

ТОЭ – часть 2

практическое занятие 8

Расчет магнитных цепей

Магнитопроводы из ферромагнитных материалов образуют магнитные цепи, которые предназначены для **концентрации** и **усиления** магнитных потоков **Φ** .

Для расчета магнитных цепей используются законы **Кирхгофа**.

1. Первый закон Кирхгофа:

Для любого **узла** магнитной цепи алгебраическая **сумма** магнитных потоков Φ_k равна **нулю**, причем магнитные потоки выходящие из узла берутся со знаком **плюс** (“+”), а входящие в узел – со знаком **минус** (“-”).

2. Второй закон Кирхгофа:

Для любого **контура** магнитной цепи алгебраическая сумма намагничивающих сил ($I_k w_k$) равна алгебраической сумме **магнитных напряжений** ($H_k l_k$), причем со знаком **плюс** (+) записываются те слагаемые, **положительные** направления которых совпадают с направлением **обхода** контура.

Задача 1

Дано:

$\Phi=1$ (мВб); $\delta=1,256$ (мм); $l=0,5$ (м);

$I=10$ (А); $w_1=1000$ (вит.); $w_2=500$ (вит.);

$H=aB^2=800B^2$, (А/м) – кривая $B(H)$.

Определить:

$S=?$ (см²)

Неразветвленная магнитная
цепь с двумя
намагничивающими силами.

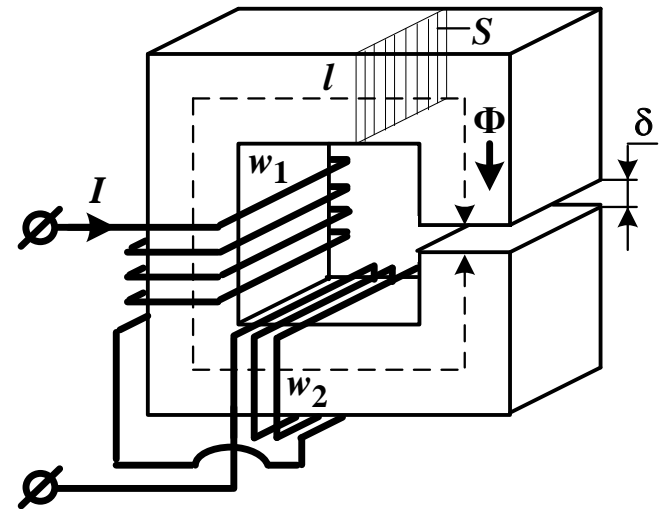
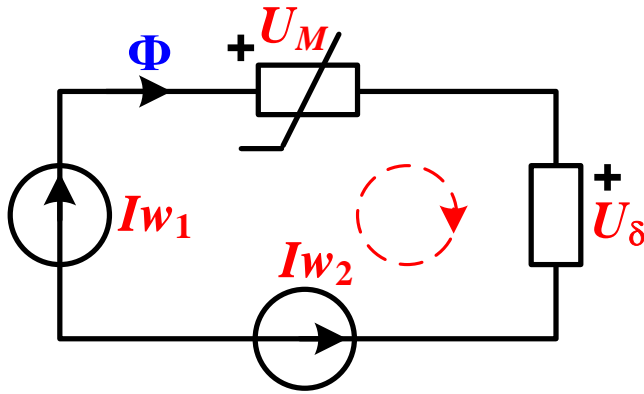


Схема замещения магнитной цепи:



Направления н.с. Iw_1 и Iw_2 указаны согласно правилу «буравчика».

По 2-му закону Кирхгофа при

$B = \Phi/S$; $H = aB^2$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м); $\delta = 1,256 \cdot 10^{-3}$ (м):

$Iw_1 - Iw_2 = U_M + U_\delta = Hl + B\delta/\mu_0 = al\Phi^2/S^2 + \Phi\delta/\mu_0 S$, тогда

$$S^2 - \frac{\Phi\delta}{\mu_0(Iw_1 - Iw_2)} S - \frac{al\Phi^2}{(Iw_1 - Iw_2)} = S^2 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot S - 8 \cdot 10^{-8} = 0.$$

В результате: $S = 10^{-4} \pm 3 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^2\text{)} > 0.$

Ответ: $S = 4 \text{ (см}^2\text{)}.$

Задача 2

Дано: постоянный магнит;

$\delta=1,256$ (мм); $l=0,5$ (м);

$H = -b + aB^2 = -1000 + 1000B^2$, (А/м) – кривая $B(H)$.

Определить:

$B=?$ (Тл) ($B>0$)

Неразветвленная магнитная
цепь без
намагничивающих сил.

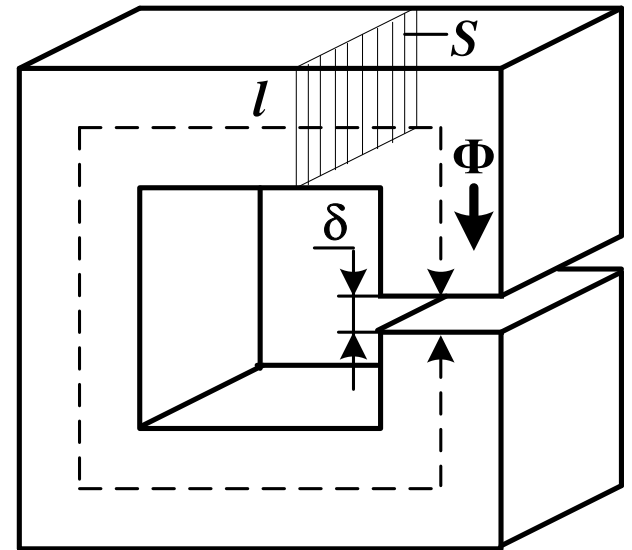
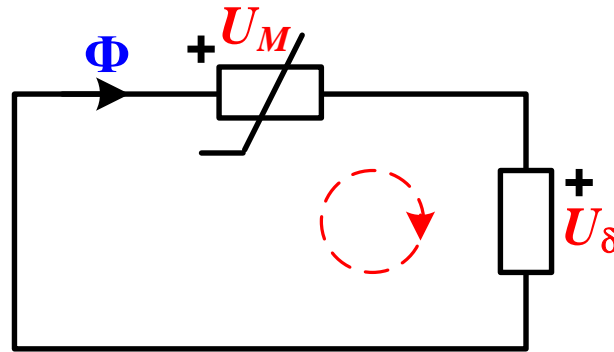


Схема замещения магнитной цепи:



По 2-му закону Кирхгофа при

$$H = -b + aB^2; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ (Гн/м)}; \delta = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}:$$

$$0 = U_M + U_\delta = Hl + B\delta/\mu_0 = -bl + alB^2 + B\delta/\mu_0, \text{ тогда}$$

$$B^2 + \frac{\delta}{\mu_0 al} B - \frac{b}{a} = B^2 + 2B - 1 = 0.$$

В результате: $B = -1 \pm \sqrt{2} = 0,414 \text{ (Тл)} > 0.$

Ответ: $B = 0,414 \text{ (Тл)}.$

Задача 3

Дано:

$$\Phi_3 = 1 \text{ (мВб)}; \delta_3 = 1,256 \text{ (мм)}$$

$$l_1 = 2l_2 = l_3 = 0,3 \text{ (м)}; S_1 = S_2 = S_3 = 10 \text{ (см}^2\text{)}$$

$$I_2 w_2 = 6433 \text{ (А-вит.)}$$

$$H = aB^2 = 5000B^2, \text{ (А/м)} - \text{кривая } B(H).$$

Определить:

$$\Phi_1 = ? \text{ (мВб)}; \Phi_2 = ? \text{ (мВб)}; I_1 w_1 = ? \text{ (А-вит.)}$$

Разветвленная магнитная
цепь с двумя
намагничивающими силами.

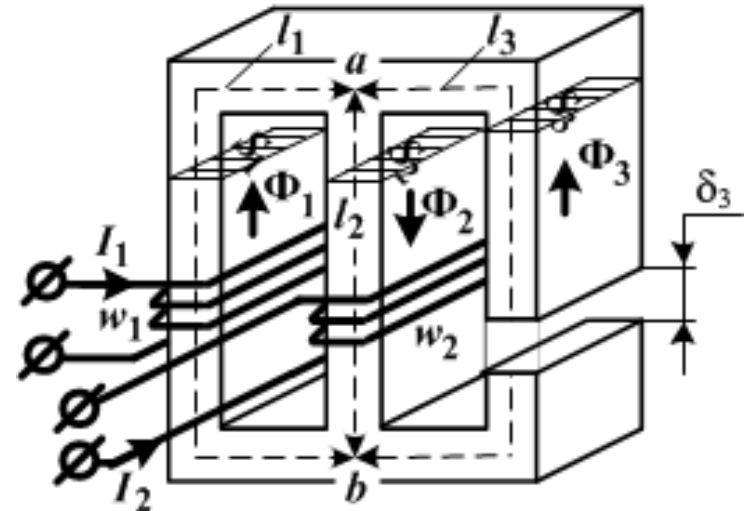
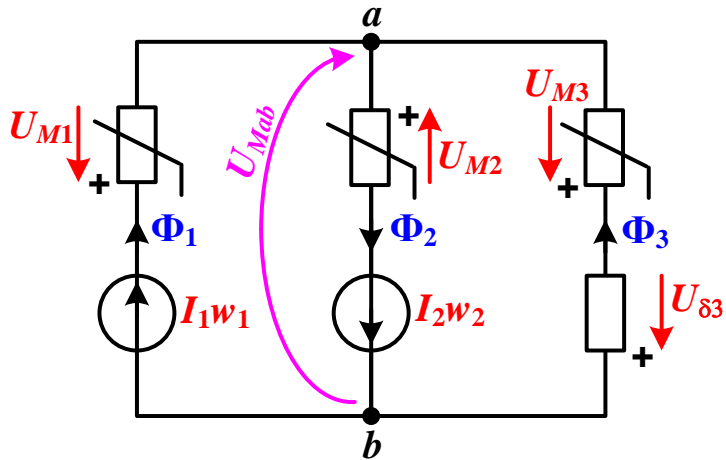


Схема замещения магнитной цепи:



Направления н.с. I_1w_1 и I_2w_2

указаны согласно правилу

«буравчика». По 1 и 2-му законам

Кирхгофа при $\delta_3 = 1,256 \cdot 10^{-3}$ (м);

$B_k = \Phi_k / S_k$; $H_k = a B_k^2$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (Гн/м):

$$\Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_3, (1);$$

$$U_{Mab} = I_1w_1 - U_{M1} = I_1w_1 - H_1l_1, (2);$$

$$U_{Mab} = -I_2w_2 + U_{M2} = -I_2w_2 + H_2l_2, (3);$$

$$U_{Mab} = -U_{M3} - U_{\delta 3} = -H_3l_3 - \frac{B_3\delta_3}{\mu_0}, (4).$$

$$B_3 = \Phi_3 / S_3 = 1 \cdot 10^{-3} / 10 \cdot 10^{-4} = 1 \text{ (Тл)}; H_3 = 5000 B_3^2 = 5000 \text{ (А/м)}.$$

$$(4): U_{Mab} = -H_3 l_3 - \frac{B_3 \delta_3}{\mu_0} = -5000 \cdot 0,3 - \frac{1 \cdot 1,256 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} \approx -2500 \text{ (А)}.$$

$$(3): U_{M2} = H_2 l_2 = U_{Mab} + I_2 w_2 = -2500 + 6433 = 3933 \text{ (А)}.$$

$$H_2 = \frac{U_{M2}}{l_2} = \frac{3933}{0,15} = 26220 \text{ (А/м)}; B_2 = \sqrt{\frac{H_2}{a}} = \sqrt{\frac{26220}{5000}} = 2,29 \text{ (Тл)};$$

$$\Phi_2 = B_2 S_2 = 2,29 \cdot 10 \cdot 10^{-4} = 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ (Вб)} = 2,29 \text{ (мВб)};$$

$$(1): \Phi_1 = \Phi_2 - \Phi_3 = 2,29 - 1 = 1,29 \text{ (мВб)}.$$

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{S_1} = \frac{1,29 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-4}} = 1,29 \text{ (Тл)}; H_1 = a B_1^2 = 5000 \cdot 1,29^2 = 8333 \text{ (А/м)}.$$

$$(2): I_1 w_1 = U_{Mab} + H_1 l_1 = -2500 + 8333 \cdot 0,3 \approx 0 \text{ (А \cdot вит.)}.$$

Ответ: $\Phi_1 = 1,29$ (мВб); $\Phi_2 = 2,29$ (мВб); $I_1 w_1 = 0$ (А-вит.).