



Magnetické pole

Magnetický jev (magnetismus) rozdělujeme na:

- a) Trvalý (permanentní)
- b) Přechodový (elektrický)

Projevem magnetismu je magnetické pole. To působí silově na látky, které se v jeho působnosti nacházejí. Magnetické pole má kladný a záporný pól, nemá však vazbu na hmotné částice a proto nemůže existovat žádný z pólů samostatně. Dle působnosti magnetického pole rozdělujeme látky na:

- 1) Feromagnetické: Na tyto látky působí magnetické pole výraznými silovými účinky. Uvnitř látky dochází k zesílení vnějšího magnetického pole jeho součtem s vlastním magnetickým polem látky, po vyjmutí látky z magnetického pole zůstávají magnetické vlastnosti částečně zachovány, látka působí jako permanentní magnet
- 2) Paramagnetické látky: U těchto látek se vliv vnějšího magnetického pole neprojevuje.
- 3) Diamagnetické látky: Tyto látky po vložení do magnetického pole kladou v poli odpor, odčerpávají z něj energii a vliv pole zeslabují.

Vlastnosti

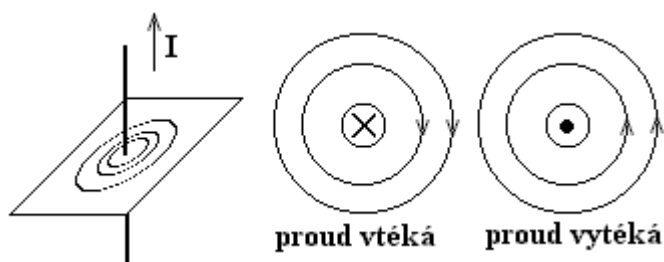


Síla magnetického pole je maximální na pólech a neutrální na ose.

Magnetická siločára je křivka, na níž je síla, kterou působí magnetického pole zkoumaného magnetu konstantní. Magnetické siločáry jsou uzavřené křivky a procházejí osou magnetu a uzavírají se v nekonečno.

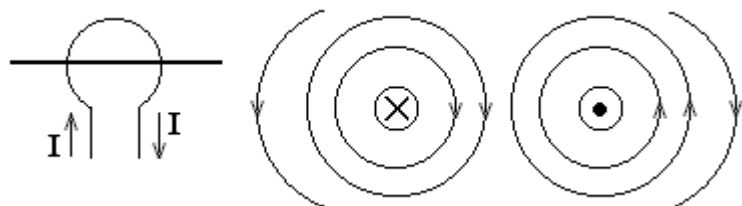
Magnetické pole vodiče

Rovnoměrný vodič



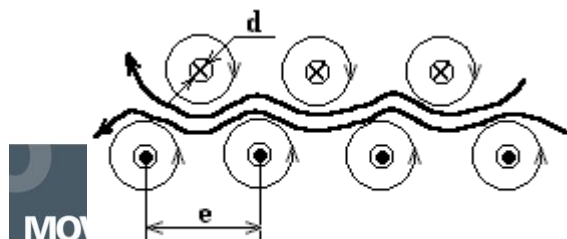
Pravidlo pravé ruky: Přiložíme-li ruku na vodič tak, že palec ukazuje směr proudu vodičem, ukazují prsty směr magnetických siločar.

Jeden závit

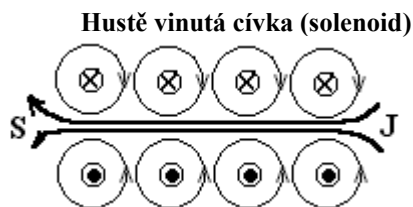


Uvnitř závitu mají siločáry stejný směr a účinky se sčítají a mimo závit mají opačný směr, účinky se odčítají.

Řídce vinutá cívka



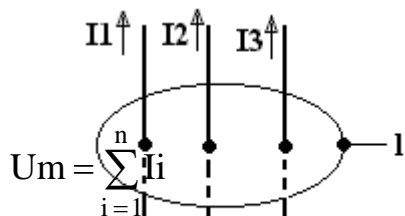
$e > d$ = řídce vinutá cívka



Dále například vinutí na uzavřeném magnetickém obvodu.

Základní veličiny magnetického pole

Magnetické napětí U_m [A]: Magnetické napětí definujeme jako součet proudů, které procházejí uzavřenou dráhou l .



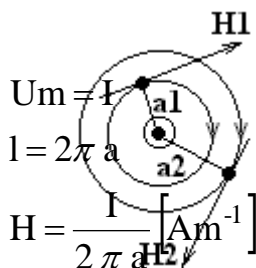
$$I_1 = I_2 = I_3 \dots = I_n = I$$

$$U_m = N \times I \quad [A; A]$$

Intenzita magnetického pole H [Am⁻¹]: Vyjadřuje sílu působící v určitém bodě pole a je definována jako podíl magnetického napětí U_m a délky siločáry, která tím bodem prochází.

$$H = \frac{U_m}{l} = \frac{N \times I}{l} \quad [Am^{-1}; A, m]$$

Intenzita magnetického pole je vektorová veličina, která má velikost a směr. Směr intenzity H je dán tečnou k siločáře:



Magnetická indukce B [T]: Magnetická indukce B vyjadřuje počet magnetických siločar procházejících

$$B = \mu \times H \quad [T; Hm^{-1}, Am^{-1}]$$

jednotkou plochy.

μ - magnetická permeabilita prostředí

μ_0 - magnetická permeabilita vakua = $4\pi \times 10^{-7} Hm^{-1}$

$$\mu = \mu_0 \times \mu_r$$

μ_r - relativní permeabilita prostředí

μ_r :

a) Je mnohem větší než jedna pro feromagnetické látky.

- b) Je větší nebo rovno jedné pro paramagnetické látky.
c) Je menší než jedna pro diamagnetické látky.

Magnetický tok Φ [Wb]: Magnetický tok je součinem magnetické indukce a plochy.

$$\Phi = \mu H \times S = \frac{\mu \times N \times I \times S}{1} = \frac{\mu \times U_m \times S}{1} = \frac{U_m}{\frac{1}{\mu} \times \frac{1}{S}}$$

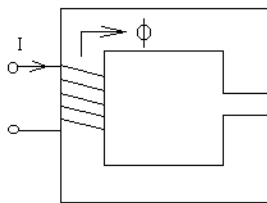
Magnetická vodivost G_m a odpor R_m :

$$\Phi = \frac{U_m}{R_m} \Rightarrow R_m = \frac{U_m}{\Phi} \Rightarrow R_m = \frac{1}{\mu} \times \frac{1}{S} [H^{-1}; Hm^{-1}, m, m^2]$$

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_0 \times \mu_r} = \frac{10^7}{4\pi} \times \frac{1}{\mu_r} = \frac{0,8 \times 10^6}{\mu_r}$$

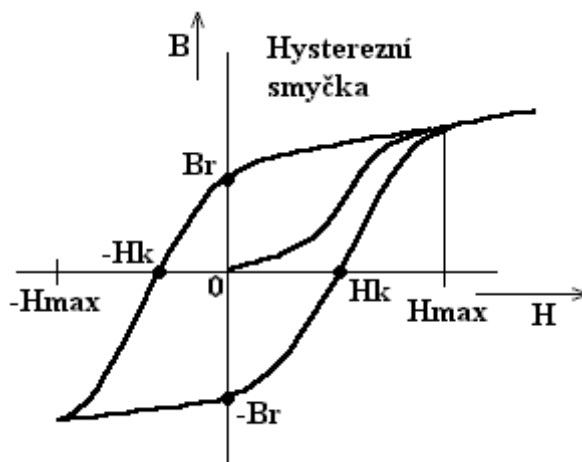
$$G_m = \frac{1}{R_m} = \mu \times \frac{S}{l} [H]$$

Energie magnetického pole W_m [J]: Prochází-li cívkou proud I , vzniká v obvodu magnetický tok Φ . V materiálu jádra, ale i ve vzduchové mezeře se hromadí energie, která vytváří magnetické pole. Energie magnetického pole je dána vzorcem:



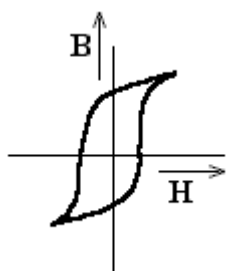
$$W_m = \frac{1}{2} \times \Phi \times U_m [J; Wb, A]$$

Magnetická hystereze

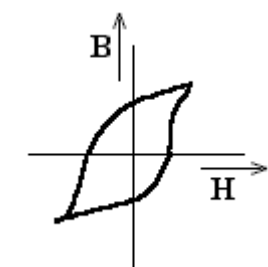


Další zvláštností feromagnetické látky je, že průběh závislosti magnetické indukce B na intenzitě magnetického pole H se mění při opakovaném působení magnetického pole. Při prvním vložení do magnetického pole sleduje magnetická indukce magnetizační charakteristiku. Po zrušení magnetického pole ($H = 0$) zůstane v látce zbytková remanentní indukce a látka se chová jako permanentní magnet. K odstranění této indukce musíme látku vložit do magnetického pole o intenzitě $H = -H_k$ (koercivita). Jali látka vložena do střídavého magnetického pole ($H = -H_{max} \rightarrow H_{max}$) sleduje závislost indukce B na H uzavřenou smyčkou, které říkáme hysterezní smyčka. Tvar hysterezní smyčky

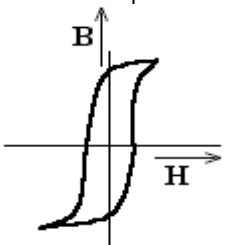
je charakteristický pro každou feromagnetickou látku.



$H_k = 10 \text{ až } 10^2 \text{ Am}^{-1}$, magneticky měkký materiál
čisté železo
používá se pro střídavé stroje.



$H_k = 6 \times 10^3 \text{ Am}^{-1}$, $H_{k \text{ max}} = 10^5 \text{ Am}^{-1}$
používá se pro stejnosměrné stroje



Jde o speciální materiál pro stejnosměrné vysokofrekvenční zesilovače.

Magnetické obvody

Řešení magnetických obvodů: Mag.obvod je dráha, která uzavírá magnetický tok. Magnetický obvod se skládá z feromagnetických materiálů s velkou μ_r . Často je feromagnetický materiál přerušen vzduchovou mezerou. Feromagnetické materiály mají velkou magnetickou vodivost (u vzduchové mezery je to naopak). Při řešení magnetických obvodů se vychází z analogie s elektrickými obvody – používáme i obdobné pojmy.

Magnetická větev: Je to část magnetického obvodu, kterou prochází v celé délce stejný magnetický tok.

Uzel: Místo styku tří nebo více větví magnetického obvodu (u uzlu dochází k větvení magnetického obvodu).

Magnetická smyčka: Je tvořena sledem větví dvou magnetických obvodů.

Analogie mezi magnetických a elektrickým obvodem: Magnetický tok odpovídá elektrickému proudu. Magnetické napětí odpovídá elektrickému napětí. Magnetický odpor odpovídá elektrickému odporu. Magnetická vodivost odpovídá elektrické vodivosti. Permeabilita odpovídá konduktivitě. Pro každý magnetický obvod kreslíme náhradní schéma obdobně u elektrických obvodů. Při řešení magnetických obvodů využíváme obdobně Ohmova zákona, též Kirchhoffovy zákony.

I. Kirchhoffův zákon (pro magnetické obvody):

$$\sum_{K=1}^n \phi_K = 0$$

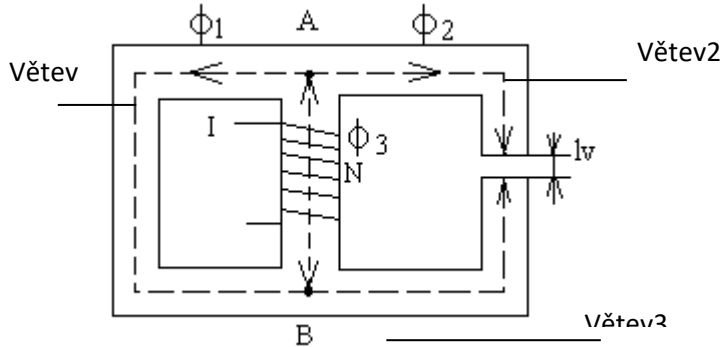
II. Kirchhoffův zákon (pro magnetické obvody):

$$Fm_{cel} = \sum_{K=1}^n Fm_K$$

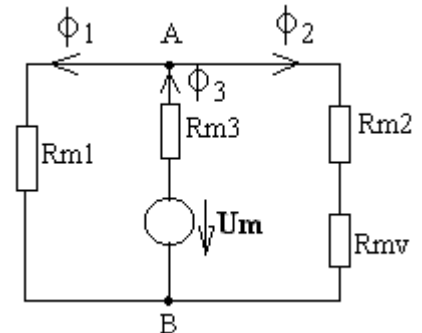
Hopkinsonův zákon (obdoba Ohmova zákona pro magnetismus):

$$U_m = \Phi \times R_m \quad R_m = \frac{1}{G_m} \Rightarrow \Phi = \frac{U_m}{R_m} \Rightarrow \Phi = U_m \times G_m$$

Magnetický obvod:



Náhradní obvod:



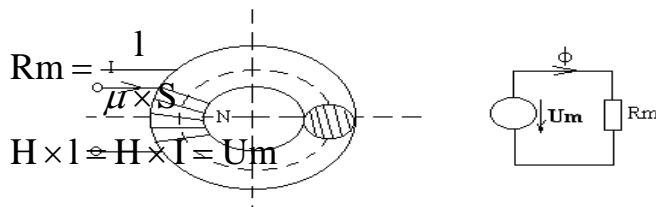
Zdrojem magnetického toku v tomto případě je cívka s A závitů, touto cívkou prochází elektrický proud. Zdroje magnetického toku v některých magnetických obvodech je trvalý permanentní magnet, tzv. magnetické obvody buzené trvalým magnetem. Podle způsobu, jakým budíme magnetický tok dělíme na magnetické obvody:

- Buzené elektrickým proudem.
- Obvody buzené permanentními magnety.

Podle způsobu řešení dělíme magnetické obvody na:

- Obvody řešené výpočtem.
- Obvody řešené graficko-početní metodou.

Magnetické obvody řešené výpočtem: Magnetický obvod řešený elektrickým proudem – je sestaven z jednoho feromagnetického materiálu.

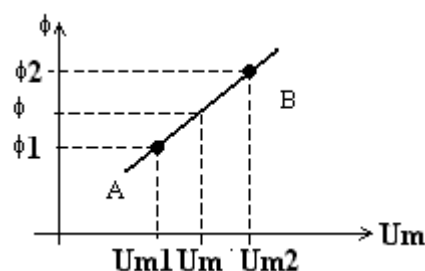


Magnetické obvody řešené graficko-početní metodou: Tuto metodu používáme při řešení magnetických obvodů, je-li magnetický obvod složen z více než dvou materiálů, respektive ze vzduchové mezery a řídicí veličiny (zadaná veličina je magnetomotorické napětí).

Magnetický tok: (pro obvody z více feromagnetických materiálů)

$$\Phi = \frac{U_m}{l_1 + R_{m2} + \dots}$$

Magnetický odpor je však závislý na procházejícím proudu (magnetickém toku), jeho přímé stanovení je nemožné. Vztah mezi proudem a magnetickým tokem je dán magnetizační křivkou. V každém bodě magnetizační křivky má feromagnetický materiál pro každý magnetický tok jiný magnetický odpor. Metoda je založena na



zobrazení funkce $\Phi = f(U_m)$ tato funkce je v malém rozmezí magnetického toku přibližně lineární. Pro zadanou hodnotu U_m pak můžeme ze zobrazené závislosti vyhledat magnetický tok.

Postup řešení:

- Zvolíme vhodně magnetický tok I a k němu vypočteme magnetické napětí U_{m1} . Přitom musí platit, že U_{m1} je menší než U_m . U_{m1} musí být alespoň 50% U_m .

b) Zvolíme vhodně magnetický tok Φ_2 a k němu vypočteme U_{m2} . Musí platit, že U_{m2} je větší než U_m , a tím získáme dva body A a B. Pro zadaný U_m odečteme z grafu příslušný magnetický tok.