



Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za elektrotehniko*

Polje v osi tokovne zanke

Seminar pri predmetu Osnove Elektrotehnike II, VSŠ
(Uporaba programskih orodij v elektrotehniko)

Ime Priimek, vpisna številka, skupina

Ljubljana, 1.1.2200

Kratka navodila:

Seminar mora vsebovati poglavja Uvod, Enačbe, Rezultati, Zaključek, Literatura. V dodatku ali pa že sproti vpišite ukazne vrstice (kodo), ki ste jo uporabili za izračun in izris krivulj. Pri izrisu krivulj pazite, da bodo ustrezno označene osi (veličina in enota). Če je na grafu več krivulj je potrebno na ustrezen način označiti katera predstavlja kaj. Lahko z legendo ali pa z oznakami ob krivulji, ki so v nadaljevanju opisane v tekstu.

Primer:

1. Uvod

Izhajamo iz enačbe za izračun gostote magnetnega pretoka v osi tokovne zanke in pokažemo, kako se iz seštevanja (superpozicije) prispevkov zamaknjenih zank približamo izračunu polja solenoida. Ta način izračuna je v praksi lahko bolj natančen kot enačba za polje v osi solenoida, saj osnovna enačba za polje v osi ravne tuljave predpostavlja zvezno porazdelitev toka po preseku. (Glej primerjavo v dodatku).

2. Enačbe

Izhajamo iz enačbe za polje v osi tokovne zanke, kjer je R polmer zanke, z pa oddaljenost točke na Z osi, μ_0 je permeabilnost vakuumu, I je tok v zanki.

$$\vec{B} = \vec{e}_z \frac{\mu_0 I R^2}{2(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

Ker bomo pri izračunu večkrat uporabili izraz za polje v osi tokovne zanke, bomo v Matlabu definirali funkcijo s parametri, ki omogočajo izračun polja za poljuben odmik od središča in polmer zanke.

Funkcija *poljevosiZanke* izriše polje v osi zanke za parametre $x0$ (odmik središča zanke na osi), R (polmer zanke), $xmin$ (minimalna vrednost na X osi za izris), $xmax$ (max vrednost na osi za izris)

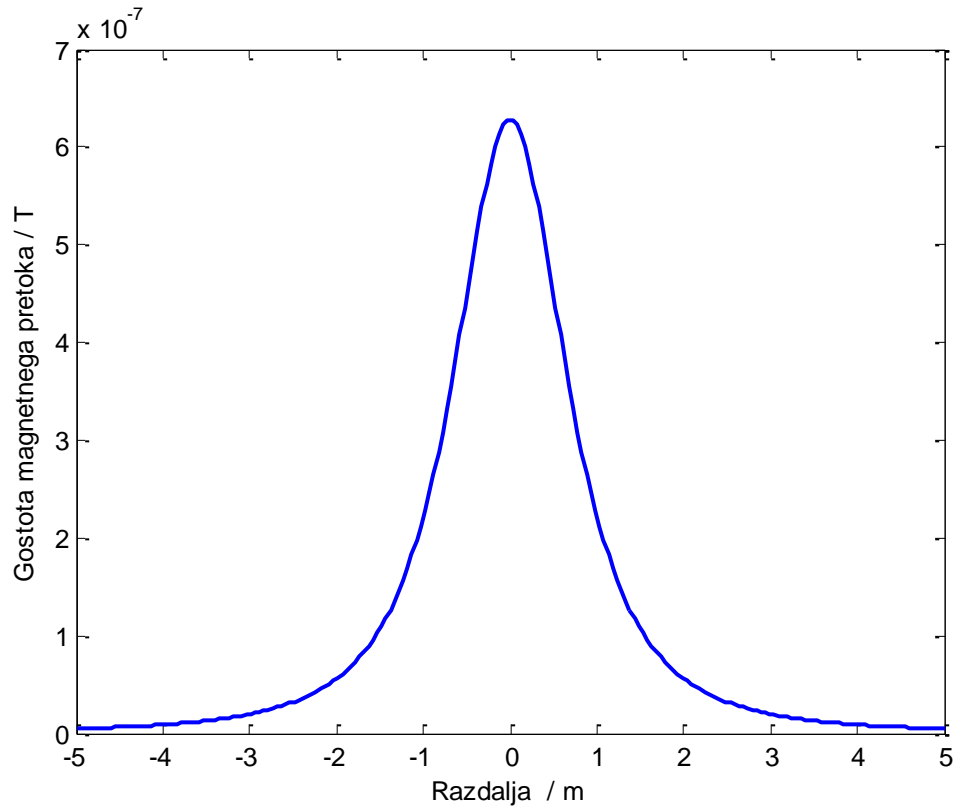
3. Rezultati

3.1 Polje v osi ene zanke s središčem pri $x0=0$.

```
B0=poljevosizanke(0,1,-5,5)
```

```
xlabel('Razdalja / m')
```

```
ylabel('Gostota magnetnega pretoka / T')
```



Slika 1: Polje v osi ene zanke

3.2 Dve zanki polmera 1 m oddaljeni za 2 m

```
x=linspace(-5,5,200);
```

```
B0=poljevosizanke(-2,1,-5,5)
```

```
hold on
```

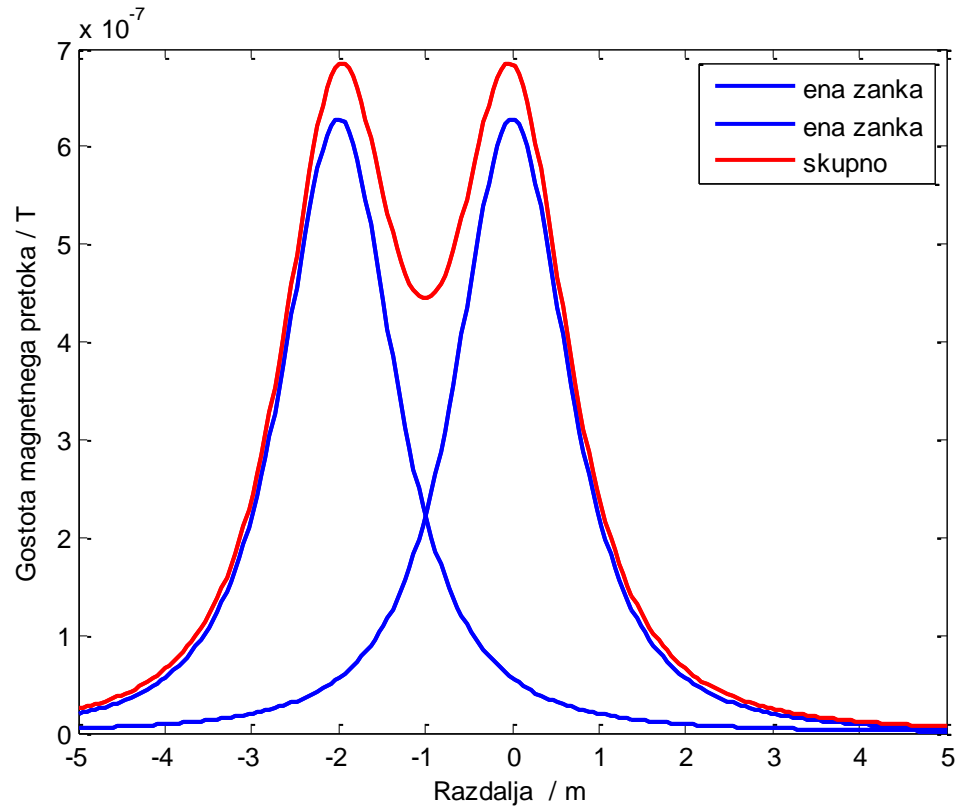
```
B2=poljevosizanke(0,1,-5,5)
```

```
plot(x,B0+B2,'r')
```

```
xlabel('Razdalja / m')
```

```
ylabel('Gostota magnetnega pretoka / T')
```

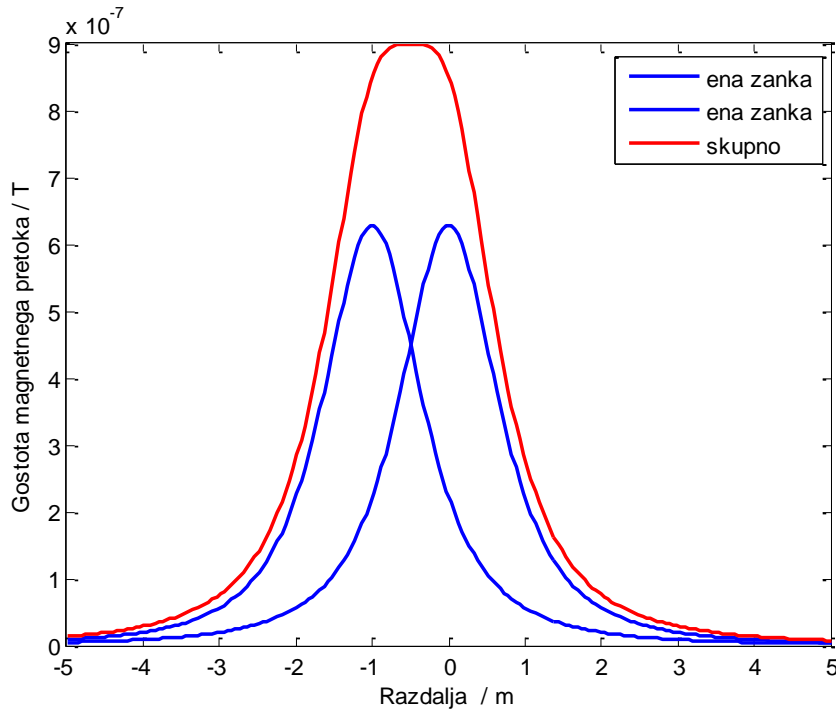
```
legend('ena zanka', 'ena zanka', 'skupno')
```



Slika 2: Polje v osi dveh zank ter njuna vsota

3.3 Dve zanki polmera 1 m oddaljeni za 1 m (Helmholtzov par)

```
B0=poljevosizanke(0,1,-5,5)
hold on
B2=poljevosizanke(1,1,-5,5)
plot(x,B0+B2,'r')
```



Slika 3: Polje v osi dveh zank ter njuna vsota pri enaki razdalji med zankama, kot je polmer zank. Tej postavitvi rečemo Helmholtzov par.

Pri ravno pravi razdalji med zankama, ko je polmer zanke enak razdalji med vzporednima zankama, se polji med zankama seštevata tako, da tvori seštevek polje, ki je sorazmerno homogeno. Taki strukturi rečemo Helmholtzov par.

4. Zaključek

V seminarju sem pokazal primer izračuna in prikaza odvisnosti gostote magnetnega pretoka v osi tokovnega obroča. Pri ustrezno oddaljenih dveh vzporednih obročih (razdalja med obročema enaka polmeru obroča) se polji med zankama tako seštevata, da je le to skoraj homogeno. Taki konfiguraciji rečemo Helmholtzov par. V dodatku je prikazan še primer seštevanja vpliva več kot dveh zank. Z množico zank lahko simuliramo polje v osi ravne tuljave – solenoida.

5. Literatura

[1] Dejan Križaj, Osnove elektrotehnike II - Magnetika, Založba FE in FRI, Ljubljana, 2012, str. 28.

Dodatek A - Programska koda

% Osnovna funkcija, ki izriše polje v osi obroča za določeno razdaljo od X osi in polmer zanke. Xmin in Xmax predstavljata max in min vrednost Xosi za izračun.

```
function [B]=poljevosiZanke(x0,R,xmin,xmax)
global x
set(0,'DefaultLineLineWidth',1.5)
mi0=4*pi*1e-7;
I=1; % TOK
x=linspace(xmin,xmax,200);
B=0.5*mi0*I*R^2./(R^2+(x-x0).^2).^^(1.5);
plot(x,B)
```

naprej neobvezno: dodatna analiza, za tiste, ki želijo nekaj več:

Dodatek B: Primerjava med poljem več zank in poljem tuljave

Za tuljavo upoštevam enačbo

$$B_z = \frac{\mu_0 N I R^2}{2l} \left(\frac{z' - z}{R^2 \sqrt{(z - z')^2 + R^2}} \right)_{-z_1}^{z_2} = \frac{\mu_0 N I}{2l} \left(\frac{z_2 - z}{\sqrt{(z - z_2)^2 + R^2}} - \frac{(z_1 - z)}{\sqrt{(z - z_1)^2 + R^2}} \right)$$

NI izenačim s tokom skozi vse zanke, l je razlika med pozicijo končne in začetne zanke.

S seštevanjem polja več zank se približamo polju tuljave. Pomagamo si z naslednjimi ukazi (file veczank.m):

% Matlab ukazi (veczank.m)

```
global x
xmin=-5; xmax=10; I=1; R=1;
mi0=4*pi*1e-7;
x=linspace(xmin,xmax,200);

Ball=zeros(1,length(x));
x0=0:1:5;
for i=1:length(x0)
```

```

B=poljevosiZanke(x0(i),R,xmin,xmax);
Ball=Ball+B;
plot(x,B)
hold on
end
%figure;

plot(x,Ball)
xlabel('Razdalja / m');
ylabel('Polje / T')

x2=x0(i); x1=x0(1);
NI=I*length(x0); L=x2-x1;
Btuljave=mi0*NI/(2*L)*((x2-x)./sqrt(R^2+(x-x2).^2)-(x1-x)./sqrt(R^2+(x-
x1).^2));
% KONEC

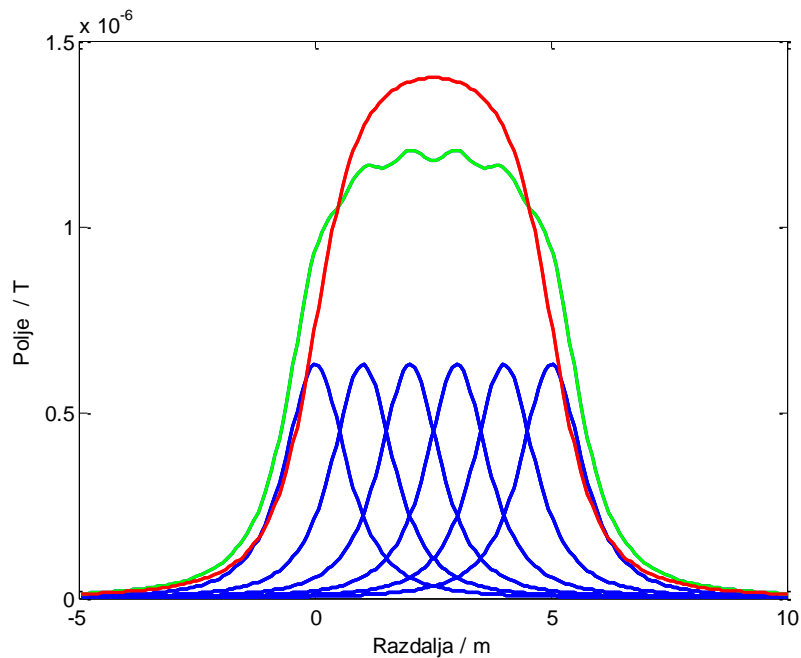
```

Bistvena je vrstica, kjer spreminjamo lego in število zank:

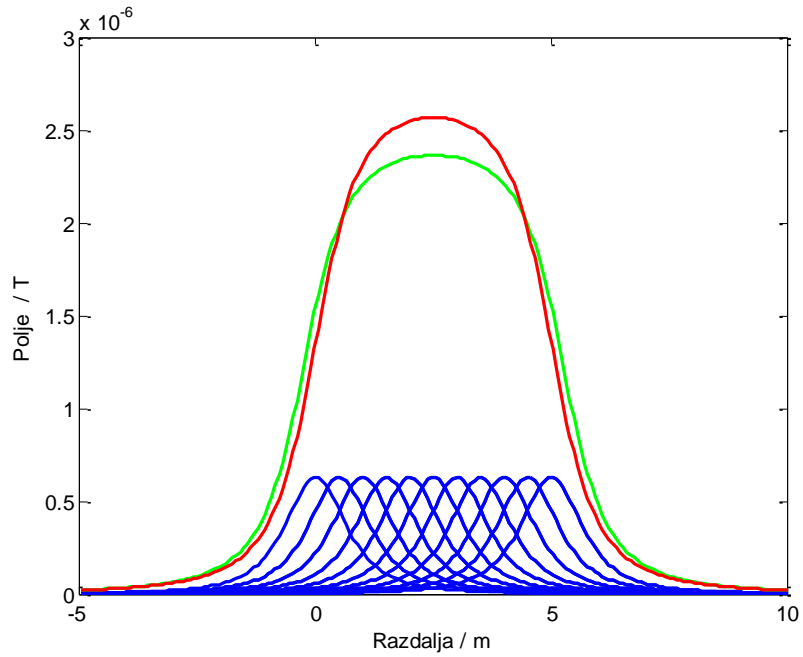
```
x0=0:0.1:8;
```

Z zeleno je prikazan seštevek polj posameznih zank. Rdeča prikazuje polje "zvezne" tuljave, če bi bila enako dolga kot min max zank in bi bil po preseku enak tok kot v vseh zankah.

6.1 6 zank polmera 1m na oddaljenosti 1m (x0=0:1:5;)



6.2: 11 zank polmera 1m na oddaljenosti 0,5 m (x0=0:0.5:5;)



6.3 101 zanka polmera 1 m na oddaljenosti 0,05 m ($x_0=0:05:5$;)

