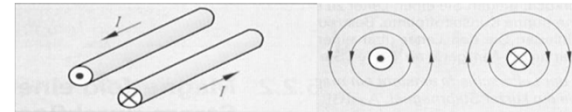


ELEKTROMAGNETIZAM

OSNOVNE POJAVE MAGNETIZMA

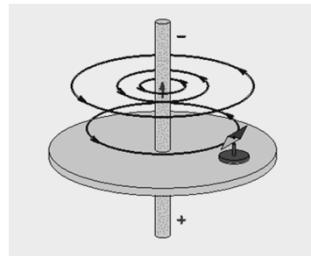
1

- Jedan od osnovnih učinaka električne struje je stvaranje magnetskog polja u okolišu vodiča i u samome vodiču kroz koji prolazi struja.
- Magnetsko polje kao i električno nastaje kao posljedica električnih naboja. Kod elektrostatike, električno polje stvaraju naboji u mirovanju, a kod gibanja naboja stvara se magnetsko polje.



2

- Smjer djelovanja magnetskog polja oko vodiča je kružnog oblika a određuje se pravilom desne ruke za ravni vodič:



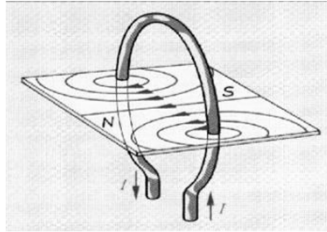
Desnu ruku postavimo tako da nam ispruženi palac pokazuje smjer struje u vodiču, a savijeni prsti će tada pokazivati smjer magnetskog polja.

3

- Magnetske silnice su zamišljene crte kojima pokazujemo smjer magnetskog polja.
 - Silnice su u sebe zatvorene konture
 - Imaju svoj smjer povezan sa smjerom struje
 - Za jače polje crtaju se gušće silnice
 - Silnice se zatvaraju u sebe najkraćim mogućim putem linijom manjeg otpora.

4

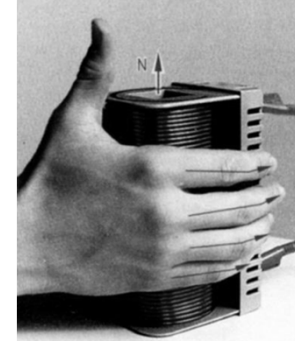
- Kod strujne petlje sa jednim ili više zavoja snop silnica na jednoj strani ulazi (južni pol), a na drugoj strani izlazi (sjeverni pol).



5

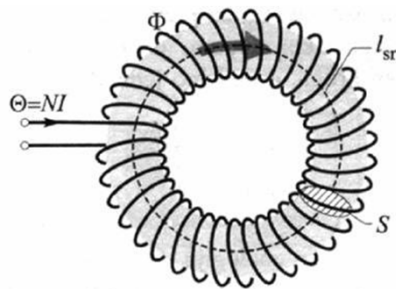
- Smjer magnetskog polja svitka određuje se pravilom desne ruke za svitak:

Obuhvatimo svitak desnom rukom tako da savijeni prsti pokazuju smjer struje kroz svitak, tada će nam ispruženi palac pokazivati smjer mag. polja (sjeverni pol)



6

MAGNETSKO POLJE KRUŽNOG SVITKA



Θ ..protok ili magnetomotorna sila (A)

Φ .. Magnetski tok (Wb ili Vs)

S..poprečni presjek mag. kruga (m^2)

l_{sr} .. srednja duljina magnetskog kruga (m)

7

OSNOVNE VELIČINE I JEDINICE U MAGNETSKOM POLJU

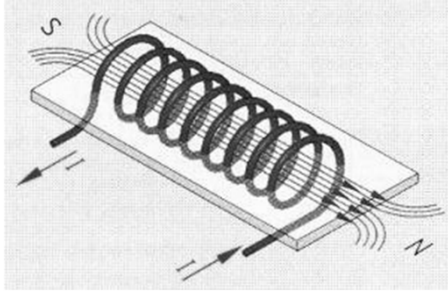
1. Magnetska uzbuđa (protok), struja magnetski uzbuđuje prostor i u njemu stvara magnetsku uzbuđu (Θ).
Magnetska uzbuđa je to veća što je jača struja (I) i što je veći broj zavoja svitka.

$$\Theta = I \times N$$

I...struja kroz svitak (A)
N...broj zavoja svitka

8

Umnožak I i N zove se magnetomotorna sile jer je to izvor magnetske sile.



9

MAGNETSKI TOK I NJEGOVA GUSTOĆA

- To je ukupan broj magnetskih silnica polja nekog svitka (ili trajnog magneta).
- Označava se sa “ Φ ”. Osnovna mu je jedinica V (volt sekunda) ili Wb (veber).
- Ako takav tok prolazi kroz neku površinu, onda kažemo da ima neku svoju gustoću.
- Gustoća magnetskog toka je to veća, što je veći magnetski tok “ Φ ”, površina “S” kroz koju on prolazi, manja. Ta se veličina zove gustoća magnetskog toka ili magnetska indukcija “B”.

$$B = \frac{\Phi}{S} \left[\frac{Vs}{m^2} = T \right]$$

10

Wilhelm Eduard Weber

- Rođen u Wittenbergu 24. listopada 1804. – Göttingen 23. lipnja 1891.
- Profesor fizike na sveučilištu u Göttingenu, istraživao magnetizam i akustiku.



11

JAKOST MAGNETSKOG POLJA

- Jakost magnetskog polja “H” je to veća magnetska uzbuda “ Θ ”, i što je srednji put silnica “ l_{sr} ” kraći.

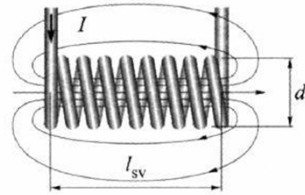
$$H = \frac{\Theta}{l_{sr}} = \frac{I \times N}{l_{sr}} \left[\frac{A}{m} \right]$$

- Pri računanju jakosti magnetskog polja “H”, uvijek je potrebno precizno odrediti duljinu središnje silnice “ l_{sr} ”

12

- Kod ravnog vodiča, jakost homogenog polja u svitku određujemo obrascem i prema slici:

$$H = \frac{I \times N}{l_{sv}} \left[\frac{A}{m} \right]$$



13

PERMEABILNOST (MAGNETSKA POPUSTLJIVOST)

- To je sposobnost materijala da ima veliku gustoću magnetskog toka "B" uz što manju jakost magnetskog polja "H".

$$\mu = \frac{B}{H} \left[\frac{\frac{Vs}{m^2}}{\frac{A}{m}} \right] = \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

14

- Permeabilnost zrakopraznog prostora (konstanta) iznosi :

$$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

- Ukupna permeabilnost neke tvari "μ" je umnožak permeabilnosti vakuuma "μ₀" i relativne permeabilnosti te tvari:

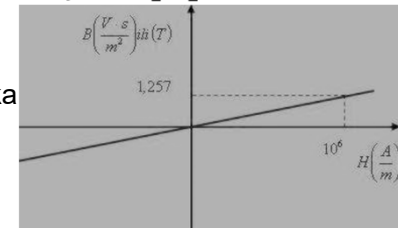
$$\mu = \mu_0 \times \mu_r \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

15

- Za vakuum μ_r=1, te je μ = μ_r
- Tako se može izračunati gustoća magnetskog toka B₀ u zraku, ako imamo jakost magnetskog polja H₀:

$$B_0 = \mu_0 \times H [T]$$

BH karakteristika zračnog svitka (prolazi kroz ishodište).



16

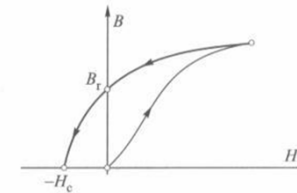
- Vidimo da u zraku gustoća magnetskog toka "B" raste linearno s porasti jakosti magnetskog polja "H", te je uvijek omjer gustoće magnetskog toka i jakosti polja, isti broj, a to je magnetska konstanta " μ_0 ".

$$\mu_0 = \frac{B_0}{H_0} \left[\frac{Vs}{Am} \right]$$

17

BH KARAKTERISTIKA

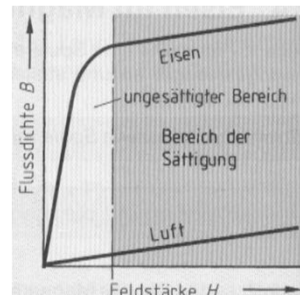
- To je graf za neki materijal koji pokazuje kako se mijenja gustoća magnetskog toka "B", sa porastom jakosti magnetskog polja "H", kojemu je taj materijal izložen.



Magnetiziranje i
razmagnetiziranje
željezne jezgre

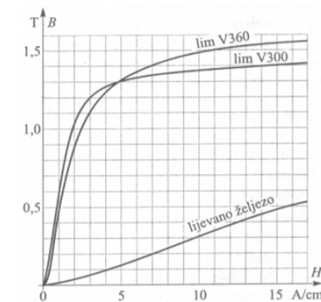
18

- Kod magnetiziranja željeza, karakteristika je nelinearna, i ona ima područja zasićenja u kome više nema smisla povećavati jakost magnetskog polja "H" jer su se svi elementarni magneti u željezu, usmjerili.



19

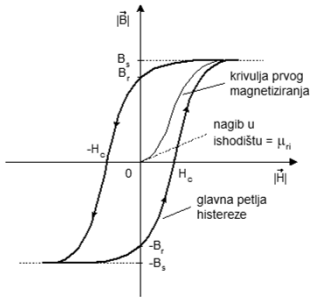
Primjer BH
karakteristike za
neke materijale:



20

PETLJA HISTEREZE

- Kod feromagnetskog materijala, gustoća magnetskog toka raste s porastom magnetskog polja, ne linearno već prema krivulji magnetiziranja materijala.



Razmagnetiziranje ne teče po toj krivulji već prema krivulji naziva “petlja histereze”

21

- Vidimo da kod željeza, smanjenjem polja “H” na nulu, (struja na nuli), ne pada indukcija “B” na nulu.
- To je zato što neki elementarni magnetički i dalje ostaju magnetični (usmjereni).
- Ta pojava se naziva zaostali ili remanentni magnetizam.
- Remanentni magnetizam se poništava tek propuštanjem struje (a time i poljem) u suprotnom smjeru, a prema petlji histereze.
- Takvo polje je potrebno da se ukloni remanentni magnetizam i zove se koercitivno polje.

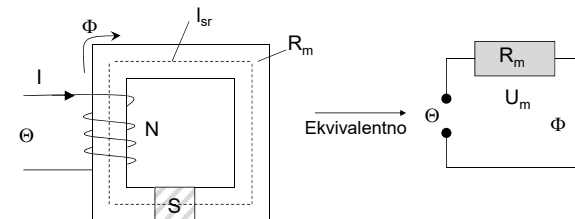
22

- Daljnijim povećanjem suprotnog polja raste indukcija u suprotnom smjeru, a ponovno promjenom smjera struje, proces teče prema petlji histereze.
- Krivulja histereze dobije se djelovanjem promjenjivog magnetskog polja pri toku izmjenične struje kroz svitak sa željeznom jezgrom.
- Takvim djelovanjem stvaraju se gubici u željezu koji se zovu “gubici uslijed histereze”

23

MAGNETSKI KRUG

- To je zatvoreni put kroz koje prolaze silnice magnetskog toka nekog magnetskog polja.



24

Drugi kirchhoffov zakon za mag. krug $\Theta = U_m$

$$U_m = H \times l$$

$$\Theta = I \times N$$

$$I \times N = H \times l$$

$$H = \frac{I \times N}{l}$$

Elektrodinamika $R = \frac{l}{\chi \times S}$

Elektromagnetizam $R_m = \frac{l}{\mu \times S}$

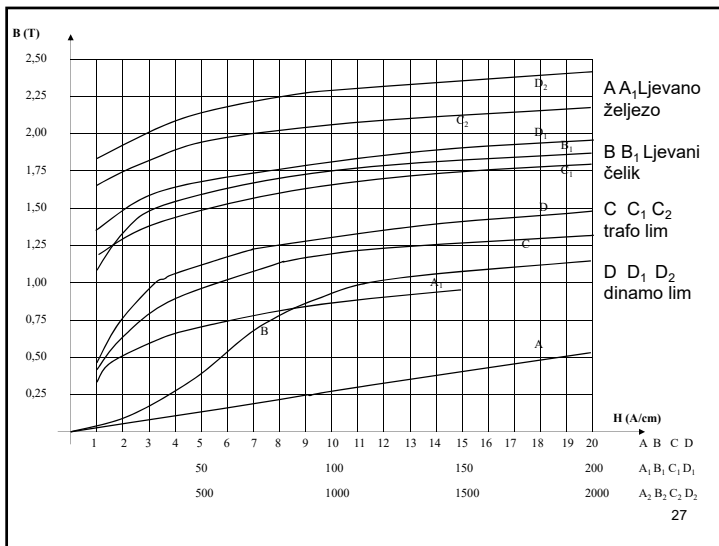
25

II Kirchhoffov zakon za mag. krug

$$\Theta_1 + \Theta_2 = U_m$$

$$I_1 \times N_1 + I_2 \times N_2 = H \times l$$

26



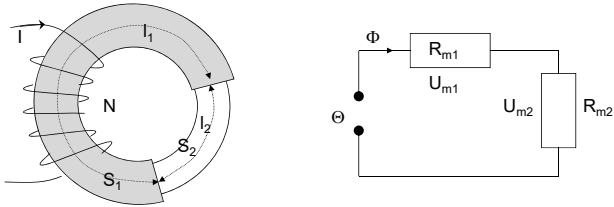
Primjer: 1

Mag. tok $\Phi = 4 \times 10^{-6} (\text{Vs})$ proizvodi struja koja teče kroz svitak od $N = 1000$ zavoja, omotanih oko cijevi savinute u obliku prstena. Promjer cijevi je $d_c = 10 (\text{cm})$, a duljina osi cijevi $l_c = 1,2 (\text{m})$. Koliko je polje H i struja I koja proizvodi to polje?

$\Phi = 4 \times 10^{-6} (\text{Vs})$
 $N = 1000$
 $d_c = 10 (\text{cm})$
 $l_c = 1,2 (\text{m})$
 $H, I = ?$

28

2: Zadana je jezgra izrađena od dinamo-lima, kao na slici. Pri tome je $S_1=40 \text{ (cm}^2\text{)}$, $S_2=25 \text{ (cm}^2\text{)}$, $l_1=50 \text{ (cm)}$, $l_2=30 \text{ (cm)}$, ako je tok kroz jezgru $\Phi=5 \cdot 10^{-3} \text{ (As)}$, treba odrediti potrebni protok (MMS), ako namotaj ima $N=1000$ zavoja. Treba odrediti i potrebnu struju pobude I .

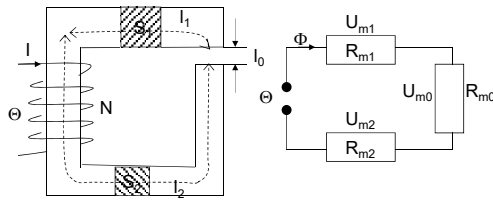


29

3: Zadana je jezgra od transformatorskih limova, koja ima oblik kao na slici. Na jednom mjestu nalazi se zračna pukotina u kojoj se linije toka rasipaju za $x=20\%$. Ako je indukcija u zraku $B_0=0,8 \text{ (T)}$, treba odrediti MMS Θ potrebnu za magnetiziranje jezgre. Zadano je $S_1=16 \text{ (cm}^2\text{)}$, $S_2=10 \text{ (cm}^2\text{)}$, $l_1=20 \text{ (cm)}$, $l_2=40 \text{ (cm)}$ i $l_0=0,3 \text{ (mm)}$. Koliko zavoja treba imati zavojnica ako je struja kroz zavojnicu $I=10 \text{ (A)}$?

30

$X=20 \%$
 $B_0=0,8 \text{ (T)}$
 $S_1=16 \text{ (cm}^2\text{)}$
 $S_2=10 \text{ (cm}^2\text{)}$
 $l_1=20 \text{ (cm)}$
 $l_2=40 \text{ (cm)}$
 $l_0=0,3 \text{ (cm)}$
 $I=10 \text{ (A)}$
 $\Theta, N = ?$



$$\Theta = U_{m1} + U_{m2} + U_{m0}$$

$$\Theta = H_1 \times l_1 + H_2 \times l_2 + H_0 \times l_0$$

31