

Feromagnetizem

Urh Trinko

4. november 2020

1 UVOD

Feromagneti (železo, nikelj, kobalt) so snovi, ki imajo permabilnost, μ , mnogo večjo od ena. Feromagnetna snov je sestavljena iz domen, med katerimi ima vsaka različno MAGNETIZACIJO. Če jo izpostavimo zunanjemu magnetnemu polju, se domene, katerih magnetizacija kaže približno v smeri tega polja povečajo in zasedejo prostor drugih. Taka oblika se lahko ohrani tudi ko odstranimo zunanje magnetno polje, zato snov obdrži magnetne lastnosti.

Lastnosti feromagnetne snovi lahko razberemo iz MAGNETILNE in HISTEREZNE KRIVULJE. Obe predstavljata odvisnost gostote magnetnega polja v snovi v odvisnosti od jakosti zunanjega magnetnega polja ($B(H)$). Prva predstavlja krivuljo $B(H)$, ki se začne v popolnoma razmagnetnem stanju, druga pa pri ponavljajočem magnetenju. Snovi, ki imajo široko histerezno krivuljo ohranijo veliko gostoto magnetnega polja tudi ko je jakost zunanjega električnega polja enaka 0, zato se pogosto uporabljajo za elektromagnete in trajne magnete. Nasprotno imajo snovi z ozko histerezno krivuljo nizko REMANENTNO GOSTOTO MAGNETNEGA POLJA (B , ki se ohrani po tem ko je jakost zunanjega polja enaka 0), zato se pogosto uporabljajo kot jedra transformatorjev.

Za magnetni krog, ki je sestavljen iz feromagneta in tanke reže velja enačba, ki povezuje B in H :

$$B_{fero} = -\mu_0 \cdot \frac{L}{x} \cdot H_{fero} \quad (1)$$

(L - dolžina feromagnetnega jarma, x - debelina reže)

2 POTREBŠČINE

- transformatorski jarem, kos železa/transformatorskega jela
- distančniki
- primarna ($N_1 = 1000$) ter sekundarna ($N_2 = 46$) tuljava
- elektronsko procesno vezje, računalnik

3 NALOGA

1. Izmeri histerezno zanko transformatorskega jekla.
2. Izmeri histerezno zanko za transformatorsko jeklo z različnimi režami. Primerjaj vrednost gostote magnetnega polja, ki jo odčitamo iz presečišča histereze z oordinatno osjo s tisto, ko jo dobiš iz presečišča histereze iz 1. naloge ter premice, ki jo določa enačba (1).
3. Izmeri histerezno zanko za krogi iz transformatorskega jekla in kosa železa

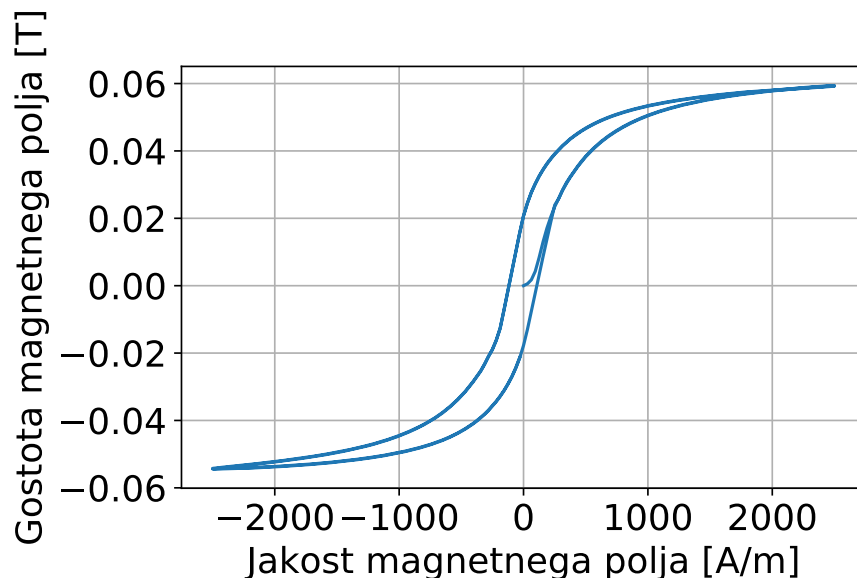
4 MERITVE

- Podatki pridobljeni na računalniku, s pomočjo katerih sem kasneje narisal histerezne krivulje,
- površina prereza transformatorskega jarma: $S = 16.0 \text{ cm}^2 \pm 0.4 \text{ cm}^2$,
- dimenzije transformatorskega jarma: $a = 15.0 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$, $b = 13.2 \pm 0.1 \text{ cm}$.
- Debelina enega listka: $0.10 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ (Naredil sem štiri meritve, začel sem z enim listkom nato pa sem vsakič dodal enega.)

5 IZRAČUNI

5.1 Histerezna zanka transformatorskega jekla

Histerezno zanko na sliki 1 sem dobil tako, da sem prilagodil izmerjene podatke, in sicer tako, da sem os y umeril na gostoto magnetnega polja, os x pa na jakost magnetnega polja po enčbi $H = \frac{N_1 \cdot I_1}{L}$.



Slika 1: Histerezna krivulja za transformatorsko jeklo.

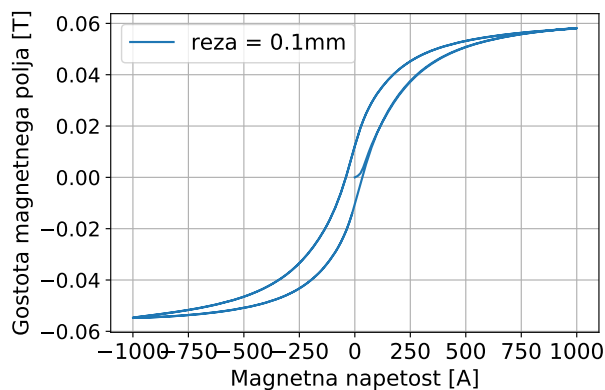
5.2 Histerezna zanka za transformatorsko jeklo z režo

5.2.1 Gostota magnetnega polja, ko je $U_m = 0$

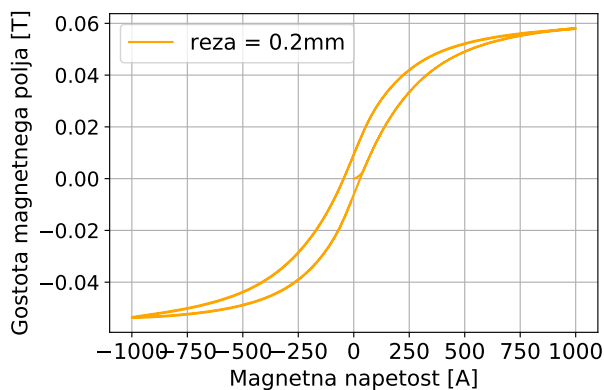
V primeru slik 2 do 5 sem os y umeril enako kot v poglavju 5.1, os x pa na enote magnetne napetost $U_m = N_1 \cdot I_1$.

S pomočjo funkcije v Pythonu pa sem pridobil tudi vrednosti gostote magnetnega polja, ko je U_m enaka 0. Te vrenosti so znašale:

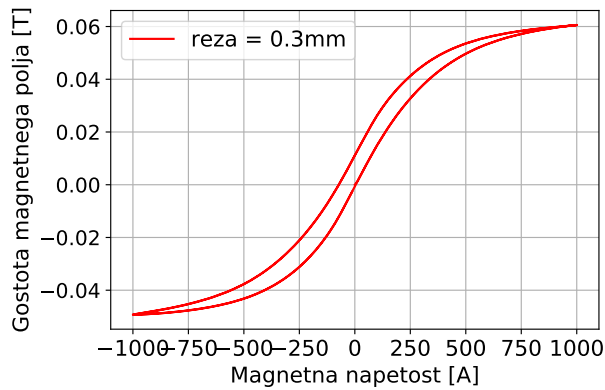
- $B_A = 0.013$ T
- $B_B = 0.010$ T
- $B_C = 0.011$ T
- $B_D = 0.007$ T



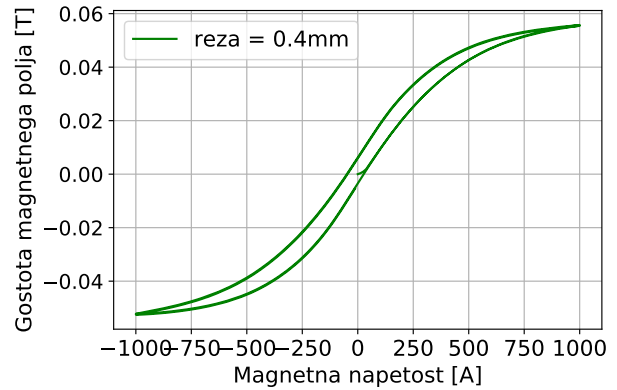
Slika 2: Hist. krivulja za A.



Slika 3: Hist. krivulja za B.



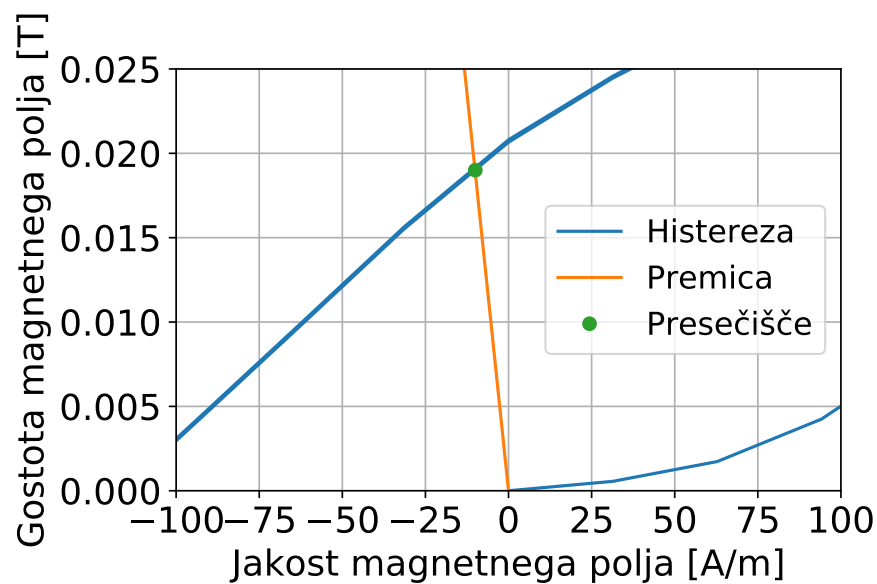
Slika 4: Hist. krivulja za C.



Slika 5: Hist. krivulja za D.

5.2.2 Gostota magnetnega polja v reži določena z enačbo (1)

V tem primeru pa sem gostoto magnetnega polja v reži določil iz presečišča premice, ki jo določ enačba (1) in histerezne krivulje transformatorskega jekla (slika 1). Naklon premice tako določa debelina reže, čim bolj je reža velika, tem bolj je premica nagnjena. Vse štiri vrednosti sem določil iz grafa kot prikazuje slika 6.



Slika 6: Določanje presečišča premice in histereze. Primer, ko je debelina reže enaka 0.1mm.

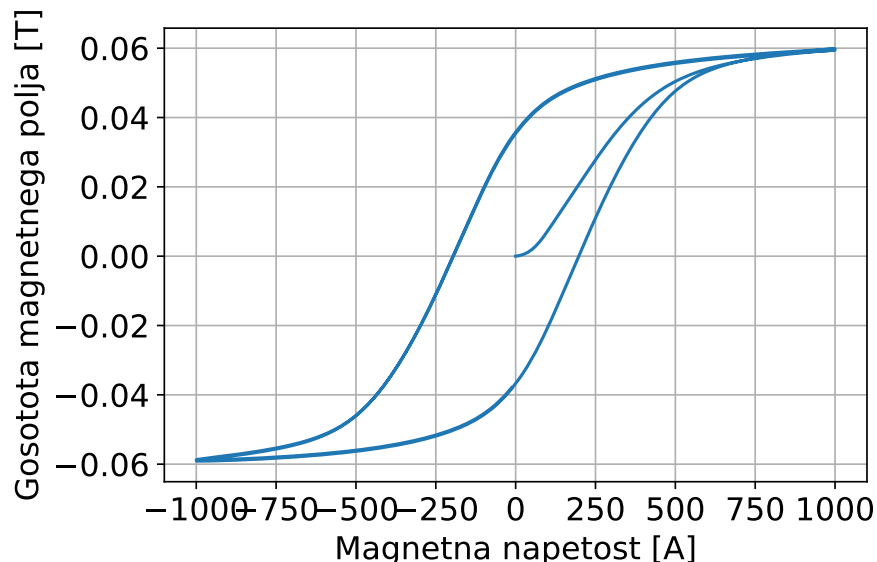
Na ta način sem dobil presenetljive rezultate:

- $B_A = 0.019 \text{ T}$
- $B_B = 0.017 \text{ T}$
- $B_C = 0.016 \text{ T}$
- $B_D = 0.015 \text{ T}$

Razvidno je, da se zgornji rezultati precej razlikujejo od tistih pridobljenih v poglavju 5.2.1. Če upoštevamo napako, elementa, $\frac{L}{x}$, ki znaša 11 % (pridobljena s seštevanjem relativnih napak L in x), še vedno ne pokrijemo razlike med izmerjenimi vrednostimi.

5.3 Histerezna zanka za transformatorsko jeklo skupaj s kosom železa

V zadnjem delu naloge sem meril še histerezno zanko za krog, ki je bil kombinacija transformatorskega jekla in kosa masivnega železa. Osi sem umeril isto kot pri poglavju 5.2.



Slika 7: Histerezna krivulja za trans. jeklo z železom.

6 POVZETEK IN KOMENTAR

Pri iskanju gostote magnetnega polja v reži s pomočjo enačbe (1) sem ugotovil, da tem manjša ko je debelina reže tem bolj stram je premica. Če je debelina reže zanemarljivo majhna v primerjavi s celotno dolžino transformatorskega jarma se premica kar ujema z oordinatno osjo. V tem primeru se bosta histerezi s samim transformatorskim jeklom ter histereza z režo ujemali ter bosta točki, kjer histereza seka oordinato in premico na istem mestu. Zato bi se morali tudi izmerjeni vrednosti gostote magnetnega polja v poglavjih 5.2.1 in 5.2.2 ujemati. Vendar je vrednost, ko je bila reža debela 0.1 mm v prvem primeru znašala 0.013 T, v drugem pa 0.019 T. Ta razlika se ne pokrije v napaki koeficienta premice $\frac{L}{x}$, saj ta zanaša le 11 %. Možno je, da sem se povsem zmotil pri meritvi debeline listkov, ki so igrali vlogo reže. Ti so bili morda v resnici debelejši, kar bi pomenilo, da bi bile strmine premic po enačbi (1) manjše in bi histereze sekale v pravi točki glede na rezultat v poglavju 5.2.1.

V zadnjem delu naloge pa sem zmeril še histerezno zanko transformatorskega jekla z dodanim kosom masivnega železa. Iz slike 7 je razvidno, da je ta histerezna krivulja mnogo bolj "široka", kot vse prejšnje krivulje. Konkretno to pomeni, da histereza v tem primeru seka oordinatno os pri mnogo večji vrednosti, ima večjo remanentno gostoto magnetnega polja ($B_R = 0.035$ T). Domene snovi ostanejo delno urejene, zato gostota magnetnega polja ne pade na nič. To nakazuje na pomembno lastnost železa, in sicer to, da lahko ohrani konkretne magnetne lastnosti, tudi ko ni več vpliva zunanjega polja, zato je dober material za trajne magnete. Glede na to, da slika 7 predstavlja histerezno krivulje kombinacije transformatorskega jekla in železa, bi domneval, da bi bila histerezna krivulja čistega železa še mnogo bolj "široka", imela bi še večjo remanentno gostoto magnetnega polja.