Задача № 19

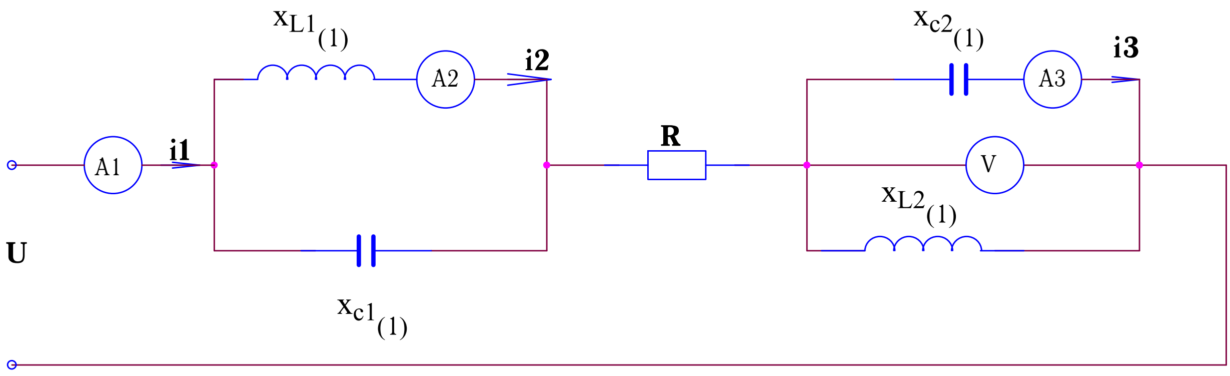
1.1. Исходные данные:

$R = 15 \quad x_{L1_{(1)}} = 5 \quad x_{c1_{(1)}} = 20 \quad x_{L2_{(1)}} = 5 \quad x_{c2_{(1)}} = 45$

$U_0 = 150 \quad U_1 = 200 \quad U_3 = 90 \quad \psi_1 = 20° \quad \psi_3 = 0°$

$$U(\omega t) = U_0 + \sqrt{2}U_1 \sin(\omega t + \psi_1) + \sqrt{2}U_3 \sin(3\omega t + \psi_3)$$

$$U(\omega t) = 127\sin(3\omega t) + 283\sin(20deg + \omega t) + 150$$



Для расчета действующих значений токов во всех ветвях и напряжений на всех элементах произведем расчет под действием каждой гармоники отдельно

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

$I_{1_{(0)}} = \dfrac{U_0}{R} \qquad I_{1_{(0)}} = 10$

$I_{2_{(0)}} = I_{1_{(0)}} \qquad I_{2_{(0)}} = 10$

$I_{3_{(0)}} = 0$

2. Расчет цепи при действии первой гармоники

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

$U_1 = |U_1| e^{j\psi_1} \qquad U_1 = 187.939 + 68.404j \qquad |U_1| = 200 \qquad \angle(U_1) = 20°$

эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$z_{э_{(1)}} = \frac{j x_{L1_{(1)}}\left[-j x_{c1_{(1)}}\right]}{j x_{L1_{(1)}} - j x_{c1_{(1)}}} + \frac{j x_{L2_{(1)}}\left[-j x_{c2_{(1)}}\right]}{j x_{L2_{(1)}} - j x_{c2_{(1)}}} + R \qquad \left|z_{э_{(1)}}\right| = 19.393 \qquad \angle\left[z_{э_{(1)}}\right] = 39.333°$$

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

$$I_{1_{(1)}} = \frac{U_1}{z_{э_{(1)}}} \qquad \left|I_{1_{(1)}}\right| = 10.313 \qquad \angle\left[I_{1_{(1)}}\right] = -19.333°$$

$$I_{2_{(1)}} = I_{1_{(1)}} \frac{-j x_{c1_{(1)}}}{x_{L1_{(1)}} - x_{c1_{(1)}}} \qquad \left|I_{2_{(1)}}\right| = 13.751 \qquad \angle\left[I_{2_{(1)}}\right] = 70.667°$$

$$I_{3_{(1)}} = I_{1_{(1)}} \frac{x_{L2_{(1)}}}{x_{L2_{(1)}} - x_{c2_{(1)}}} \qquad \left|I_{3_{(1)}}\right| = 1.289 \qquad \angle\left[I_{3_{(1)}}\right] = 160.667°$$

3. Расчет цепи при действии третьей гармоники

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

$$U_3 = \left|U_3\right| e^{j\psi_3} \qquad U_3 = 90 \qquad \left|U_3\right| = 90 \qquad \angle\left(U_3\right) = 0°$$

$$x_{c1_{(3)}} = \frac{x_{c1_{(1)}}}{3} \qquad x_{c1_{(3)}} = 6.667(\text{Ом})$$

$$x_{c2_{(3)}} = \frac{x_{c2_{(1)}}}{3} \qquad x_{c2_{(3)}} = 15(\text{Ом})$$

$$x_{L1_{(3)}} = 3\,x_{L1_{(1)}} \qquad x_{L1_{(3)}} = 15(\text{Ом})$$

$$x_{L2_{(3)}} = 3\,x_{L2_{(1)}} \qquad x_{L2_{(3)}} = 15(\text{Ом})$$

эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$\frac{j\,x_{L2_{(3)}}\left[-j\,x_{c2_{(3)}}\right]}{j\,x_{L2_{(3)}} - j\,x_{c2_{(3)}}} = \infty$$ резонас токов

$$z_{э_{(3)}} = \infty$$

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

$$I_{1_{(3)}} = 0$$

$$I_{2_{(3)}} = 0$$

$$I_{3_{(3)}} = \frac{U_3}{-j\,x_{c2_{(3)}}} \qquad \left|I_{3_{(3)}}\right| = 6 \qquad \angle\left[I_{3_{(3)}}\right] = 90°$$

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

$$I_{1.} = \sqrt{\left(I_{1_0}\right)^2 + \left[\left[\left|I_{1_{(1)}}\right|\right]^2 + \left[\left|I_{1_{(3)}}\right|\right]^2\right]} \qquad I_{1.} = 14.365$$

$$I_{2.} = \sqrt{\left(I_{2_0}\right)^2 + \left[\left|I_{2_{(1)}}\right|\right]^2 + \left[\left|I_{2_{(3)}}\right|\right]^2} \qquad I_{2.} = 17.002$$

$$I_{3.} = \sqrt{\left(I_{3_0}\right)^2 + \left[\left[\left|I_{3_{(1)}}\right|\right]^2 + \left[\left|I_{3_{(3)}}\right|\right]^2\right]} \qquad I_{3.} = 6.137$$

показание вольтмера:

$$V = \sqrt{\left[\left|x_{c2_{(1)}} I_{3_{(1)}}\right|\right]^2 + \left[\left|x_{c2_{(3)}} I_{3_{(3)}}\right|\right]^2} \qquad V = 107.076$$

Активная мощность генератора

$$P_г = \left|\left|U_0\right|\right| \left|I_{1_0}\right| + \left|\left|U_1\right|\right| \left|I_{1_1}\right| \cos\left(\angle\left(U_1\right) - \angle\left(I_{1_1}\right)\right) \qquad P_г = 3.095 \times 10^3(\text{Вт})$$

Показание ваттметра электромагнитной системы:

$$W = P_г \qquad W = 3.095 \times 10^3(\text{Вт})$$