

Вариант №13

1. Исходные данные:

$$R_1 = 5(\text{Ом})$$
$$U_0 = 40(\text{В}) \quad x_{c2(1)} = 45(\text{Ом})$$
$$U_{(1)} = 100(\text{В}) \quad \psi_1 = 0 \quad x_{L1(1)} = 10(\text{Ом})$$
$$U_{(2)} = 80(\text{В}) \quad \psi_2 = -30^\circ \quad x_{L2(1)} = 8.75(\text{Ом})$$
$$x_{L3(1)} = 5(\text{Ом})$$

$$u(t) = U_0 + U_{(1)}\sqrt{2}\sin(\omega t + \psi_1) + U_{(2)}\sqrt{2}\sin(2\omega t + \psi_2)$$

Для расчета мгновенных значений токов и входного напряжения произведем расчет под действием каждой гармоники отдельно

1. Для постоянной составляющей ЭДС $U(\omega t)$:

$$I_{1(0)} = \frac{U_0}{R_1} = 8(\text{ВТ})$$

$$I_{2(0)} = I_{1(0)} = 8(\text{ВТ}) \quad I_{3(0)} = 0 \quad P_0 = U_0 I_{1(0)} = 320(\text{ВТ})$$

2. Расчет цепи при действии первой гармоники

значение Э.Д.С. и сопротивлений в комплексной форме для первой гармоники:

$$U_{(1)} = |U_{(1)}| e^{j\psi_1} = 100 \quad |U_{(1)}| = 100 \quad \angle[U_{(1)}] = 0^\circ$$

эквивалентное сопротивление всей цепи для первой гармоники:

$$z_{\Sigma(1)} = R_1 + j x_{L1} + \frac{j x_{L2(1)} j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}]}{j x_{L2(1)} + j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}]} = 5 + 21.2j \quad |z_{\Sigma(1)}| = 21.78164 \quad \angle[z_{\Sigma(1)}] = 76.72936^\circ$$

Используя закон Ома, определим входной ток, а остальные токи найдем по правилу чужого сопротивления

$$I_{1(1)} = \frac{U_{(1)}}{z_{\Sigma(1)}} = 1.05387 - 4.46843j \quad |I_{1(1)}| = 4.59102 \quad \angle[I_{1(1)}] = -76.72936^\circ$$

$$I_{2(1)} = I_{1(1)} \frac{j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}]}{j x_{L2(1)} + j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}]} = 1.34896 - 5.71959j \quad |I_{2(1)}| = 5.87651 \quad \angle[I_{2(1)}] = -76.72936^\circ$$

$$I_{3(1)} = I_{1(1)} \frac{j x_{L2(1)}}{j x_{L2(1)} + j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}]} = -0.29508 + 1.25116j \quad |I_{3(1)}| = 1.28549 \quad \angle[I_{3(1)}] = 103.27064^\circ$$

Баланс мощностей для первой гармоники:

Полная мощность генератора для первой гармоники:

$$S_1 = U_{(1)} \overline{I_{1(1)}} = (105.3874 + 446.84259j)(\text{ВА})$$

Потребляемая активная мощность для первой гармоники:

$$P_1 = [|I_{1(1)}|]^2 R_1 = 105.3874(\text{ВТ}) \quad P_1 = 105.3874(\text{ВТ})$$

Реактивная мощность ветвей цепи для первой гармоники:

$$Q_1 = (|I_{3(1)}|)^2 j [x_{L3(1)} - x_{c2(1)}] + (|I_{2(1)}|)^2 j x_{L2(1)} + (|I_{1(1)}|)^2 j x_{L1} = 446.84259j \text{ ВАр}$$

2. Расчет цепи при действии второй гармоники

значение Э.Д.С. и сопротивлений в комплексной форме для второй гармоники:

$$U_{(2)} = |U_{(2)}| e^{j\psi_2} = 69.28203 - 40j \quad |U_{(2)}| = 80 \quad \angle[U_{(2)}] = -30^\circ$$

$$x_{c2(2)} = \frac{x_{c2(1)}}{2} = 22.5(\text{Ом})$$

$$x_{L1(2)} = 2x_{L1(1)} = 20(\text{Ом})$$

$$x_{L2(2)} = 2x_{L2(1)} = 17.5(\text{Ом})$$

$$x_{L3(2)} = 2x_{L3(1)} = 10(\text{Ом})$$

эквивалентное сопротивление всей цепи для второй гармоники:

$$z_{\Sigma(2)} = R_1 + jx_{L12} + \frac{jx_{L2(2)}j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}]}{jx_{L2(2)} + j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}]} = 5 - 23.75j \quad |z_{\Sigma(2)}| = 24.27061 \quad \angle[z_{\Sigma(2)}] = -78.11134^\circ$$

Используя закон Ома, определим входной ток, а остальные токи найдем по правилу чужого сопротивления:

$$I_{1(2)} = \frac{U_{(2)}}{z_{\Sigma(2)}} = 2.2008 + 2.45381j \quad |I_{1(2)}| = 3.29617 \quad \angle[I_{1(2)}] = 48.11134^\circ$$

$$I_{2(2)} = I_{1(2)} \frac{j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}]}{jx_{L2(2)} + j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}]} = -5.50201 - 6.13453j \quad |I_{2(2)}| = 8.24042 \quad \angle[I_{2(2)}] = -131.88866^\circ$$

$$I_{3(2)} = I_{1(2)} \frac{jx_{L2(2)}}{jx_{L2(2)} + j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}]} = 7.70281 + 8.58834j \quad |I_{3(2)}| = 11.53659 \quad \angle[I_{3(2)}] = 48.11134^\circ$$

Баланс мощностей для второй гармоники:

Полная мощность генератора для второй гармоники:

$$S_2 = U_{(2)} \overline{I_{12}} = (54.32361 - 258.03714j)(\text{ВА})$$

Потребляемая активная мощность для второй гармоники:

$$P_2 = [|I_{1(2)}|]^2 R_1 = 54.32361(\text{Вт}) \quad P_2 = 54.32361(\text{Вт})$$

Реактивная мощность ветвей цепи для второй гармоники:

$$Q_2 = (|I_{3(2)}|)^2 j[x_{L3(2)} - x_{c2(2)}] + (|I_{2(2)}|)^2 jx_{L2(2)} + (|I_{1(2)}|)^2 jx_{L12} = -258.03714j \text{ ВАр}$$

4. Для определения действующего значения несинусоидального тока извлечем корень из суммы квадратов действующих значений гармоник

$$I_1 = \sqrt{[I_{1(1)}]^2 + [I_{1(2)}]^2 + [I_{1(0)}]^2} = 9.79501(\text{A})$$

$$I_2 = \sqrt{[I_{2(1)}]^2 + [I_{2(2)}]^2 + [I_{2(0)}]^2} = 12.90108(\text{A})$$

$$I_3 = \sqrt{[I_{3(1)}]^2 + [I_{3(2)}]^2 + [I_{3(0)}]^2} = 11.60798(\text{A})$$

Показания амперметров электромагнитной системы будут равны действующему значению несинусоидального тока :

$$A_1 = I_1 = 9.79501(\text{A})$$

$$A_2 = I_2 = 12.90108(\text{A})$$

$$A_3 = I_3 = 11.60798(\text{A})$$

Показание вольтметра электромагнитной системы:

$$V = \sqrt{[x_{L2(1)} I_{2(1)}]^2 + [x_{L2(2)} I_{2(2)}]^2} = 153.10034(\text{B})$$

Баланс активных мощностей цепи

Активная мощность генератора

$$P_{\Gamma} = U_0 I_{1(0)} + |U_1| |I_{11}| \cos(\angle(U_1) - \angle(I_{11})) + |U_2| |I_{12}| \cos(\angle(U_2) - \angle(I_{12})) = 479.71101(\text{Bт})$$

Показание ваттметра электромагнитной системы:

$$W = P_{\Gamma} = 479.711 \text{ W} = 479.71101(\text{Bт})$$

Активная мощность приемника

$$P_{\text{пр}} = P_1 + P_2 + P_0 = 479.71101(\text{Bт})$$