

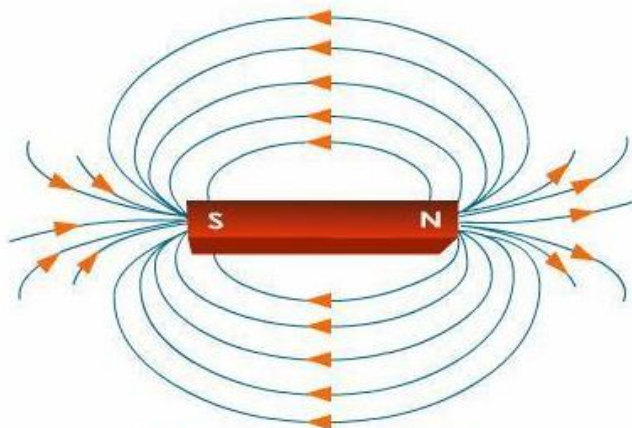


5. Úloha

Magnetické pole permanentních magnetů

1. Teoretický úvod

Základní konstrukční součástí magnetických obvodů elektrických zařízení jsou komponenty z feromagnetických materiálů. Primárně se rozlišují magneticky měkká a tvrdá feromagnetika. Magneticky měkká feromagnetika (např. měkké železo, křemíkové železo) mají úzkou hysterezní smyčku. Lze je tedy snadno přemagnetovat, a protože se u nich při každém přemagnetování přeměňuje na teplo jen malé množství energie, jsou vhodné pro magnetické obvody se střídavým proudem (např. jádra transformátorů nebo cívek). Magneticky tvrdá feromagnetika (např. kobaltová, wolframová a chromová ocel, tvrdé ferity) mají hysterezní smyčku širokou. Vzhledem k vysokým hodnotám remanentní indukce je lze jen velice obtížně přemagnetovat a hodí se proto pro výrobu permanentních (stálých) magnetů.



Obr. 1: Magnetické pole tyčového permanentního magnetu

Pojmem permanentní magnet označujeme takový magnet, který je vyrobený z materiálu se schopností vytvářet vlastní magnetické pole bez působení vnějších vlivů. Takovéto materiály mohou být jak přirozeného původu (minerály), tak mohou být připravovány uměle. Tvar pole permanentního magnetu lze popsat tzv. *magnetickými indukčními čarami*. Podle zvyklosti se část magnetu, ze které směřuje vektor magnetické indukce ven, označuje jako severní pól (N) a oblast kde vektor magnetické indukce směřuje dovnitř tělesa jižní pól (S).

Obecně útvary, které mají dva opačné póly, označujeme jako dipóly. Analogické dipóly se vyskytují např. i v poli elektrickém. Magnetické a elektrické dipóly mají však odlišné chování. V případě rozdělení elektrického dipólu dostaneme dva elektrické náboje, které se mohou vyskytovat samostatně. V případě rozdělení magnetického dipólu (magnetu) dostaneme dva



samostatné magnety, každý se severním a jižním magnetickým pólem.

Indukce pole permanentního magnetu s rostoucí vzdáleností od jeho povrchu klesá. Její velikost lze pro kvádrový magnet vyjádřit přibližným vztahem

$$B_x = \frac{B_r}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W \cdot L}{2x \cdot \sqrt{(4x^2 + W^2 + L^2)}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W \cdot L}{2(x+t) \cdot \sqrt{[4(x+t)^2 + W^2 + L^2]}} \right) \right], \quad (1)$$

kde B_r je remanentní indukce magnetu, x je vzdálenost od povrchu magnetu, t je tloušťka (výška) magnetu, W je šířka tyčového magnetu a L je délka tyčového magnetu.

V technické praxi se lze nejčastěji setkat s permanentními magnety vyrobenými z materiálů na bázi feritů, dále s neodymovými magnety (NdBFe), samarium-kobaltovými magnety (SmCo) nebo AlNiCo magnety (směsí hliníku, niklu, kobaltu, železa, mědi a titanu).

Někdy bývá pro jednodušší představu o síle permanentního magnetu a pro jejich snadné vzájemné srovnání uváděna hodnota tzv. odtrhové (přidržené) síly. Hodnotu této síly je možné buď přímo změřit (měří se síla potřebná pro odtržení magnetu od kovové podložky – ocelové desky tloušťky 10 mm), nebo je ji možné přibližně určit ze vztahu

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0} \cdot S \quad (2)$$

kde F je přídržná síla magnetu, B je hodnota magnetické indukce na povrchu magnetu, μ_0 je permeabilita vakua ($1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$) a S je styčná plocha magnetu.

2. Zadání

Proveďte měření závislosti magnetické indukce na vzdálenosti $B_m = f(d)$ u předložených permanentních magnetů (dva kvádrové a jeden válcový magnet).

Vypočtete pro oba vzorky kvádrových magnetů teoretický průběh závislosti magnetické indukce na vzdálenosti $B_v = f(d)$. Pro výpočty použijte pro feritový magnet hodnotu remanentní indukce $B_r = 300 \text{ mT}$ a pro neodymový magnet hodnotu $B_r = 900 \text{ mT}$.

Do společného grafu vynesete pro oba kvádrové magnety naměřené závislosti magnetické indukce a zároveň také vypočítané teoretické závislosti.

Vypočtete pro kvádrové magnety teoretické hodnoty přídržné síly na povrchu magnetů.

V případě válcového magnetu změřte závislost magnetické indukce na vzdálenosti v různých směrech (úhlech natočení α) vzhledem k ose magnetizace magnetu a vynesete závislost $B = f(d, \alpha)$ do polárního grafu.



3. Použité přístroje a další laboratorní vybavení

- sada permanentních magnetů (feritový a neodymový magnet ve tvaru kvádru a neodymový magnet ve tvaru válce)
- posuvné měřidlo (ideálně z nemagnetického materiálu)
- přípravek s mikrometrickým posuvem a desky pro upevnění magnetů
- digitální teslametr

4. Postup měření

1. U připravených permanentních magnetů nejprve s pomocí posuvného měřidla změřte jejich rozměry. V případě kvádrových magnetů změřte šířku, výšku a délku a v případě válcového magnetu změřte výšku a průměr.
2. Zapněte teslametr tlačítkem ON a stiskem tlačítka ZERO vykompenzujte případné okolní magnetické pole tak, aby teslametr ukazoval hodnotu 0 mT.
3. Otáčením šroubu nastavte mikrometrický posuv na značku 0 mm.
4. Měřte nejprve kvádrové magnety (feritový a neodymový magnet). Do otvoru v základně s mikrometrickým posuvem umístěte čtvercovou desku pro měření kvádrových magnetů. Sledovaný typ permanentního magnetu umístěte do otvoru v této desce.
5. Sondu teslametru položte lehce do hliníkového nosného profilu tak, aby se její konec dotýkal kolmo povrchu magnetu. Sondu do hliníkového profilu nevlačujte, aby jí bylo možné snadno vyjmout bez rizika zlomení křehké přední měřicí části. Odečtěte hodnotu magnetické indukce na povrchu magnetu.
6. Pomocí mikrometrického posuvu postupně zvyšujte vzdálenost magnetu od sondy. Jedno otočení šroubu představuje posuv o 1 mm (viz popisky na mikrometrickém posuvu).
7. Zapisujte hodnoty magnetické indukce v závislosti na postupně se zvětšující vzdálenosti od povrchu magnetu. Nastavujte vzdálenost magnetu od sondy od 0 do 5 mm s krokem 0,5 mm (tzn. vzdálenosti 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm atd.) Následně nastavujte vzdálenosti 7 mm, 10 mm, 12,5 mm a 15 mm.
8. Kroky 3 až 7 opakuje i pro druhý typ kvádrového magnetu.
9. Poté umístěte do přípravku kruhovou desku s otvorem pro měření válcového magnetu a do otvoru umístěte válcový neodymový magnet.
10. Nastavte magnet na pozici 0° vůči sondě teslametru a odečtěte hodnotu magnetické indukce v nulové vzdálenosti (na povrchu vzorku).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Podklady ke cvičení z předmětu KET/ELTM

FEL, ZČU v Plzni

11. Pootočte magnet o 30° vůči sondě a odečtěte další hodnotu magnetické indukce. Pokračujte s natáčením magnetu s krokem 30° dokud nedojde k návratu do polohy 0° .
12. V dalším kroku magnet od sondy oddálíme do vzdálenosti 0,5 mm a postup otáčení opakujeme. Takto pokračujeme až do vzdálenosti 5 mm s krokem 0,5 mm.