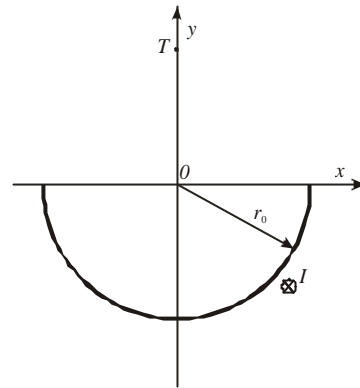


OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 12. junij 2003

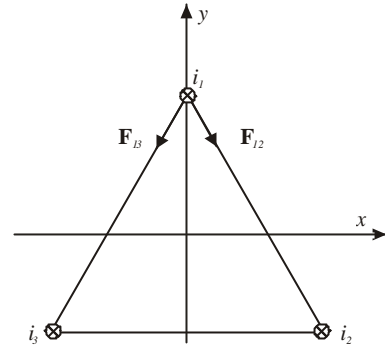
1. Vzporedni vodniki trifaznega daljnovoda so na stebrih razmeščeni tako, da so eden do drugega oddaljeni 5 m. Skozi njih tečejo simetrični trifazni toki efektivnih vrednosti 800 amperov. Izračunajte poprečno magnetno silo na enega od njih na dolžini 300 m!

2. Vzdlž polkrožnega žlebu polmera 15 cm teče tok 30 A. Izračunajte vektor gostote magnetnega pretoka v točki T , ki se nahaja 30 cm nad žlebovim dnom!



3. Na feritnem toroidu s srednjim obsegom 10 cm in presekom 2 cm^2 sta nameščeni dve navitji z $N_1 = 300$ in $N_2 = 150$ ovoji; faktor sklopa je 0,95; B - H karakteristiko ferita podaja enačba $B = 0,003 \cdot H \text{ T.m/A}$! Izračunajte efektivno vrednost inducirane napetosti med sponkama drugega navitja, ce teče skozi prvo navitje harmonični tok amplitude 300 mA in frekvence 400 Hz!
4. Dva tokovna vira s tokoma $i_1 = 3 \text{ A} \cdot \sin(300 \text{ s}^{-1} t)$ in $i_2 = 4 \text{ A} \cdot \cos(300 \text{ s}^{-1} t)$ vežemo vzporedno v sestavljen vir. Na tako sestavljen vir priključimo kondenzator kapacitivnosti $120 \mu\text{F}$. Izračunajte poprečno električno energijo v polju kondenzatorja!
5. Na voljo imamo dva enaka kondenzatorja kapacitivnosti $150 \mu\text{F}$ in upor upornosti 15Ω . Na simetričen trifazni sistem napetosti $3 \times 230 \text{ V} / 400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ jih priključimo v vezavi zvezda brez ničlovoda. Kolikšna je delovna moc sestavljenega bremena?

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 12. junij 2003
Rešitve



1. Opazujemo silo na zgornji vodnik! Iz simetričnosti trifaznih tokov sledi, da je poprečna magnetna sila v horizontalni smeri enaka nič, zato zapišimo le vertikalno komponento:

$$\begin{aligned}
 F_{1y} &= -\frac{\mu_0 i_1 i_2 l}{2pr} \cos(p/6) - \frac{\mu_0 i_1 i_3 l}{2pr} \cos(p/6) = \\
 &= -\frac{\mu_0 l}{2pr} I_{\max}^2 \cos(p/6) (\cos(\omega t) \cos(\omega t - 2p/3) + \cos(\omega t) \cos(\omega t + 2p/3)) = \\
 &= -\frac{\mu_0 l}{4pr} I_{\max}^2 \cos(p/6) (\cos(-2p/3) + \cos(2\omega t - 2p/3) + \cos(2p/3) + \cos(2\omega t + 2p/3)) = \\
 &= -\frac{\mu_0 l}{4pr} I_{\max}^2 \cos(p/6) (2\cos(2p/3) + \cos(2\omega t - 2p/3) + \cos(2\omega t + 2p/3)).
 \end{aligned}$$

Poprečno silo v tej smeri lahko izračunamo kot:

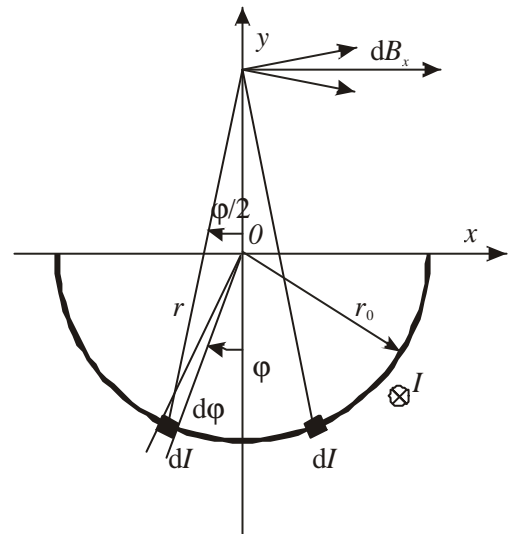
$$\bar{F}_{1y} = \frac{w}{2p} \int_0^w F_{1y} dt = -\frac{\mu_0 l}{2pr} I_{\max}^2 \cos(p/6) \cos(2p/3) \doteq 3.33 \text{ N}.$$

2. Žleb razdelimo na tokovne premice, ki vodijo tok $dI = (I/p) dj$. Od simetrane žlebu enako oddaljeni tokovni premici povzročata v točki T polji enake absolutne vrednosti; horizontalni komponenti sta enaki, vertikalni pa nasprotni. Upoštevamo, da je središčni kot j dvakrat večji od obodnega kota. Zapišimo gostoto magnetnega pretoka para tokovnih premic,

$$dB_x = 2 \frac{\mu_0 dI}{2pr} \cos(j/2) = \frac{\mu_0 I dj}{p^2 \left(\frac{r}{\cos(j/2)} \right)} = \frac{\mu_0 I dj}{p^2 (2r_0)},$$

in te delne prispevke integrirajmo (po polovici loku žlebu); dobimo:

$$\bar{B} = \bar{e}_x \int dB_x = \bar{e}_x \frac{\mu_0 I}{2p^2 r_0} \int_0^{p/2} dj = \bar{e}_x \frac{\mu_0 I}{4pr_0} \doteq \bar{e}_x 20 \mu \text{ T}.$$



3. Inducirana napetost $u_{\text{ind.2}}$ je posledica spreminjanja magnetnega fluksa skozi ovoje drugega navitja:

$$u_{\text{ind.2}}(t) = -N_2 \frac{d\mathbf{f}_2}{dt} = -N_2 \frac{k d\mathbf{f}_1}{dt},$$

kjer je $k = 0.95$ faktor sklopa. Fluks \mathbf{f}_1 doloca tok prvega navitja:

$$\mathbf{f}_1 = B_1 A = \mu_0 \mathbf{m}_r H_1 A = \mu_0 \mathbf{m}_r \frac{i_1 N_1}{l_s} A, \quad \mu_0 \mathbf{m}_r = \frac{B}{H} = 3.10^{-3} \frac{\text{V}\cdot\text{s}}{\text{A}\cdot\text{m}}.$$

Po vstavitvi druge enačbe v prvo dobimo izraz za inducirano napetost:

$$u_{\text{ind.2}}(t) = -\mu_0 \mathbf{m}_r N_1 N_2 k \frac{A}{l_s} \frac{d}{dt} (I_{1,\max} \cos(\omega t + \mathbf{a})) = \omega \mu_0 \mathbf{m}_r N_1 N_2 k \frac{A}{l_s} I_{1,\max} \sin(\omega t + \mathbf{a}).$$

Inducirana napetost je harmonična funkcija; njena efektivna vrednost je:

$$U_{2,\text{ef.}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \omega m_0 m_r N_1 N_2 k \frac{A}{l_s} I_{1,\text{max}} \doteq 136,8 \text{ V}.$$

4. Zapišimo toka virov v kompleksni obliki:

$$i_1 = 3 \text{ A} \cdot \sin(300 \text{ s}^{-1}t) = 3 \text{ A} \cdot \cos(300 \text{ s}^{-1}t - \mathbf{p} / 2) \rightarrow \underline{I}_1 = 3 \cdot e^{-j\frac{\mathbf{p}}{2}} \text{ A} = -j3 \text{ A},$$

$$i_2 = 4 \text{ A} \cdot \cos(300 \text{ s}^{-1}t) \rightarrow \underline{I}_2 = 4 \text{ A}.$$

Skupen tok je enak vsoti obeh tokov,

$$\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = (4 - j3) \text{ A}.$$

Zapišimo časovno odvisnost napetosti in energije na kondenzatorju:

$$\underline{U}_C = \underline{I} / j\omega C = (-13,3 - j17,7) \text{ V} \rightarrow u_C(t) \doteq 22,1 \cdot \cos(300 \text{ s}^{-1}t - 2,21) \text{ V},$$

$$W(t) = Cu^2(t) / 2.$$

Povprečna vrednost kvadrata kosinusne funkcije je enaka eni polovici, zato je:

$$\overline{W}(t) = CU_C^2 / 4 \doteq 15 \text{ mJ}.$$

5. Privzemimo, da na fazi A in B priključimo kondenzatorja, na fazo C pa upor. Dolocimo potencial zvezdišča:

$$\underline{V}_{zv} = \frac{j\omega C \underline{U}_A + j\omega C \underline{U}_B + \underline{U}_C / R}{2j\omega C + 1/R} \doteq (141 + 81) \text{ V}$$

Delovna moc je v upor. Napetost na upor je potencialna razlika napetosti faze C in potenciala zvezdišča. Iskana moc je:

$$P = \frac{|\underline{U}_C - \underline{V}_{zv}|^2}{R} \doteq 5289 \text{ W}.$$