

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

Študijsko leto:

Datum:

Vaja:

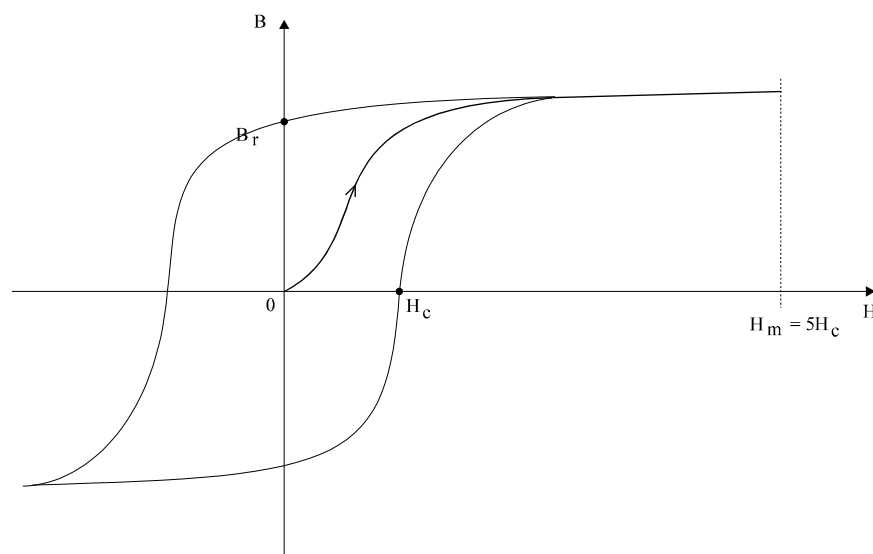
Naslov vaje: *Nastavljanje delovne točke trajnega magneta*

Pri vaji boste podrobneje spoznali enega od možnih postopkov nastavljanja delovne točke trajnega magneta.

Trajne magnete uporabljamo v različnih napravah, kjer potrebujemo stalno magnetno polje. Dobre lastnosti sodobnih trdomagnetnih materialov s pridom uporabljamo na številnih področjih (električni stroji, merilni instrumenti, mikrofoni in zvočniki).

1. Magnetenje trajnih magnetov

Za magnetenje in kalibriranje sodobnih trdomagnetnih materialov uporabljamo impulzne magnetilno-razmagnetilne naprave. Za magnetenje potrebujemo velike poljske jakosti, ki morajo biti za dobro magnetenje tudi do 5-krat večje od vrednosti koercitivne poljske jakosti H_c . (slika 2.1)



Slika 2.1: Histerezna zanka trdomagnetnega materiala

Za generiranje le-teh potrebujemo tokovne impulze. Njihova velikost je odvisna od potrebne energije za magnetenje in od parametrov magnetilne tuljave. V praksi uporabljamo zračne tuljave in tuljave z železnim jedrom. Tuljave z železnim jedrom so konstrukcijsko zahtevnejše od zračnih; za doseganje želene gostote magnetnega pretoka pa rabimo manjše tokovne impulze.

Priimek in ime:

List številka: 1

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

Študijsko leto:

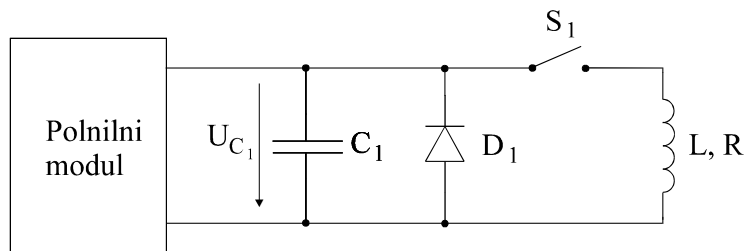
Datum:

Vaja:

Tokovne impulze realiziramo s sprostitvijo v kondenzatorju nakopičene električne energije v tuljavo, ki to energijo pretvori v magnetno. V kondenzatorju shranjena energija je:

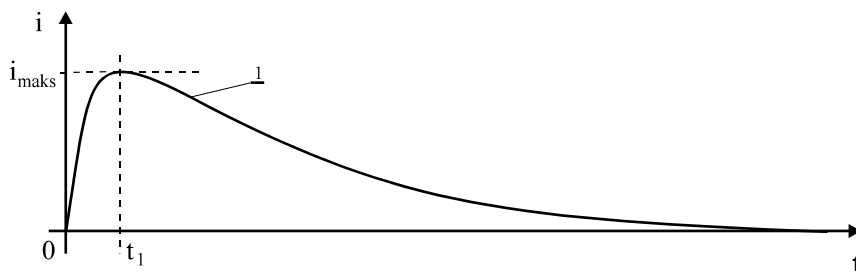
$$W_{C_1} = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot U_{C_1}^2 \quad (2.1)$$

Iz enačbe (2.1) je razvidno, da je energija, ki je shranjena v kondenzatorju C_1 , odvisna od kapacitivnosti kondenzatorja in od pritisnjene napetosti. S spreminjanjem napetosti na kondenzatorju lahko torej posredno spreminjamo tudi količino energije, ki jo potrebujemo pri magnetenju.



Slika 2.2: Osnovno vezje za magnetenje trajnih magnetov

Osnovno vezje, ki omogoča pretvorbo v kondenzatorju nakopičene električne energije v magnetno, je prikazano na sliki 2.2. S polnilnim modulom napolnimo kondenzator do želene napetosti in nato s sklenitvijo stikala S_1 spraznimo magnetilni kondenzator C_1 prek tuljave L . Ko sklenemo stikalo S_1 , začne tok skozi magnetilno-razmagnetilno tuljavo naraščati in v trenutku, ko doseže maksimalno vrednost, je v tuljavi vsa energija, ki je bila predhodno shranjena v kondenzatorju. Zaradi nakopičene magnetne energije v tuljavi se na njej inducira napetost, ki vzdržuje še naprej isto smer toka. Ker je ob kondenzatorju paralelno vezana dioda D_1 , le-ta prevzame celoten tok in prepreči, da bi se kondenzator prepolariziral. Tako se tok »kratko« sklene skozi diodo in dobimo aperioidični potek tokovnega impulza, ki je prikazan na sliki 2.3.



Slika 2.3: Aperioidičen tokovni impulz

S tako obliko aperioidičnega tokovnega impulza v magnetilno-razmagnetilni tuljavi lahko uspešno namagnetimo trajni magnet.

Priimek in ime:

List številka: 2

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

Študijsko leto:

Datum:

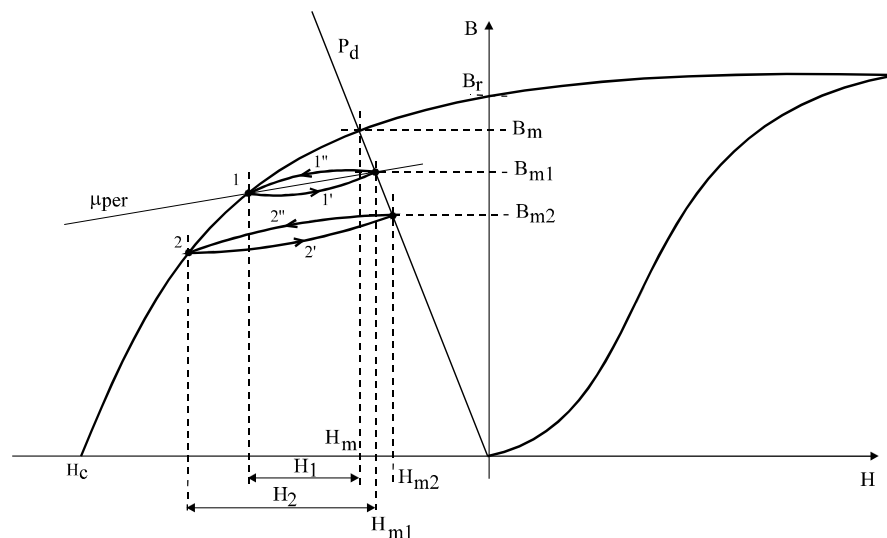
Vaja:

2. Delno razmagnetenje trajnega magneta

Razpoložljiva energija v trajnem magnetu je odvisna od namagnetenosti materiala oziroma od njegove sposobnosti, da energijo sprejme in jo tudi obdrži. Želeno gostoto magnetnega pretoka v zračni reži trajnega magneta lahko dosežemo na dva načina:

- z delnim magnetenjem do zelene vrednosti,
- z magnetenjem do nasičenja, kateremu sledi delno razmagnetenje.

Oba postopka lahko ponazorimo s pomikanjem delovne točke po delovni premici P_d na sliki 2.4, le da je prvi način nezadovoljiv, ker z njim ne dosežemo stabilne delovne točke. Maksimalna gostota magnetnega pretoka B_m v zračni reži magneta je dosežena pri magnetenju do nasičenja. Po magnetenju do nasičenja je magnet v delovni točki (H_m, B_m) . Gostoto magnetnega pretoka B_m lahko zmanjšamo z zunanjim razmagnetilnim poljem.



Slika 2.4: Prikaz delnega razmagnetenja trajnega magneta

Zunanje razmagnetilno polje poljske jakosti H_1 zmanjšuje B do točke 1. Po prenehanju delovanja razmagnetilnega polja se gostota magnetnega pretoka B nekoliko poveča, in sicer do B_{m1} . Porast B bo sledil krivulji $1 \rightarrow 1' \rightarrow (H_{m1}, B_{m1})$, ki je bolj položna kakor razmagnetilna krivulja. Po ponovni izpostavitvi trajnega magneta razmagnetilnemu polju, tokrat večje poljske jakosti, kot je bila v prejšnjem primeru ($H_2 > H_1$), se začne B spreminjati po krivulji $(H_{m1}, B_{m1}) \rightarrow 1'' \rightarrow 2$. Nato izklopimo zunanje polje in B začne naraščati. Naraščanje sledi krivulji $2'$, dokler ne doseže delovne premice in se postavi v točko (H_{m2}, B_{m2}) . Pot po zanki $1 \rightarrow 1' \rightarrow (H_{m1}, B_{m1}) \rightarrow 1'' \rightarrow 1$ je reverzibilna in jo lahko ponazorimo s premico. Naklon premice je podan s permanentno permeabilnostjo μ_{per} .

Priimek in ime:

List številka: 3

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

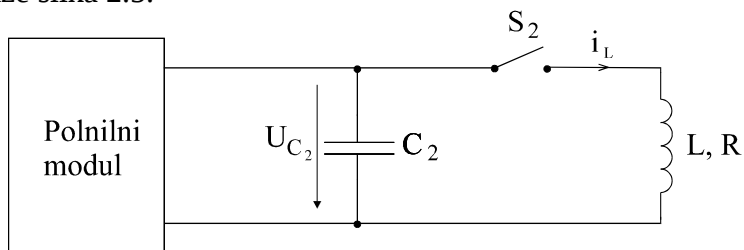
Študijsko leto:

Datum:

Vaja:

V principu lahko pri delnem razmagnetenju uporabimo enak potek toka kot pri magnetenju, le z nasprotnim predznakom.

Še boljše rezultate dosežemo s tokom, ki ima dušen periodični potek. Praktični preizkusi so pokazali, da je tako nastavljena delovna točka trajnega magneta časovno stabilnejša kot pri uporabi impulznega toka. Osnovno shemo vezja za generiranje dušenega periodičnega toka skozi tuljavo L, R kaže slika 2.5.



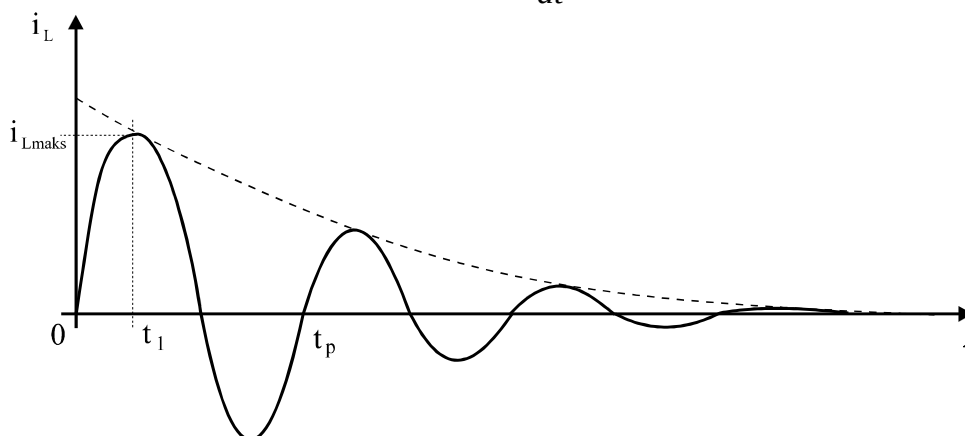
Slika 2.5: Principialna shema razmagnetilnega vezja

S polnilnim modulom napolnimo kondenzator do želene napetosti. Ko sklenemo stikalo S_2 , začne tok skozi magnetilno-razmagnetilno tuljavo naraščati in v trenutku, ko doseže tok maksimalno vrednost, je v tuljavi vsa energija, ki je bila pred tem shranjena v kondenzatorju. Ker v tem vezju ni prostotečne diode, se energija pretaka iz tuljave v kondenzator in obratno. Zaradi nadomestne upornosti tuljave R amplituda nihanja eksponencialno upada. Slika 2.6 prikazuje časovni potek dušenega periodičnega tokovnega impulza. V tokokrogih, prikazanih na slikah 2.2 in 2.5, poiščimo zvezo med električnimi veličinami v vezju. Predpostavimo, da je kondenzator C_2 napolnjen na napetost U_{C0} . Ob vklopu stikala S_2 lahko opišemo potek napetosti na kondenzatorju z naslednjo diferencialno enačbo:

$$u_{C_{1,2}}(t) = R \cdot i_L(t) + L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} \quad (2.2)$$

Če upoštevamo, da je tok v tokokrogu C_2 -L, R na sliki 2.5. enak:

$$i_L(t) = i_{C_{1,2}}(t) = -C_{1,2} \cdot \frac{du_{C_{1,2}}}{dt} \quad (2.3)$$



Priimek in ime:

List številka: 4

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

Študijsko leto:

Datum:

Vaja:

Slika 2.6: Časovni potek razmagnetilnega toka

in izraz (2.3) vstavimo v enačbo (2.2), dobimo diferencialno enačbo, ki opisuje potek napetosti na kondenzatorju:

$$L \cdot C_{1,2} \cdot \frac{d^2 u_{C_{1,2}}(t)}{dt^2} + R \cdot C_{1,2} \cdot \frac{du_{C_{1,2}}}{dt} + u_{C_{1,2}}(t) = 0 \quad (2.4)$$

Z reševanjem enačbe (2.4) dobimo izraz za tok pri dušenem periodičnem prehodnem pojavu:

$$i_L(t) = \frac{U_{C_0}}{\omega \cdot L} \cdot e^{-\delta \cdot t} \cdot \sin \omega \cdot t \quad (2.5)$$

kjer so:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C_{1,2}} \quad \delta = \frac{R}{2 \cdot L} \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2} \quad (2.6)$$

ω_0 ...resonančna krožna frekvenca,

δ ... faktor dušenja,

ω ...krožna frekvenca, s katero se tok izniha.

V času $\tau = 1/\delta$ se ordinata ovojnice $\pm \frac{U_{C_0}}{\omega \cdot L} \cdot e^{-\delta \cdot t}$ zmanjša za iznos $1/e$, tako da lahko definiramo časovno konstanto upadanja toka $\tau = 1/\delta = 2L/R$. Zelo pomembno je, da je konstanta $\tau \gg 2\pi/\omega$, ker se le v tem primeru pretežni del energije, nakopičene v kondenzatorju, prenese v magnetilno energijo tuljave. Tok doseže maksimalno vrednost v prvi četrtini periode t_p ($t_1 = \pi/2\omega$) in znaša:

$$I_{maks} = \frac{U_{C_0}}{\omega \cdot L} \cdot e^{-\frac{\pi}{2} \frac{1}{\omega \tau}} \quad (2.7)$$

Potek toka pri magnetenju (slika 2.3) je v prvi četrtini periode t_p enak poteku toka pri razmagnetanju (slika 2.6). Od trenutka t_1 pa v magnetilnem vezju prevzame prevajanje prostotečna dioda in tok začne upadati po enačbi (2.8).

$$i(t \geq t_1) = I_{maks} \cdot e^{-\frac{\delta}{2} t} \quad (2.8)$$

Tako potek toka pri magnetenju lahko opišemo z dvema enačbama, in sicer velja enačba 2.5 za čas $0 > t > t_1$, od časa t_1 naprej pa enačba 2.8.

Delo v laboratoriju:

Priimek in ime:

List številka: 5

MATERIALI IN TEHNOLOGIJE

Študijsko leto:

Datum:

Vaja:

1. Določite vrednosti komponent:

$$C_{mag} = \text{_____} \mu\text{F}$$

$$C_{razm} = \text{_____} \mu\text{F}$$

$$U_{max,mag} = \text{_____} \text{V}$$

$$U_{max,razm} = \text{_____} \text{V}$$

$$L_{mag,razm.} = \text{_____} \mu\text{H}$$

$$R_{mag,razm.} = \text{_____} \Omega$$

2. Izračunajte maksimalno možno energijo, ki jo lahko sprostimo pri postopku magnetenja oziroma razmagnetenja!

3. Določite maksimalno vrednost toka pri postopku magnetenja oziroma razmagnetenja!

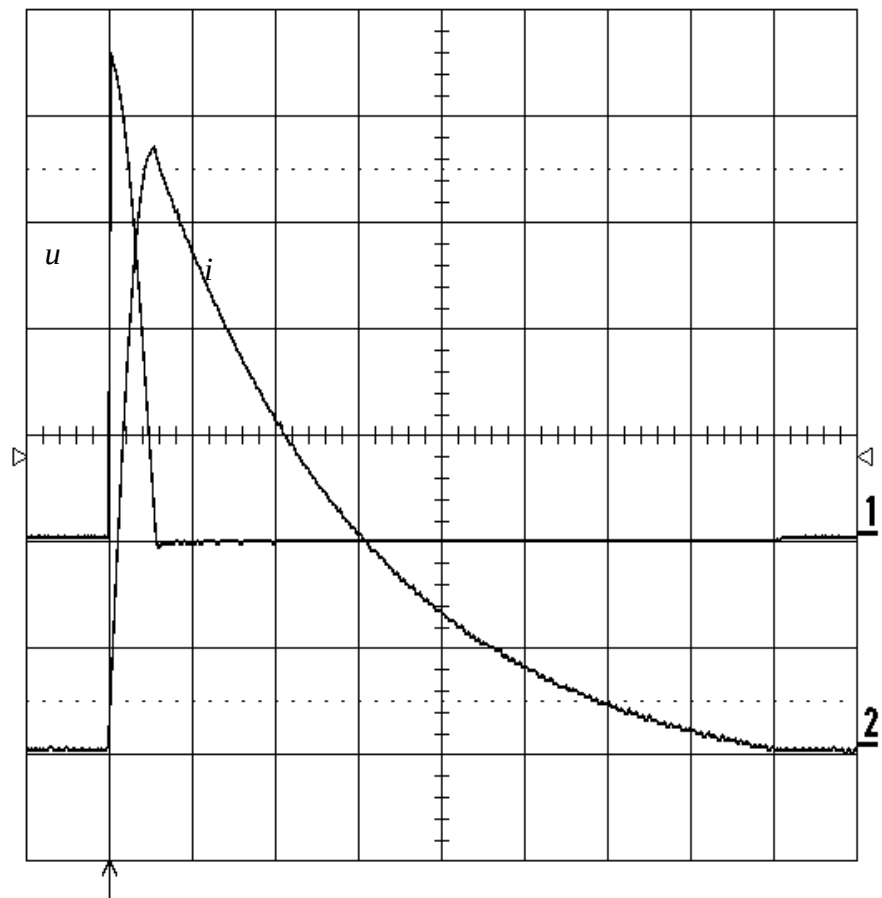
4. Izračunane vrednosti preverite na eksperimentalnem modelu!

5. Komentirajte dobljene rezultate!

Priimek in ime:

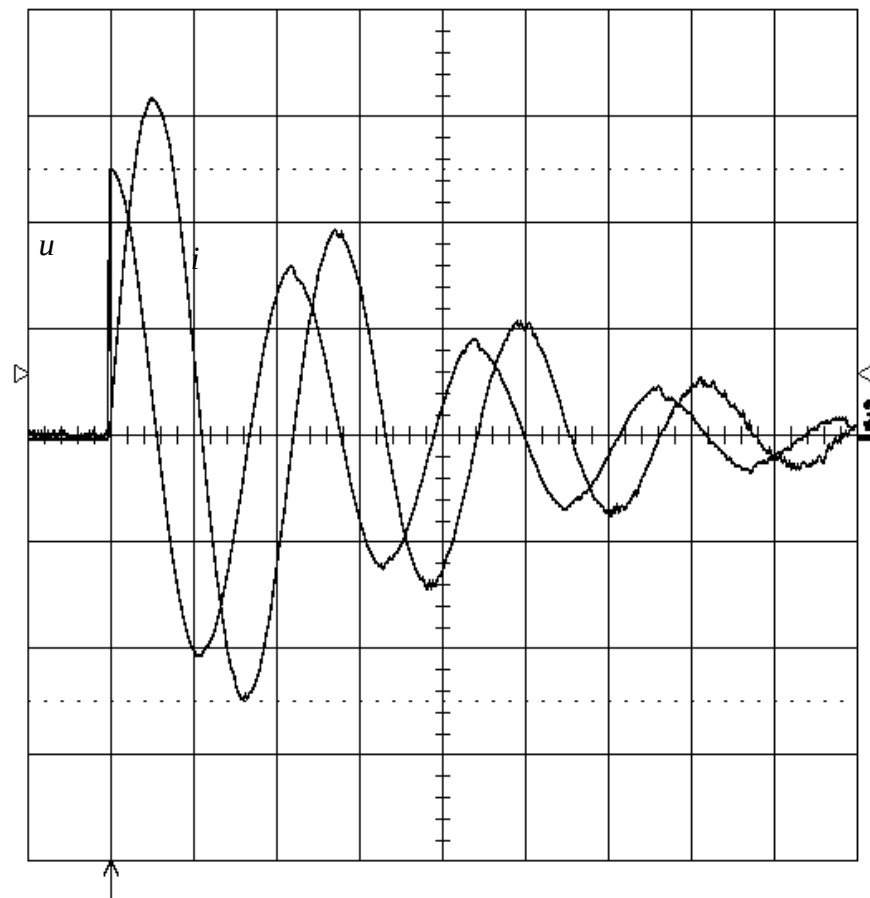
List številka: 6

Magnetenje



$$k_U = 50 \text{ V/d}, k_I = 50 \text{ A/d}, k_t = 1 \text{ ms/d}$$

Razmagnetenje



$$k_U = 20 \text{ V/d}, k_I = 20 \text{ A/d}, k_t = 1 \text{ ms/d}$$

i

u