Практичне заняття 5.
"Розрахунок реле"

Завдання. Магнітне коло тягового електромагніта зображено на рис.5.1 і рис.5.2. Магнітопровід електромагніта, виконаний з електротехнічної сталі, крива намагнічування якої $B = f(H)$ задана графічно (додаток 5.1.). На рис.5.1. через B_0 позначена магнітна індукція в повітряному проміжку між ярмом і якорем. Розміри магнітопроводу задані через розмір „ α ”, а повітряний проміжок між ярмом і якорем магнітопроводу позначений буквою „ δ ”. Кількість витків котушки електромагніта дорівнює $W_к = 1000$. Для спрощення розрахунку магнітного потоку кола Φ магнітне коло зображено його схемою заміщення рис.5.2.

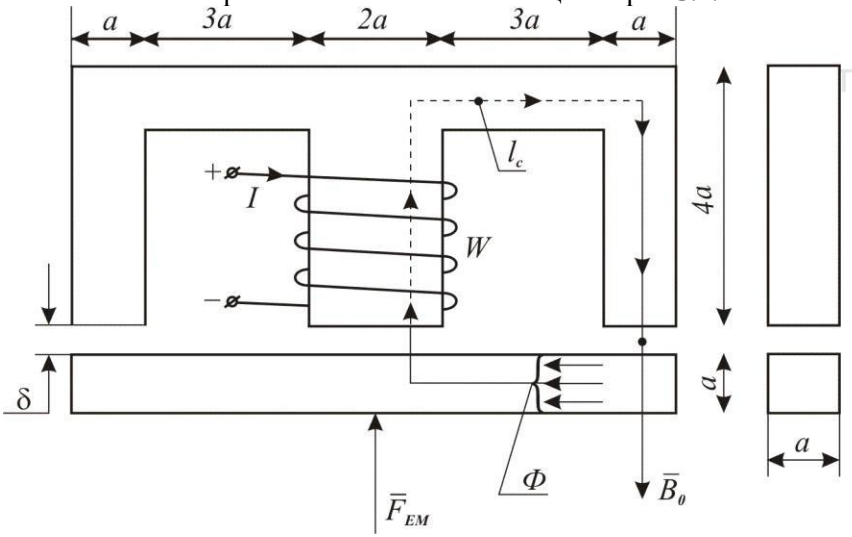


Рис.5.1.

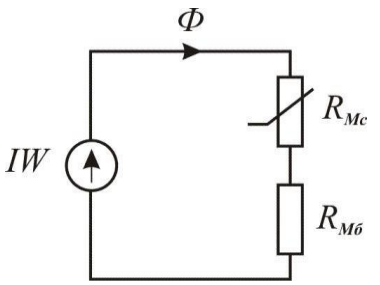


Рис.5.2.

L=a+3a+0,5a+3,5a=8a

Необхідно:

1. Визначити вихідні дані для свого варіанту (числові значення B_0 і „α” взяти з таблиці 5.1):

Таблиця 5.1.

Варіант	B_0, Гс	α, мм
0	5000	20
1	6000	30
2	7000	40
3	8000	50
4	9000	60
5	10000	70
6	11000	80
7	12000	90
8	13000	100
9	14000	110

Числові значення B_0 і „α” визначають, як середнє значення, що відповідають десяткам і одиницям шифру.

Наприклад, для шифру 04.

$$B_0 = \frac{5000+9000}{2} = 7000 Гс$$

$$d = \frac{20+60}{2} = 40 мм$$

2. Визначити магніторушійну силу котушки I_1W і струм I_1 в котушці, при якому магнітна індукція в повітряних проміжках дорівнює B_0 при $\delta = 1мм$.

3. Визначити струм I_2 в котушці при $\delta = 0$ і $B = B_0$.

4. Визначити магнітні опори ділянок магнітного кола в сталі $R_{Мс}$ і в повітрі $R_{Мб}$ при $\delta = 1мм$ і $B = B_0$.

5. Нехтуючи магнітним опором сталі визначити магнітну індукцію в повітряних проміжках при зазорах $\delta = 1; 1{,}5; 2; 2{,}5; 3; 4\ i\ 5 мм$ і магніторушійній силі котушки I_1W . Дані розрахунку внести в таблицю $B_\delta = f\ \delta$.

6. Розрахувати електромагнітну силу F_{EM} протягування якоря до ярма магнітопроводу в залежності від повітряного проміжку δ використавши залежність $B_\delta = f\ \delta$ П.5. Розрахункові дані звести в таблицю по П.5.

7. Побудувати тягову характеристику електромагніта по рис.1 $F_{EM} = f\ \delta$ використовуючи розрахункові дані таблиці по П.5 і П.6.

Вихідні значення:

B_0=8000(Гс)=0,8(Тл);
d=50(мм)=0,05(м);
W=1000 витків;
δ=1(мм)=0,001(м);
$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} (Н \cdot А^{-2}) = 1{,}25664 \cdot 10^{-6} (Н \cdot А^{-2})$
a=10(мм)=0,01м

Розв'язок.

2. Знайдемо напруженість магнітного поля в зазорі

$$H_\delta = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{B_0}{4\pi \cdot 10^{-7}} A/M \qquad =636619{,}7724 \quad (А/м)$$

З кривої намагнічення сталі (додаток 1) знаходимо напруженість магнітного поля в сталі:

Нс=160(А/м);

Магніторушійна сила I_1W буде визначатися за формулою:

$$I_1W = 2 \cdot \delta H_\delta + l_c H_c \quad =1{,}401239545\ (А)$$ - з повітряним проміжком;

3. Знайдемо довжину сталі: L=800(мм)=0,8(м). Тоді

$$I_2 = \frac{H_c \cdot l_c}{W} = 0{,}128(\text{А}).$$

4. Для визначення магнітного опору повітряного проміжку, знайдемо поперечний переріз ярма:

$Sc=S_\delta=(\pi d^2)/4=0{,}001963495(м^2)$.

Тоді магнітний опір повітряного проміжку буде рівний:

$$R_{м\delta} = \frac{2 \cdot \delta}{\mu_0 \cdot S_\delta} = 810569{,}5(Гн^{-1})$$

Для знаходження магнітоопору сталі знайдемо її магнітну проникність при

$$\mu_c = B_0/H_c = 0{,}005$$

Тоді $R_{\mu c} = L/\mu_c S_c = 81487{,}33086\ (Гн^{-1})$

5. Магнітна індукція в повітряному проміжку:

$$B_\delta = \mu_0 H_\delta = \mu_0 \frac{I_1 W}{2 \cdot \delta} = 0{,}88\ (\text{Тл})$$ – для проміжку 1 мм.

Аналогічно знайдемо магнітну індукцію для проміжків 1,5 2 2,5 3 4 і 5 мм. Дані розрахунків занесемо в таблицю:

δ, мм	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
B, Тл	0,880	0,587	0,440	0,352	0,293	0,252	0,220	0,196	0,176

За розрахунковими даними побудуємо залежність $B_\delta = f\ \delta$:

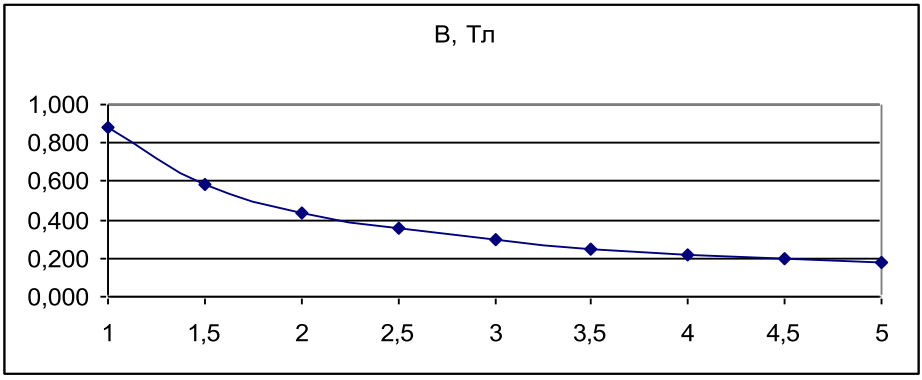


Рис.5.3. Графік залежності $B_\delta = f\ \delta$

6. Електромагнітна сила буде визначатися за формулою:

$$F_{EM} = \frac{B_\delta^2}{2\mu_0} \cdot 4S_\delta = 2422(H).$$ - для проміжку 1 мм.

Аналогічно знайдемо електромагнітну силу для проміжків 1,5 2 2,5 3 4 і 5 мм. Дані розрахунків занесемо в таблицю:

δ, мм	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
B, Тл	0,880	0,587	0,440	0,352	0,293	0,252	0,220	0,196	0,176
F_{EM}, Н	2422	1077	606	388	269	198	151	120	97

За розрахунковими даними побудуємо залежність $F_{EM} = f(\delta)$:

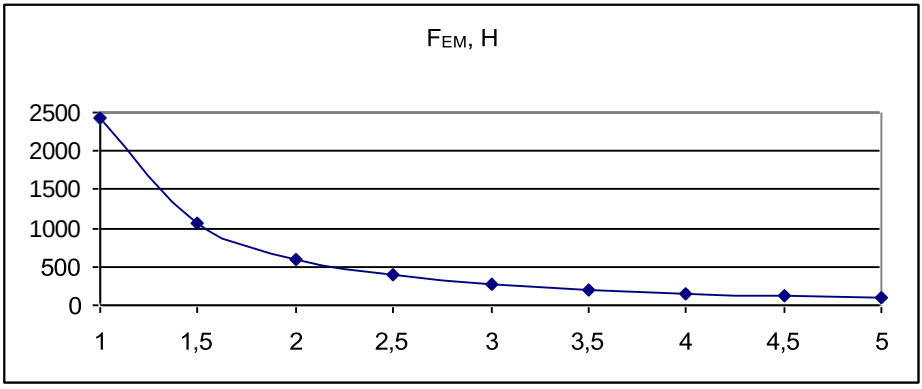
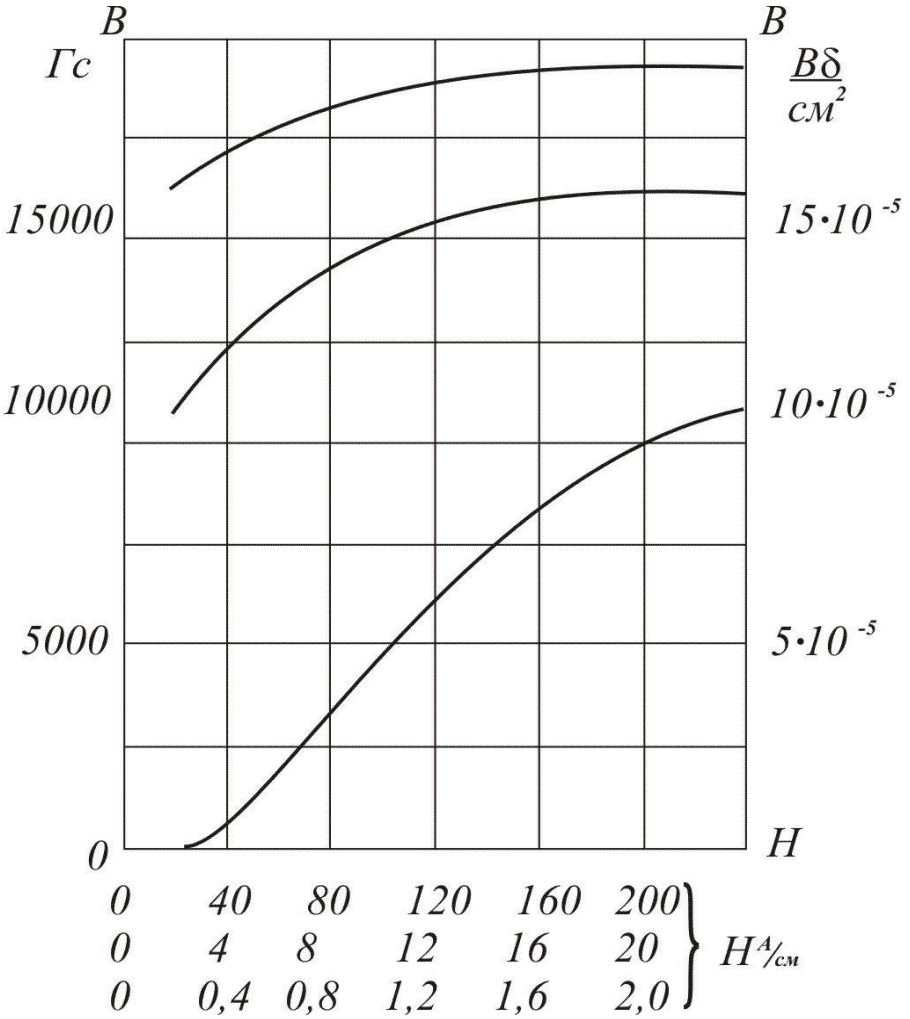


Рис.5.4. Тягова характеристика електромагніту $F_{EM} = f(\delta)$

Доманнє завдання.
Виконати розрахунки і побудови пунктів 1-7 по вихідних даних таблиці 5.1.

Додаток 5.1.


B
Гс
15000
10000
5000
0
B
Bδ
см²
15·10 -5
10·10 -5
5·10 -5
H
0 40 80 120 160 200
0 4 8 12 16 20
0 0,4 0,8 1,2 1,6 2,0
H А/см