

ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ ОТ МАГНИТНИТЕ ВЕРИГИ

Пример 1 Намотка с $w=300$ навивки е навита равномерно върху алуминиев пръстен със сечение $S=4\text{cm}^2$ и средна дължина $l_{CP}=40\text{cm}$. Ако през намотката протича постоянен ток с големина $I=5\text{A}$, определете интензитета на създаденото магнитно поле H , магнитната индукция B и магнитния поток Φ в пръстена.

Решение:

Намотката е разположена равномерно върху пръстен, който не притежава магнитни свойства. Нейното магнитно поле ще бъде равномерно навсякъде по окръжността на пръстена, т.е. $H=const$.

Прилагайки закона за пълния ток за тази намотка се записва:

$$\oint_G \vec{H} d\vec{l} = wI.$$

Изразът предполага избор на интеграционен контур G . Свободата в избора му позволява да се избере най удобния от гледна точка на математическата операция. Ако G се избере така, че да съвпада със средната дължина на пръстена може да се запише:

$$\oint_G \vec{H} d\vec{l} = \sum_{k=1}^n H l_k = H \sum_{k=1}^n l_k = H l_{CP}.$$

Следователно интензитета на полето може да се определи от:

$$H = \frac{wI}{l_{CP}} = \frac{300 \cdot 5}{40 \times 10^{-2}} = 3750 \text{ A/m}$$

За определяне на магнитната индукция е необходимо да се определи абсолютната магнитна проницаемост на материала. Тъй като магнитопровода на намотката е изработен от алуминий, който не притежава магнитни свойства, неговата относителна магнитна проницаемост е $\mu_r=1$, а абсолютната му магнитна проницаемост ще бъде: $\mu=\mu_0\mu_r=4\pi \cdot 10^{-7}$. Тогава магнитната индукция в пръстена ще се определи от:

$$|\vec{B}| = \mu |\vec{H}|, \text{ или } \vec{B} = \mu \vec{H} = \mu_0 \mu_r \vec{H} = 4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 3750 = 4,712 \text{ mT}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Потокът на магнитното поле през сечението на пръстена, в случаите на разпространение на хомогенно магнитно поле се определя от произведението на магнитната индукция и сечението на пръстена:

$$\Phi = BS = 4,712 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 1,885 \mu\text{Wb}$$

Пример 2 Железен пръстен със среден диаметър $d_{CP}=10\text{cm}$ е обвит с равномерно разпределена по окръжността му намотка. Когато през намотката, която има $w=2000$ навивки, протича постоянен ток $I=0,25\text{A}$ в пръстена се създава магнитно поле с индукция $B=0,4\text{T}$. Намерете големината на интензитета на създаденото поле вътре в пръстена и относителната му магнитна проницаемост.

Решение:

Средната дължина на пръстена е съответно: $l_{CP}=\pi d_{CP}=0,3141\text{m}$. Равномерното разпределение на навивките на намотката върху магнитопровода (железния пръстен) определя еднакви стойности на интензитета на магнитното поле навсякъде по окръжността му. Интензитета на поле се определя от закона за пълния ток където интеграционния контур е избран да съвпада със средната дължина на пръстена:

$$\oint_G \vec{H} d\vec{l} = wI, \text{ където } \oint_G \vec{H} d\vec{l} = \sum_{k=1}^n Hl_k = H \sum_{k=1}^n l_k = Hl_{CP}$$

Следователно интензитета на полето може да се определи от:

$$H = \frac{wI}{l_{CP}} = \frac{2000 \cdot 0,25}{0,3141} \cong 1592 \text{ A/m}$$

При известни интензитет и индукция на магнитното поле може да се определи и относителната магнитна проницаемост на железния пръстен при тези стойности на магнитния интензитет. Използва се зависимостта свързваща големините на магнитните характеристики на полето - $B=\mu_0\mu_rH$, откъдето за μ_r се записва:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{0,4}{4\pi \cdot 10^{-7} \times 1592} = 200$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG05IP0001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!

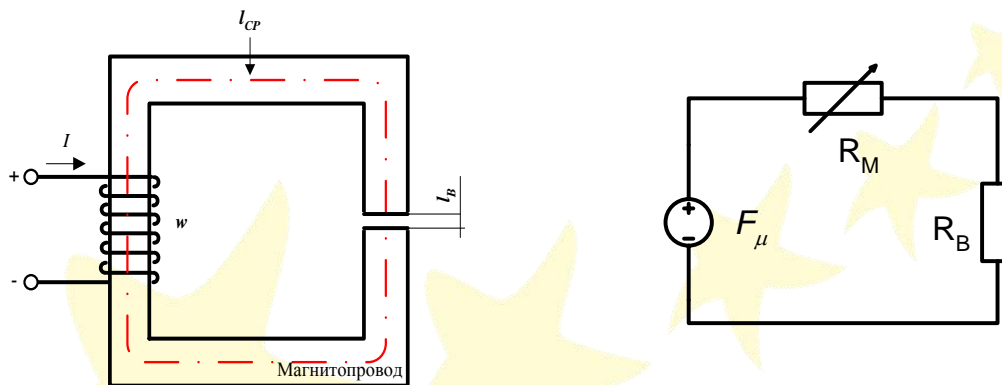


Европейски социален фонд

Пример 3 Стоманен магнитопровод с правоъгълна форма има средна дължина $l_{CP}=25\text{cm}$. и напречно сечение $S=2\text{cm}^2$. Магнитопроводът е прорязан, така че се образува въздушна междина с дължина $l_B=1\text{mm}$. Върху останалата част от дължината му е изпълнена намотка с $w=5000$ навивки, която при пропускане на постоянен ток през себе си създава магнитна индукция във въздушната междина $B=0,8\text{T}$. Ако съоръжението работи без магнитен поток на разсейване, а абсолютната магнитна проницаемост на материала на магнитопровода е $\mu_M=10^3\text{H/m}$ определете големината на тока през бобината.

Решение:

Представената в примера конструкция съдържа магнитопровод с нелинейни магнитни свойства, въздушна междина с линейни магнитни свойства и намотка с ток, която отразява наличието на източник на м.в.н.



Еднородността на материала на магнитопровода позволява да се приеме че магнитната напрегнатост на полето H е еднаква навсякъде във феромагнитния материал. Магнитната верига, която съответства на конструкцията в примера съдържа: източник на м.в.н. намотката с ток $-F_\mu$; нелинейно магнитно съпротивление на магнитопровода $-R_M$ и линейно магнитно съпротивление на въздушната междина $-R_B$. Големините на магнитните съпротивления се определят чрез:

$$R_M = \frac{l_{CP}}{\mu_M S} = \frac{0,25}{10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-4}} = 1250000, \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_B = \frac{l_B}{\mu_0 S} = \frac{0,001}{4\pi \cdot 10^{-7} \times 2 \cdot 10^{-4}} = 3979000, \frac{1}{\text{H}}$$

Пълното магнитно съпротивление на веригата R_Σ при последователното включване на R_M и R_B има големината:

$$R_\Sigma = R_M + R_B = 1250000 + 3\,979\,000 = 5\,229\,000, \text{H}^{-1}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG05IP001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Във веригата се разпространява магнитен поток Φ , който без да променя големината си преминава през магнитопровода и въздушната междина. Неговата големина може да се определи по известната стойност на индукцията и сечението във въздушната междина:

$$\Phi = BS = 0,8 \times 2 \cdot 10^{-4} = 0,16 \cdot 10^{-3}, \text{ Wb}$$

Намотката с ток създава м.в.н.- F_μ , големината на което може да се определи от закона на Ом за магнитните вериги:

$$F_\mu = R_\Sigma \Phi = 5229000 \times 0,16 \cdot 10^{-3} = 836,64 \text{ A}$$

При известна големина на F_μ големината на тока през намотката може да се определи от закона за пълния ток използвайки равенството:

$F_\mu = R_\Sigma \Phi = wI$, откъдето за големината на търсения ток през бобината се получава:

$$I = \frac{F_\mu}{w} = \frac{836,41}{5000} = 0,167 \text{ A}$$

Пример 4 През намотка без магнитопровод, която има $w=1500$ навивки, протича постоянен ток $I=3\text{A}$. Всяка навивка от намотката създава магнитен поток $\Phi=25\text{mWb}$. Определете индуктивността на намотката L и индуктираното в нея електродвижещо напрежение - E , ако нейният ток се нулира за време $t=150\text{ms}$.

Решение:

Пълният магнитен поток създаден от всички навивки на намотката се определя от $\Phi_\Sigma = w\Phi$, а индуктивността и е отношение на този поток и създалия го ток:

$$L = \frac{\Phi_\Sigma}{I} = \frac{w\Phi}{I} = \frac{1500 \times 0,025}{3} = 12,5 \text{ H}$$

Линейните магнитни свойства на въздушната среда позволяват индуктираното електродвижещо напрежение в намотката да се определи от правилото на Ленц за електромагнитната индукция:

$$E = -\frac{d\Phi_\Sigma}{dt} = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -12,5 \frac{3-0}{0,15} = -250 \text{ V}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

Инвестира във вашето бъдеще!



стр. 4 от 4