15. Stacionární a nestacionární magnetické pole, elektromagnetická indukce

**Magnetické pole a jeho charakteristiky**

- druh silového pole, které vytváří vodič s proudem, pohybující se částice s nábojem, zmagnetované těleso (magnet)

- stacionární pole – jehož charakteristické veličiny se s časem nemění – nepohybující se magnet

- projevuje se silovými účinky – prokážeme magnetkou (malý magnet pohyblivý kolem osy)

- permanentní magnet – trvale zmagnetované těleso

- mají póly – severní a jižní, shodné se odpuzují, rozdílné se přitahují

- magnetická indukční čára – prostorově orientované úsečky, tečna má směr osy magnetky

- homogenní pole – indukční čáry jsou rovnoběžné – nejvíce se podobá solenoid

- feromagnetické látky – železo, nikl, kobalt

Ampérovo pravidlo pro přímý vodič

-palec ukazuje dohodnutý směr proudu ve vodiči, prsty orientaci magnetických indukčních čar

Ampérovo pravidlo pro cívku

- prsty ukazují dohodnutý směr proudu v závitech, palec ukazuje orientaci magnetických indukčních čar

**Magnetické pole vodičů s proudem**

- magnetická síla – působí na přímý vodič v magnetickém poli

$$F\_{m}=BIl\sin(α)$$

- $α$ … úhel mezi vodičem a indukčními čarami

- magnetická indukce – vektorová veličina, popisuje sílu magnetického pole

$$B=\frac{F\_{m}}{Il\sin(α)}$$

- jednotka indukce: $\left[B\right]=T…Tesla$

Flemingovo pravidlo levé ruky

- položíme-li otevřenou levou ruku k přímému vodiči tak, aby prsty ukazovaly směr proudu a indukční čáry vstupovaly, ukazuje odtažený palec směr síly, kterou působí magnetické pole na vodič s proudem

- magnetická indukce: $μ…permeabilita prostředí\rightarrow μ\_{r}=\frac{μ}{μ\_{0}}…relativní permeabilita$

1. ve vzdálenosti d od dlouhého přímého vodiče

$$B=μ\frac{I}{2πd}$$

2. ve středu kruhového závitu s poloměrem r

$$B=μ\frac{I}{2r}$$

3. uvnitř velmi dlouhé válcové cívky

$$B=μ\frac{NI}{l}$$

Ampérův zákon

- dva rovnoběžné vodiče s proudem, jejichž vzdálenost je mnohem menší než jejich délka na sebe navzájem působí silou

$$F\_{m}=\frac{μ}{2π}\frac{I\_{1}I\_{2}}{d}l$$

-podle tohoto definován ampér

Částice s nábojem v magnetickém poli

$$F\_{m}=Bev\sin(α)\rightarrow Bev$$

- elektron – jeho dráha se zakřivuje

$$r=\frac{mv}{eB}=\frac{mv}{QB}$$

Hallův jev

- působením magnetického pole se volné náboje přemisťují k jedné boční stěně destičky

Lorentzova síla

- vektorový součet elektrické a magnetické síly

$$F\_{L}=F\_{e}+F\_{m}$$

**Látky v magnetickém poli**

- podle uspořádání elektronů v atomu rozlišujeme 3 druhy látek

- diamagnetické - $μ\_{r}<1$, - mírně zeslabují mag. pole (zlato, měď, rtuť, inertní plyny)

- paramagnetické - $μ\_{r}>1$, - mírně zesilují mag. pole (draslík, sodík, hliník)

- feromagnetické - $μ\_{r}=100-100000$, - značně zesilují magnetické pole (ocel)

- feromagnetismus – vlastnost celé struktury látky, kapalné a plynné a při vyšší teplotě nejsou

**Magnetická hystereze**

- nezmagnetované jádro, v mag. poli, cívkou prochází proud, jádro se magnetuje až do úplného nasycení

- po přerušení – částečně zmagnetováno🡪remanentní magnetická indukce (zbylá)🡪podle toho určujeme materiály

- magneticky měkké – po přerušení proudu, magnetické pole zaniká

- magneticky tvrdé – po přerušení proudu, magnetické pole zůstává 🡪trvalý magnet🡪odmagnetování opačným magnetickým polem (opačný proud)

**Magnetické materiály v praxi**

- především jako jádra cívek

- elektromagnety

- větší magnetická pole než u samotné cívky

- velmi silná magnetická pole 🡪složité tvary cívek

**Nestacionární magnetické pole**

 - jeho charakteristické veličiny se mění

- časově proměnný proud v nepohyblivém vodiči

- pohybující se vodič se stálým nebo proměnným proudem

- pohybující se permanentní magnet

Děje v nestacionárním magnetickém poli jsou vždy spojeny se vznikem nestacionárního elektrického pole. Jsou to děje elektromagnetické, při nichž nestacionární elektrické a magnetické pole jsou navzájem neoddělitelná a vytvářejí jediné pole elektromagnetické.

**Magnetický indukční tok**

$$ϕ=BS=BS\cos(α)$$

- magnetická indukce na obsah rovinné plochy

- jednotkou je weber (Wb)

**Elektromagnetická indukce**

- nestacionární pole je příčinnou indukovaného elektrického pole

- mezi konci vodiče je indukované elektromotorické napětí, uzavřeným obvodem prochází proud

- podmínkou je časová změna indukčního toku

**Faradayův zákon elektromagnetické indukce**

- indukované elektromotorické napětí je rovno záporně vzaté časové změně magnetického indukčního toku

$$U\_{i}=-\frac{∆ϕ}{∆t}$$

$$∆ϕ=BΔS$$

$$U\_{i}=Bvl=B\frac{Δsl}{Δt}$$

**Lenzův zákon**

- indukovaný elektrický proud v uzavřeném obvodu má takový směr, že svým magnetickým polem působí proti změně magnetického indukčního toku, která je jeho příčinou

- lze použít Flemingovo pravidlo pravé ruky – palec směr pohybu, vektor indukce vstupoval do dlaně, prsty ukazují směr proudu

- Foucaltovy proudy – vířivé proudy

- v masivních vodičích (desky, hranoly, plechy, dochází ke ztrátám, těleso se zahřívá

**Vlastní indukce**

- indukce při změnách magnetického pole v samotném vodiči

- vytváří je proud procházející vodičem

$$ϕ=LI, L…indukčnost=henry (H)$$

$$U\_{i}=-L\frac{ΔI}{Δt}=-\frac{Δϕ}{Δt}$$

$$L=μ\frac{N^{2}S}{l}$$

**Energie magnetického pole cívky**

- vzorec pro cívku bez feromagnetického jádra

$$E=\frac{1}{2}LI^{2}$$

- pro feromagnetické jádro nelze tento vztah použít, indukčnost závisí na jádře, závisí na proudu