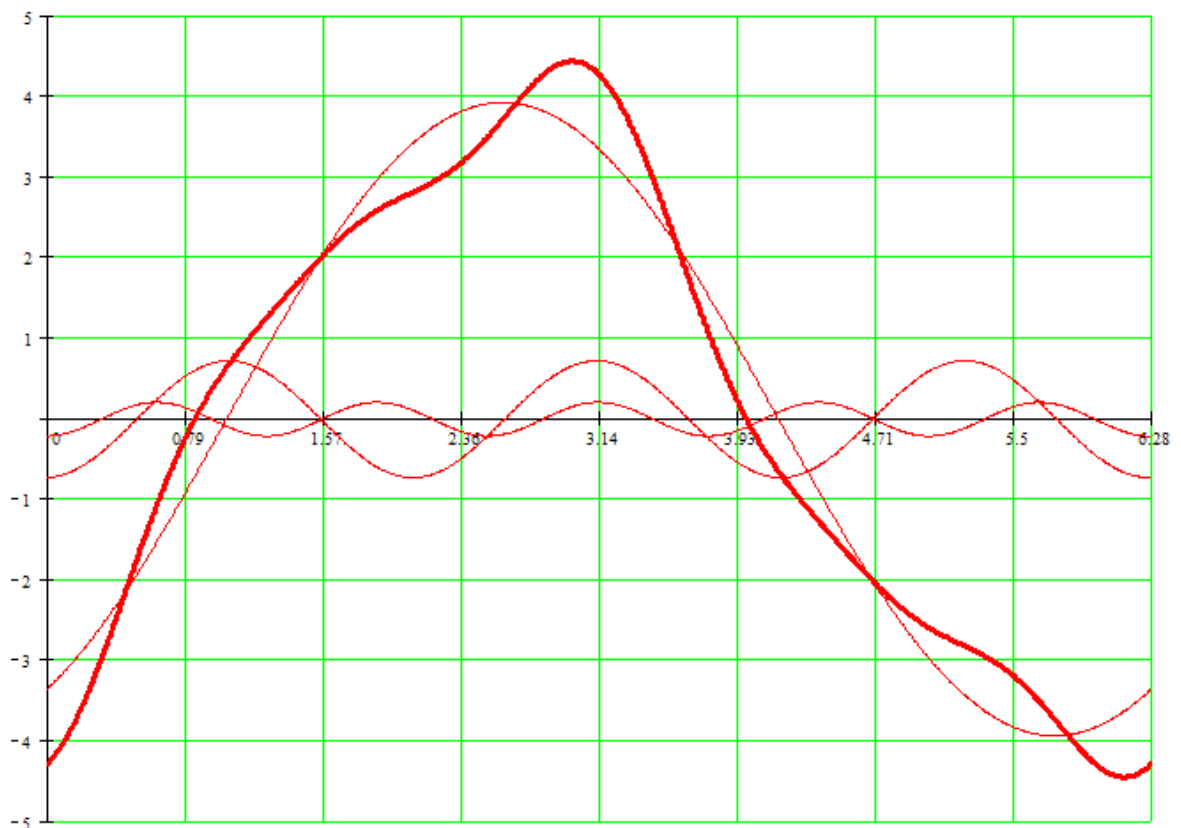
$$i(\omega t) = 3.929 \cdot \sin(\omega t - 1.02) + 0.724 \cdot \sin(3 \cdot \omega t + 0.16) + 0.21 \cdot \sin(5 \cdot \omega t - 1.53)$$

действующий ток  $I := \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (I_{m1}^2 + I_{m3}^2 + I_{m5}^2)}$

При  $I_{m1} = 3.929$  А  $I_{m3} = 0.724$  А  $I_{m5} = 0.21$  А

Вычисляем  $I := \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (3.929^2 + 0.724^2 + 0.21^2)}$   $I = 2.829$  А

Строим графики гармоник и результирующего тока



активная мощность цепи  $P := \frac{U_{m1} \cdot I_{m1}}{2} \cdot \cos(\phi_1) + \frac{U_{m3} \cdot I_{m3}}{2} \cdot \cos(\phi_3) + \frac{U_{m5} \cdot I_{m5}}{2} \cdot \cos(\phi_5)$

$$= \frac{81 \cdot 3.929}{2} \cdot \cos(-0.24) + \frac{25.33 \cdot 0.724}{2} \cdot \cos(-1.53) + \frac{14.58 \cdot 0.21}{2} \cdot \cos(-1.57) \quad P = 154.81 \text{ Вт}$$

Реактивная мощность цепи  $Q := \frac{U_{m1} \cdot I_{m1}}{2} \cdot \sin(\phi_1) + \frac{U_{m3} \cdot I_{m3}}{2} \cdot \sin(\phi_3) + \frac{U_{m5} \cdot I_{m5}}{2} \cdot \sin(\phi_5)$

$$= \frac{81 \cdot 3.929}{2} \cdot \sin(-0.24) + \frac{25.33 \cdot 0.724}{2} \cdot \sin(-1.53) + \frac{14.58 \cdot 0.21}{2} \cdot \sin(-1.57) \quad Q = -49.29 \text{ Вар}$$

полная мощность цепи  $S := I \cdot U = 60.89 \cdot 2.829 = 172.26 \text{ В} \cdot \text{А}$