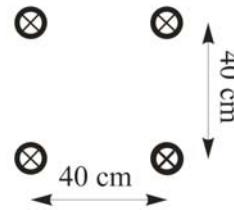


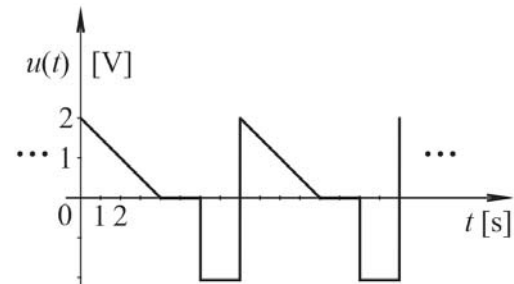
## OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)

Izpit, 29. avgust 2007

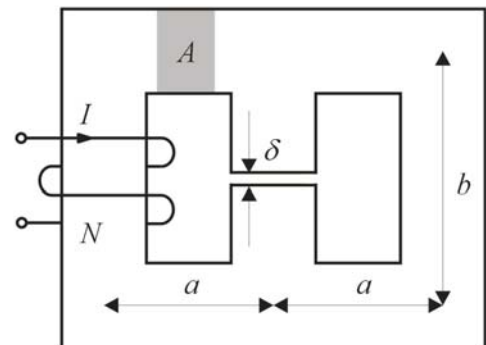
1. Vsak od štirih vzporednih tokovodnikov, ki so v snopu na medsebojni razdalji  $d = 40$  cm, vodi tok  $I = 500$  A. Izračunajte absolutno vrednost vektorja magnetne sile na levi spodnji vodnik na dolžini  $l = 100$  m.



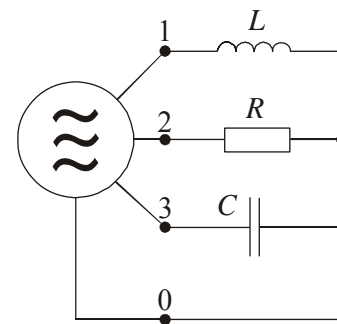
2. Kolikšna je efektivna vrednost periodične napetosti, podane na grafu?



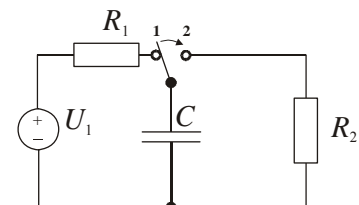
3. Določite potreben tok, da bo v zračni reži gostota magnetnega pretoka  $B = 0,4$  T. Jedro je iz litega železa.  $N = 3000$ ,  $a = 20$  cm,  $b = 30$  cm,  $\delta = 2,8$  mm.



4. Določite maksimalno energijo v polju tuljave ( $W_m$ ), ki je del vezja, priključenega na simetričen trifazni sistem efektivnih faznih napetosti  $U_{f,ef} = 3 \times 240$  V, frekvence  $f = 50$  Hz. ( $R = 10 \Omega$ ,  $L = 10$  mH,  $C = 10 \mu\text{F}$ )



5. Potem, ko je stikalo dolgo v položaju **1**, ga v trenutku  $t = 0$  s preklonimo v položaj **2**. Določite časovni potek napetosti na kondenzatorju po preklopu ( $t > 0$  s).



Rešitve so objavljene na naslovu: <http://torina.fe.uni-lj.si/~oe>.

## OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)

### Izpit, 29. avgust 2007, rešitve

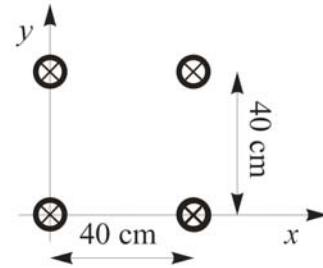
1. Predpostavimo koordinatni sistem, kot je podan na skici. Na levi spodnji vodnik delujejo tri sile: navzgor sila

$$\vec{F}_1 = \vec{e}_y \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi d}, \text{ v desno sila } \vec{F}_2 = \vec{e}_x \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi d}, \text{ diagonalno,}$$

$$\text{pod kotom } 45^\circ, \text{ pa sila } \vec{F}_3 = \left( \vec{e}_x \frac{\sqrt{2}}{2} + \vec{e}_y \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi d \sqrt{2}}.$$

Rezultančna sila je vektorska vsota:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (\vec{e}_x + \vec{e}_y) \frac{3\mu_0 I^2 l}{4\pi d} = (\vec{e}_x + \vec{e}_y) 18,75 \text{ N} \Rightarrow |\vec{F}| \cong \underline{\underline{26,5 \text{ N}}}.$$



2. Efektivna vrednost podane periodične napetosti je enaka korenu povprečne vrednosti kvadrata napetosti. To povprečje je določeno z razmerjem integrala čez eno periodo ( $T = 8 \text{ s}$ ) in te periode:

$$U_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \left[ \int_0^{T/2} \left( 2 - \frac{2}{4}t \right)^2 dt + \int_{T/2}^{3T/4} (0)^2 dt + \int_{3T/4}^T (-2)^2 dt \right]} \cong \underline{\underline{1,29 \text{ V}}}.$$

3. Z indeksom „1“ označimo veličine levega stebra, z indeksom „2“ veličine srednjega stebra in indeksom „3“ veličine desnega stebra. Za srednje dolžine magnetnih poti v stebrih velja:  $l_1 = l_3 = 2a + b$ ,  $l_2 = b - \delta \cong b$ .

Podana gostota mag. pretoka  $B$  v zračni reži je enaka gostoti v srednjem stebri:

$$B_2 = B. \text{ Določimo magnetno poljsko jakost v reži } H_{2,zr} \text{ in srednjem stebri } H_{2,Fe}:$$

$$H_{2,zr} = \frac{B}{\mu_0} = \frac{0,4 \text{ T}}{4\pi 10^{-7}} \cong 318 \text{ kA/m},$$

$$B_2 = 0,4 \text{ T} \xrightarrow{\text{iz karakteristike}} H_{2,Fe} \cong 1300 \text{ A/m}$$

Z uporabo Amperovega zakona določimo mag. poljsko jakost v desnem stebri  $H_3$ :

$$\oint H dl = -H_{2,Fe} l_2 - H_{2,zr} \delta + H_3 l_3 = 0 \rightarrow H_3 = \frac{H_{2,Fe} l_2 + H_{2,zr} \delta}{l_3} \cong 1830 \text{ A/m}.$$

Iz karakteristike odčitamo gostoto magnetnega pretoka v desnem stebri  $B_3$ :

$$H_3 \approx 1800 \text{ A/m} \xrightarrow{\text{iz karakteristike}} B_3 \cong 0,5 \text{ T}.$$

Zapišimo »Kirchhoffov zakon« za magnetni pretok:

$\phi_1 = \phi_2 + \phi_3$ , iz česar (pri enakem preseku stebrov  $A$ ) sledi

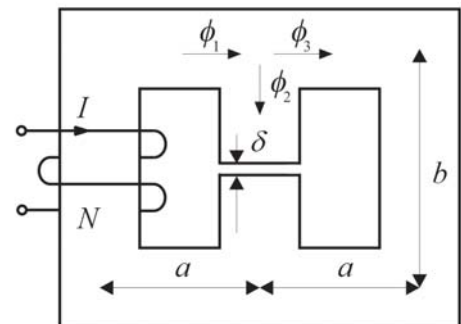
$$B_1 = B_2 + B_3 \cong 0,9 \text{ T}.$$

Iz karakteristike odčitamo magnetno poljsko jakost  $H_1$ :

$$B_1 = 0,9 \text{ T} \xrightarrow{\text{iz karakteristike}} H_1 \cong 9000 \text{ A/m}.$$

Z uporabo Amperovega zakona (preko stranskih stebrov) določimo iskani tok  $I$ :

$$\oint H dl = H_1 l_1 + H_3 l_3 = \Theta = IN \rightarrow I = \frac{\Theta}{N} = \frac{H_1 l_1 + H_3 l_3}{N} = \underline{\underline{2,53 \text{ A}}}.$$



4. Napetost na tuljavi je enaka fazni napetosti prve faze. Iz napetosti in impedance tuljave določimo tok skozi tuljavo oz. njegovo efektivno vrednost:

$$\underline{I}_L = \frac{U_1}{j\omega L} \Rightarrow I_{L,\text{ef}} = \frac{U_{f,\text{ef}}}{\omega L} = \frac{U_{f,\text{ef}}}{2\pi f L}.$$

Maksimalno vrednost energije v polju tuljave določa maksimalna vrednost toka skozi tuljavo:

$$W_{L,\text{max}} = \frac{1}{2} L I_{L,\text{max}}^2 = \frac{1}{2} L (\sqrt{2} I_{L,\text{ef}})^2 = \frac{1}{2} L \left( \sqrt{2} \frac{U_{f,\text{ef}}}{2\pi f L} \right)^2 = \frac{U_{f,\text{ef}}^2}{(2\pi f)^2 L} \cong \underline{\underline{58,4 \text{ J}}}.$$

5. Ker je bilo stikalo dolgo v položaju **1**, je napetost na kondenzatorju ob času  $t = 0$  s enaka  $U_1$ . Po preklopu stikala se kondenzator prazni preko upora  $R_2$ . Ker pri praznjenju sodelujeta le  $C$  in  $R_2$ , je časovna konstanta pri tem procesu enaka  $R_2 C$ . Izraz, ki opisuje časovni potek napetosti na kondenzatorju po preklopu ( $t > 0$  s) je tako:  $u_C(t) = U_1 e^{(-t/(R_2 C))}$ .