

Magnetické pole

Vznik a vlastnosti magnetického poľa

Príčinou každého magnetického poľa je pohybujúci sa náboj (elektrický prúd).

Elektrické a magnetické javy spolu úzko súvisia:

- elektrický prúd vyvoláva magnetické pole
- v pohybujúcom sa vodiči, ktorý sa nachádza v magnetickom poli sa indukuje napätie
- vodič, cez ktorý preteká prúd sa môže v magnetickom poli pohybovať

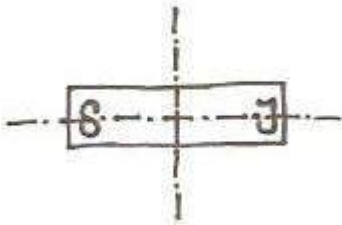
Zdrojom magnetického poľa je magnet.

Magnet je látka, ktorá má schopnosť priťahovať časti vlastnej látky, časti železa a niektorých iných prvkov (nikel, kobalt, chróm a niektoré zliatiny). Tieto látky nazývame magnetické kovy alebo feromagnetické látky.

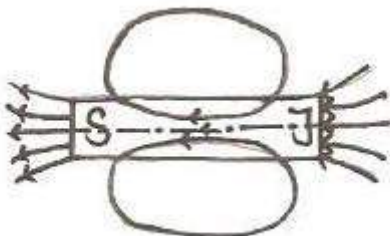
Magnety rozdeľujeme :

- prirodzené, prírodné (železné rudy, magnetovec)
- umelé – vyhotovujú sa dotykom s iným magnetom alebo zmagnetizovaním ocele elektrickým prúdom

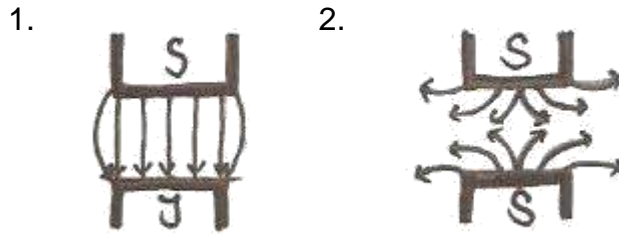
Tyčový permanentný magnet



Miesta s najsilnejšími účinkami – magnetické póly. Ich spojnica sa nazýva magnetická os. Miesto, kde sa magnetické účinky neprejavujú sa nazýva neutrálna os.

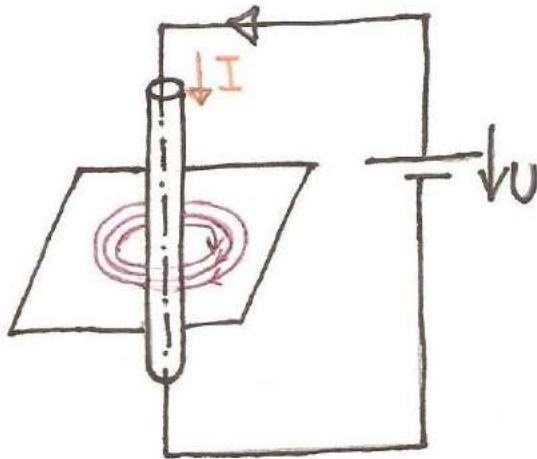


1. Magnetické pole medzi dvoma nesúhlasnými magnetickými pólmi.
2. Magnetické pole medzi dvoma súhlasnými magnetickými pólmi.

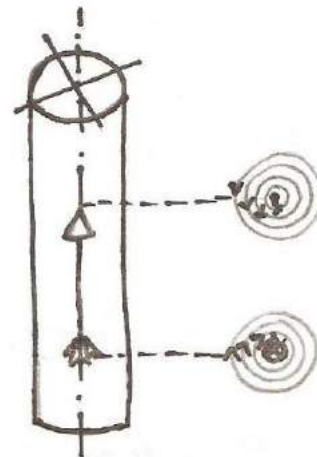


Magnetické pole prúdovodiča

(1)



(2)



1 – Magnetické pole má tvar sústredných kružníc. Smer magnetického poľa závisí od smeru prúdu, ktorý preteká cez vodič. Na určenie smeru magnetického poľa sa používa Ampérové pravidlo pravej ruky.

Ampérové pravidlo pravej ruky – ak uchopíme vodič do pravej ruky tak, aby vystretý palec ukazoval smer prúdu, potom prsty obopínajúce vodič udávajú smer siločiar magnetického poľa.

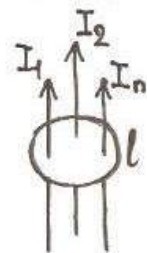
2 – Používa sa na označenie smeru prúdu vo vodiči.

Základné veličiny magnetického poľa

1. Magnetické napätie

$$U_m = N \cdot I \quad [A] \quad \text{skalárna veličina}$$

Definícia: Magnetické napätie U_m na určitej dráhe magnetického poľa (l) je dané súčtom prúdov $I_1 + I_n$, ktoré pretekajú vodičmi ohraničenými touto dráhou.



Prietok prúdu, budenie

2. Intenzita magnetického poľa

$$H = \frac{Um}{l} = \frac{N.I}{l} \quad [\text{A.m}^{-1}]$$

Definícia: Intenzita vyjadruje magnetické napätie pripadajúce na určitú dĺžku magnetickej siločiar.



$H.l = N.I$ – Zákon prietoku = Zákon celkového prúdu

Intenzita je vektorová veličina, okrem veľkosti má aj svoj smer. Smer je daný dotyčnicou k siločiare v určitom bode poľa.

$$H = \frac{N.I}{l} = \frac{I}{2\pi a} \quad l = 2\pi a$$

3. Magnetická indukcia

Vzťah medzi magnetickou indukciou a intenzitou magnetického poľa.

$$B = \mu.H \quad [\text{T}] \quad \text{vektorová veličina}$$

μ – permeabilita – vyjadruje kvalitu magnetického prostredia

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

μ_0 – permeabilita vákua

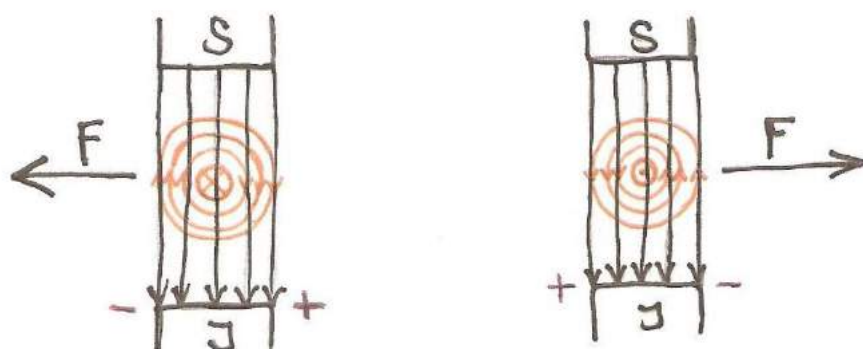
μ_r – relatívna permeabilita (tabuľkový údaj); μ_r pre vzduch = 1

V technickej praxi sa hodnota pohybuje do 2,5T

4. Magnetický tok

$$\phi = B.S \quad [\text{Wb}]$$

Silové účinky magnetického poľa



Ak vložíme prúdovodič do homogénneho magnetického poľa vytvorí si vlastné magnetické pole, ktoré má tvar sústredných kružníc. Tieto polia sa skladajú a vzniká výsledné magnetické pole, ktoré na jednej strane vodiča zosilnie (+) a na druhej strane vodiča zoslabne (-). Toto výsledné magnetické pole vytláča vodič v kolmom smere na indukčné čiary z poľa s väčšou magnetickou indukciou do poľa s menšou magnetickou indukciou silou F .

$$F = B.I.l \quad [\text{N}]$$

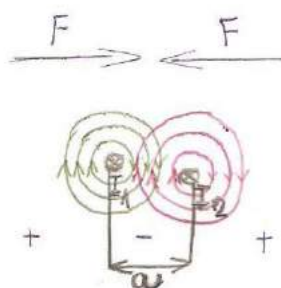
Ak zvierá vodič so smerom indukčných čiar uhol α , tak veľkosť sily vypočítame:

$$F = B.I.l.\sin \alpha$$

Silové účinky magnetického poľa – 2 prúdovodiče

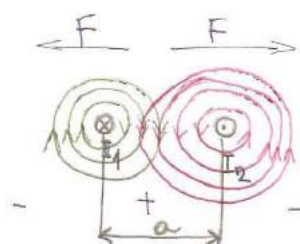
Obidvoma prúdovodičmi preteká prúd v súhlasnom smere.

Ak prúdovodičmi preteká prúd v súhlasnom smere, vodiče sa priťahujú k sebe silou F .



Vodičmi prechádza prúd nesúhlasným smerom.

Ak prechádza prúdovodičmi prúd nesúhlasným smerom, vodiče sa odpuďujú silou F .



Vzťah platiaci pre oba prípady: $F = I_1.I_2.\frac{l}{a}.2.10^{-7} \quad [\text{N}]$

Magnetické vlastnosti látok

Podľa veľkosti relatívnej permeability (μ_r) rozdeľujeme látky na 3 skupiny:

1. diamagnetické
2. paramagnetické
3. feromagnetické

1. Diamagnetické látky $\mu_r < 1$

Patrí sem: zlato, striebro, bizmut, ortuť, zinok. Tieto látky predstavujú pre magnetický tok veľký magnetický odpor.

Siločiary sú redšie po vložení diamagnetickej látky do magnetického poľa. Magnetická indukcia sa znižuje.

2. Paramagnetické látky $\mu_r = 1$

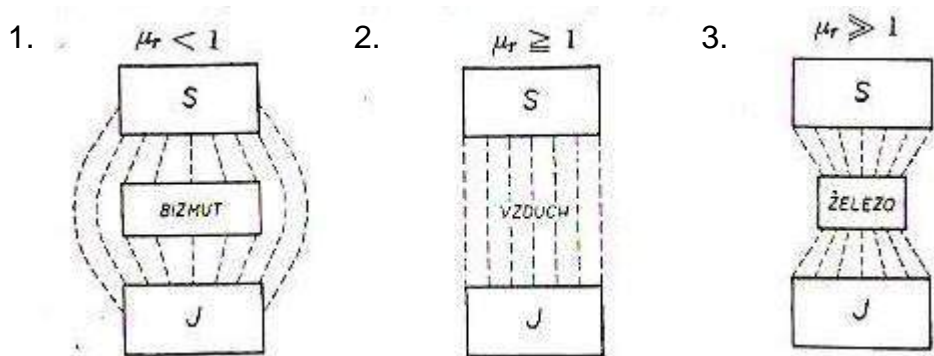
Patrí sem: vzduch, hliník, platina.

Siločiary sa zachovávajú svoju hustotu, magnetická indukcia sa prakticky nemení.

3. Feromagnetické látky $\mu_r \gg 1$

Patrí sem: železo, nikel, kobalt, rôzne zliatiny.

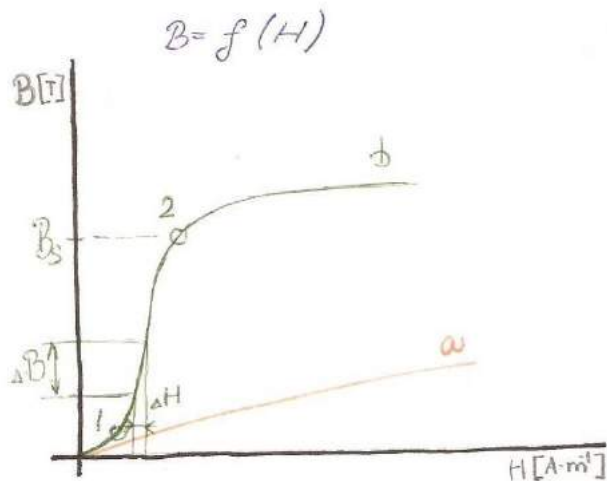
Siločiary sa zhutňujú, magnetická indukcia narastá. Tieto materiály predstavujú pre magnetický tok dobrý magnetický vodič.



Magnetizačná charakteristika

$$B = \mu \cdot H$$

Závislosť magnetickej indukcie od intenzity magnetického poľa sa nazýva magnetizačná charakteristika.



a) Pre diamagnetické a paramagnetické látky platí $\mu = \frac{B}{H} = \text{konštanta}$. Grafom je priamka vychádzajúca zo začiatku súradnicovej sústavy; závislosť je lineárna.

b) Pre feromagnetické látky platí $\mu = \frac{B}{H} \neq \text{konštanta}$.

Charakteristika je rozdelená na jednotlivé oblasti:

Oblasť 0 – 1 > malými zmenami intenzity sa dosahujú malá zmeny indukcie; v technickej praxi nemá táto zmena význam.

Oblasť 1 – 2 > magnetická indukcia rastie rýchlo – malými zmenami intenzity (ΔH) sa dosahuje veľká zmena indukcie (ΔB); táto vlastnosť sa využíva v technickej praxi.

B_s > stav nasýtenia => feromagnetická látka sa nasýti – ďalším zvyšovaním intenzity sa indukcia už prakticky nemení.

Magnetické obvody

Magnetický obvod je cesta, ktorou sa uzatvára magnetický tok. Zdrojom magnetického toku môže byť: prúdovodič, permanentný magnet.

Druhy magnetických obvodov:

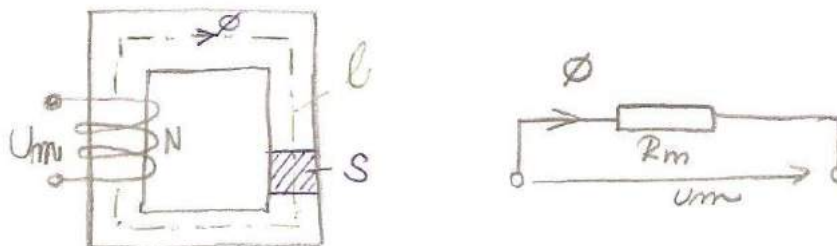
1. jednoduché - majú všade rovnaký prierez a sú z materiálu rovnakej magnetickej vodivosti.
2. zložené – nemajú všade rovnaký prierez alebo nie sú z materiálu rovnakej magnetickej vodivosti.

Riešenie vzduchových magnetických obvodov

Hopkinsonov zákon – je analógiou Ohmovho zákona

$$\Phi = \frac{N \cdot I}{\frac{l}{\mu \cdot S}} \quad [\text{Wb}] \quad \Phi = \frac{U_m}{R_m}$$

Magnetický obvod s uzavretým feromagnetickým jadrom



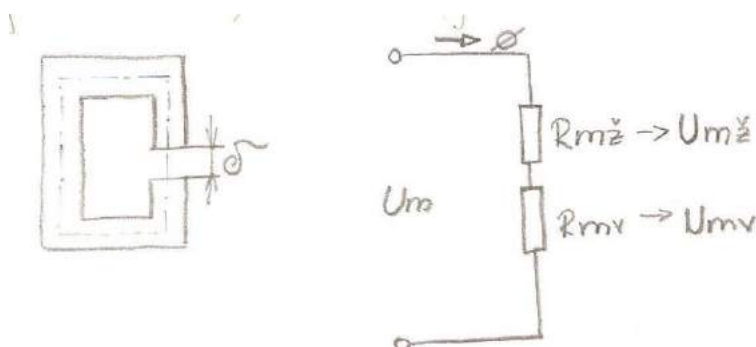
Praktické využitie: jednofázový transformátor

Pri riešení týchto obvodov hľadáme najčastejšie pre zadaný magnetický tok magnetické napätie.

Postup pri riešení:

1. určíme dĺžku (l) magnetického obvodu (stredná dĺžka magnetickej siločiar)
2. určíme prierez magnetického obvodu
3. z daného magnetického toku a prierezu určíme magnetickú indukciu $\Phi = B \cdot S$
4. z magnetickej charakteristiky odčítame pre vypočítanú hodnotu B veľkosť intenzity magnetickeho poľa
5. vypočítame magnetickeho napätia $U_m = H \cdot l$
6. a) ak poznáme počet závitov $N > I$
b) ak poznáme prúd $I > N$

Magnetický obvod prerušený vzduchovou medzerou

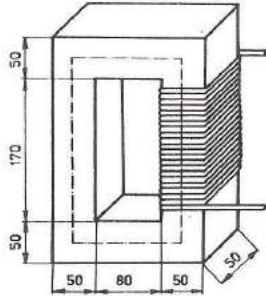


Magnetické obvody so železa, ktoré sú prerušené vzduchovou medzerou majú otáčavé elektrické stroje, aby sa rotor stroja mohol otáčať v jeho statorovej časti.

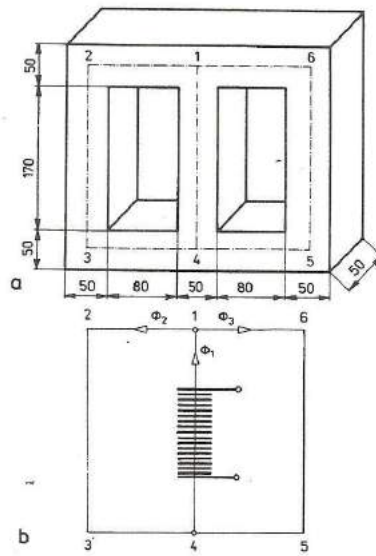
Postup pri riešení obvodov:

1. určíme $l_{\text{ž}}$ (dĺžka železnej časti) $l_{\text{ž}} = l - \delta$
Určíme $S_{\text{ž}}$ (prierez železnej časti)
2. $B_{\text{ž}} = \emptyset : S_{\text{ž}}$
3. Poznáme materiál; odčítame $H_{\text{ž}}$ z magnetizačnej charakteristiky
4. $U_{m\text{ž}} = H_{\text{ž}} \cdot l_{\text{ž}}$
5. Ďalej riešime vzduchovú časť
 $S_v = 1,1 \cdot S_{\text{žn}}$
6. $B_v = \emptyset : S_v$
7. $B_v = \mu_0 \cdot H_v$ $H_v = \frac{B_v}{\mu_0} = \frac{B_v}{4\pi 10^{-7}}$
8. $U_{mv} = H_v \cdot \delta$
9. $U_m = U_{m\text{ž}} + U_{mv}$
10. $U_m = N \cdot I$

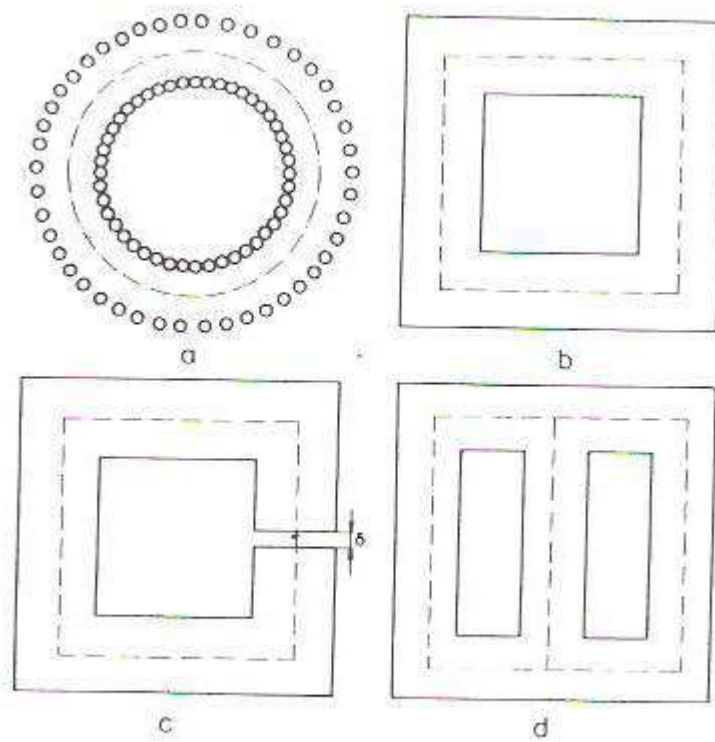
Záver: pretože vzduch má veľký magnetický odpor, podstatne sa zmenia pomery oproti uzavretému feromagnetickému obvodu. A na vytvorenie rovnakého magnetického rohu \emptyset bude potrebné oveľa väčšie magnetické napätie.



Obr. 7.31. Příklad celistvého feromagnetického obvodu



Obr. 7.32. Příklad zloženého feromagnetického obvodu



Obr. 7.30. Druhy magnetických obvodů

a — vzduchový magnetický obvod, *b* — celistvý feromagnetický obvod, *c* — feromagnetický obvod přerušný vzduchovou mezerou, *d* — složený feromagnetický obvod