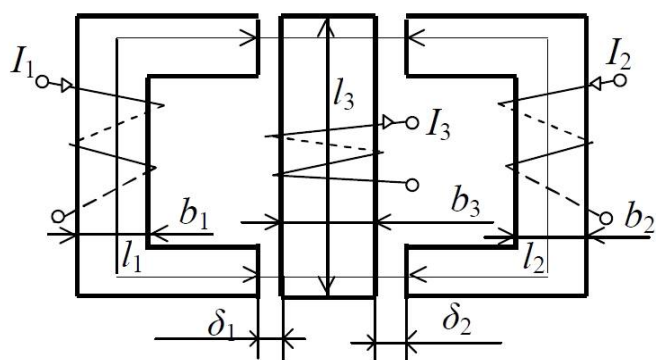


## 6. АНАЛИЗ РЕЖИМА ЛИНЕЙНЫХ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ



Магнитная цепь с намагничивающими обмотками

$$\mu_r = 500$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$$

$$l_1 = 100 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$l_2 = 80 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$l_3 = 60 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$b_1 = 10 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$b_2 = 10 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$b_3 = 20 \cdot 10^{-3} \quad \text{м}$$

$$S_1 = 200 \cdot 10^6 \quad \text{м}^2$$

$$S_2 = 200 \cdot 10^6 \quad \text{м}^2$$

$$S_3 = 400 \cdot 10^6 \quad \text{м}^2$$

$$Iw_1 = 800 \quad \text{А}$$

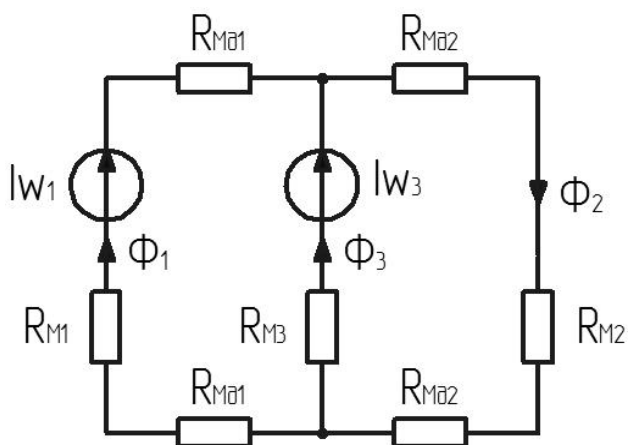
$$Iw_2 = 0 \quad \text{А}$$

$$Iw_3 = 400 \quad \text{А}$$

$$\delta_1 = 5 \cdot 10^{-3} \quad \text{мм}$$

$$\delta_2 = 3 \cdot 10^{-3} \quad \text{мм}$$

Составим схему замещения магнитной цепи



Рассчитаем полные средние длины пути магнитных линий в каждой ветви

$$L_1 = l_1 + 2 \cdot \frac{b_3}{2} = 100 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.12 \quad \text{м}$$

$$L_2 = l_2 + 2 \cdot \frac{b_3}{2} = 80 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.1 \quad \text{м}$$

$$L_3 = l_3 - 2 \cdot \frac{b_1 + b_2}{4} = 60 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot \frac{10 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 10^{-3}}{4} = 0.05 \quad \text{м}$$

Рассчитаем магнитные сопротивления в стержнях и воздушных зазорах

$$R_{m1} = \frac{L_1}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S_1} = \frac{0.12}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 200 \cdot 10^6} = 9.549 \times 10^{-7} \quad \text{Гн}^{-1}$$

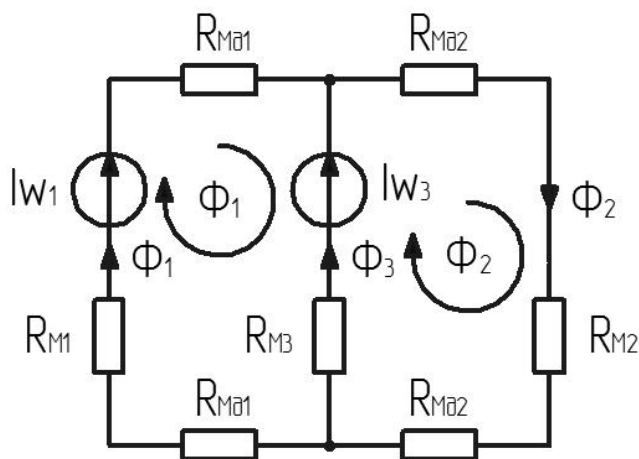
$$R_{m2} = \frac{L_2}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S_2} = \frac{0.1}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 200 \cdot 10^6} = 7.958 \times 10^{-7} \quad \Gamma_{\text{H}}^{-1}$$

$$R_{m3} = \frac{L_3}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S_3} = \frac{0.05}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot 400 \cdot 10^6} = 1.989 \times 10^{-7} \quad \Gamma_{\text{H}}^{-1}$$

$$R_{m\delta 1} = \frac{\delta_1}{\mu_0 \cdot S_1} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 200 \cdot 10^6} = 1.989 \times 10^{-5} \quad \Gamma_{\text{H}}^{-1}$$

$$R_{m\delta 2} = \frac{\delta_2}{\mu_0 \cdot S_2} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 200 \cdot 10^6} = 1.194 \times 10^{-5} \quad \Gamma_{\text{H}}^{-1}$$

Определим магнитные потоки в ветвях схемы методом контурных магнитных потоков



Составим систему уравнений

$$\Phi_1 \cdot (R_{m1} + R_{m3} + 2R_{m\delta 1}) - \Phi_2 \cdot R_{m3} = I_{w1} - I_{w3}$$

$$-\Phi_1 \cdot R_{m3} + \Phi_2 \cdot (R_{m2} + R_{m3} + 2R_{m\delta 2}) = I_{w3}$$

Решим систему

$$\Phi_2 = \frac{I_{w3} - I_{w1}}{R_{m3}} + \Phi_1 \cdot \frac{(R_{m1} + R_{m3} + 2R_{m\delta 1})}{R_{m3}}$$

$$-\Phi_1 \cdot R_{m3} + \left[ \frac{I_{w3} - I_{w1}}{R_{m3}} + \Phi_1 \cdot \frac{(R_{m1} + R_{m3} + 2R_{m\delta 1})}{R_{m3}} \right] \cdot (R_{m2} + R_{m3} + 2R_{m\delta 2}) = I_{w3}$$

$$\Phi_1 = \frac{I_{w3} + \frac{I_{w1} - I_{w3}}{R_{m3}} \cdot (R_{m2} + R_{m3} + 2R_{m\delta 2})}{\frac{(R_{m1} + R_{m3} + 2R_{m\delta 1})}{R_{m3}} \cdot (R_{m2} + R_{m3} + 2R_{m\delta 2}) - R_{m3}}$$

$$\Phi_1 = \frac{400 + \frac{800 - 400}{1.989 \times 10^{-7}} \cdot (7.958 \times 10^{-7} + 1.989 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.194 \times 10^{-5})}{\frac{9.549 \times 10^{-7} + 1.989 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.989 \times 10^{-5}}{1.989 \times 10^{-7}} \cdot (7.958 \times 10^{-7} + 1.989 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.194 \times 10^{-5}) - 1.989 \times 10^{-7}} = 9.848 \times 10^6$$

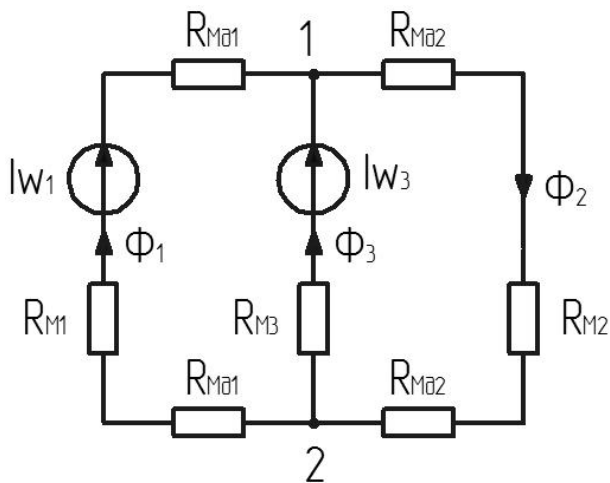
$$\Phi_1 = 9.848 \times 10^6 \quad \text{Вб}$$

$$\Phi_2 = \frac{I_{w3} - I_{w1}}{R_{m3}} + \Phi_1 \cdot \frac{(R_{m1} + R_{m3} + 2R_{m\delta1})}{R_{m3}} = \frac{400 - 800}{1.989 \times 10^{-7}} + 9.848 \times 10^6 \cdot \frac{9.549 \times 10^{-7} + 1.989 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.989 \times 10^{-5}}{1.989 \times 10^{-7}} = 1.616 \times 10^7$$

$$\Phi_2 = 1.616 \times 10^7 \quad \text{Вб}$$

$$\Phi_3 = \Phi_2 - \Phi_1 = 1.616 \times 10^7 - 9.848 \times 10^6 = 6.315 \times 10^6 \quad \text{Вб}$$

Повторим расчет методом двух узлов



$$\varphi_{m1} = 0 \quad \text{А}$$

$$\varphi_{m2} = \frac{\frac{I_{w1}}{R_{m1} + 2R_{m\delta1}} + \frac{I_{w3}}{R_{m3}}}{\frac{1}{R_{m1} + 2R_{m\delta1}} + \frac{1}{R_{m2} + 2R_{m\delta2}} + \frac{1}{R_{m3}}} = \frac{\frac{800}{9.549 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.989 \times 10^{-5}} + \frac{400}{1.989 \times 10^{-7}}}{\frac{1}{9.549 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.989 \times 10^{-5}} + \frac{1}{7.958 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.194 \times 10^{-5}} + \frac{1}{1.989 \times 10^{-7}}}$$

$$\varphi_{m2} = 398.744 \quad \text{А}$$

Магнитные потоки ветвей

$$\Phi_1 = \frac{Iw_1 - \varphi_{m2}}{R_{m1} + 2R_{m\delta 1}} = \frac{800 - 398.744}{9.549 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.989 \times 10^{-5}} = 9.848 \times 10^6 \quad \text{Вб}$$

$$\Phi_2 = \frac{\varphi_{m2}}{R_{m2} + 2R_{m\delta 2}} = \frac{398.744}{7.958 \times 10^{-7} + 2 \cdot 1.194 \times 10^{-5}} = 1.616 \times 10^7 \quad \text{Вб}$$

$$\Phi_3 = \frac{Iw_3 - \varphi_{m2}}{R_{m3}} = \frac{400 - 398.744}{1.989 \times 10^{-7}} = 6.315 \times 10^6 \quad \text{Вб}$$

Результаты совпали