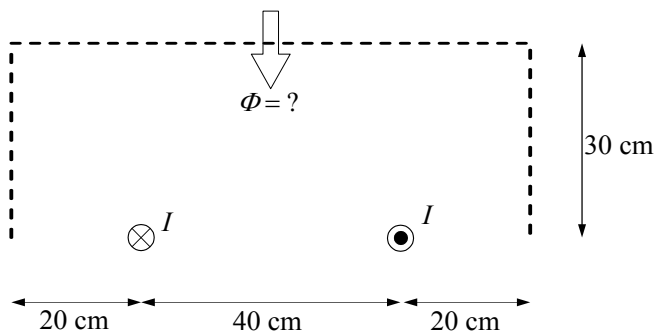


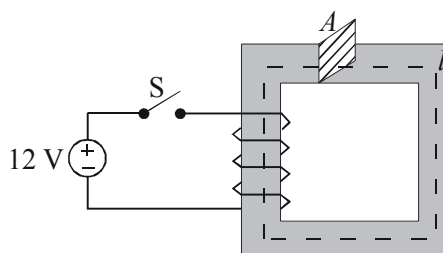
OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)¹
izpit, 20. september 2007

1. Vzdolž dvovoda s tokom $I = 100$ A se razteza pravokotno oblikovan trak (žleb) dolžine $l = 20$ m. Izračunajte magnetni pretok Φ skozi trak.

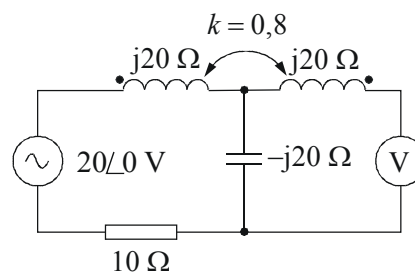


2. Trikotna zanka, ki je iz žice z upornostjo 2Ω in ima površino 10 cm^2 , se nahaja v homogenem in harmonično spreminjajočem magnetnem polju frekvence 100 Hz , katerega gostota ima amplitudo 10 mT . Ravnina zanke oklepa z gostotnicami magnetnega polja kot 30° . Izračunajte amplitudo toka v zanki, če je pojav samoindukcije zanemarljiv.

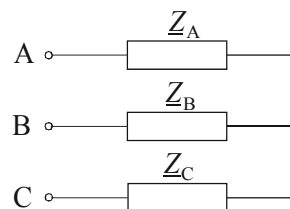
3. Na linearnem feromagnetnem jedru z relativno permeabilnostjo 1000 , srednjo dolžino $l_s = 0,3 \text{ m}$ in presekom $A = 4 \text{ cm}^2$ je navitje s 100 ovoji in upornostjo 10Ω . Izračunajte vrednost toka v navitju 1 ms po vklopu stikala S.



4. Izračunajte amplitudo napetosti na idealnem voltmetru.



5. Trifazno breme z impedancami $Z_A = 20 \Omega$ in $Z_B = Z_C = 20e^{j60^\circ} \Omega$ je priključeno na simetričen trifazni sistem medfaznih napetosti $3 \times 400 \text{ V}$. Določite kompleksno moč bremena z impedanco Z_A .



¹ Rešitve bodo objavljene na naslovu <http://torina.fe.uni-lj.si/~oe>

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 20. september 2007, rešitve

1. Za magnetni pretok polja ravnega tokovodnika skozi vzporeden trak sta pomembni oddaljenosti robov traku do tokovodnika. Pri danem traku sta (za vsak tokovodnik) ti razdalji enaki 60 in 20 cm. Iskan pretok oblikujeta dva enaka prispevka, zato je

$$\Phi = 2 \left(\frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{40 + 20}{20} \right) \cong \underline{\underline{879 \mu\text{Wb}}}.$$

2. Harmonično spreminjajočo gostoto magnetnega pretoka podaja zapis $B(t) = B_m \cos(\omega t)$, kjer sta $B_m = 0,01 \text{ T}$ in $\omega = 2\pi f = 200\pi \text{ s}^{-1}$. Zaradi poševne lege (30°) je pretok skozi zanko prepolovljen: $\Phi(t) = AB(t) \sin(30^\circ) = AB(t)/2$; $A = 10^{-3} \text{ m}^2$ je površina zanke. Inducira napetost v zanki je harmonična, $u_{\text{ind.}} = -d\Phi(t)/dt = (\omega AB_m/2) \sin(\omega t)$, in takšen je tudi inducirani tok, ki je pri zanemarljivi samoindukciji določen z $i \cong u_{\text{ind.}}/R$, če je $R = 2 \Omega$ električna upornost zanke: $i \cong (\omega AB_m/2R) \sin(\omega t)$. Izraz v oklepaju določa iskano amplitudo toka: $I_m \cong \omega AB_m/2R \cong \underline{\underline{1,57 \text{ mA}}}$.

3. Induktivnost navitja s feromagnetnim jedrom določata število ovojev in magnetna upornost jedra (permeabilnost, presek in sredna dolžina): $L = N^2/R_m = \mu_r \mu_0 N^2 A/l_s \cong 16,8 \text{ mH}$. Upornost navitja je podana: $R = 10 \Omega$. Nadomestno vezje navitja z jedrom oblikuje zaporedna vezava upora upornosti R in tuljave induktivnosti L . Izraz za tok i skozi zaporedni RL člen po vklopu ($t = 0 \text{ s}$) na enosmerni vir napetosti (U) je znan; določa ga funkcija $i(t) = (U/R)(1 - e^{-t/\tau})$, kjer je $\tau = L/R$ časovna konstanta.

Ob času 1 ms po vklopu je tok skozi navitje sledeč: $i(1 \text{ ms}) = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega} (1 - e^{-0,001/0,00168}) \cong \underline{\underline{539 \text{ mA}}}$.

4. Idealni voltmetr predstavlja odprte sponke; tok skozi njega je enak nič in zato ni povratnega vpliva desne tuljave na levo. Aktivna je torej le leva zanka; kazalec toka v njej določa zračna enačba: $20 \text{ V} = (j20 - j20 + 10) \Omega \cdot \underline{I} \Rightarrow \underline{I} = 2 \text{ A}$. Kazalec napetosti voltmetra je enak vsoti kazalcev napetosti desne tuljave in kondenzatorja: $\underline{U}_v = jk\sqrt{20 \Omega \cdot 20 \Omega} \cdot \underline{I} - j20 \Omega \cdot \underline{I} = (j16 - j20) \Omega \cdot \underline{I} = -j8 \text{ V}$. Amplituda napetosti, ki jo meri voltmetr, je torej 8 V.

5. Oblikujmo zračna toka \underline{J}_1 in \underline{J}_2 in zapišimo napetostni enačbi zank:

$$\underline{Z}_A(\underline{J}_1 + \underline{J}_2) + \underline{Z}_B \underline{J}_1 - \underline{U}_{BA} = 0 \Rightarrow 20 \Omega \cdot (\underline{J}_1 + \underline{J}_2) + 20e^{j60^\circ} \Omega \cdot \underline{J}_1 - \underline{U}_{BA} = 0,$$

$$\underline{Z}_A(\underline{J}_1 + \underline{J}_2) + \underline{Z}_C \underline{J}_2 - \underline{U}_{CA} = 0 \Rightarrow 20 \Omega \cdot (\underline{J}_1 + \underline{J}_2) + 20e^{j60^\circ} \Omega \cdot \underline{J}_2 - \underline{U}_{CA} = 0.$$

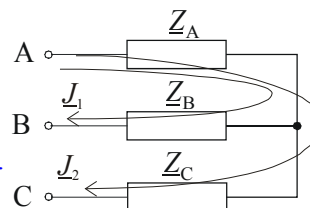
Za določitev kompleksne moči zgornjega bremena potrebujemo kazalec

toka $\underline{J}_1 + \underline{J}_2$ (tega dobimo, če enačbi seštejemo, $(40 + 20e^{j60^\circ}) \Omega \cdot (\underline{J}_1 + \underline{J}_2) - (\underline{U}_{BA} + \underline{U}_{CA}) = 0$)

oziroma kvadrat njegove absolutne vrednosti:²

$$|\underline{J}_1 + \underline{J}_2|^2 = \frac{|\underline{U}_{BA} + \underline{U}_{CA}|^2}{|40 + 20e^{j60^\circ}|^2 \Omega^2} = \frac{|\underline{U}_{BA}|^2 |1 + e^{\pm j60^\circ}|^2}{(20 \Omega)^2 |2 + e^{j60^\circ}|^2} = \frac{(400 \text{ V})^2 \cdot 3}{(20 \Omega)^2 \cdot 7} = \frac{1200}{7} \text{ A}^2. \text{ Od tu je}$$

$$\underline{S}_A = P_A + jQ_A = \underline{Z}_A |\underline{J}_1 + \underline{J}_2|^2 \cong \underline{\underline{(3,43 + j0) \text{ kVA}}}.$$



² Predznaka \pm v števcu spodnjega izraza zajemata možnost pozitivnega oziroma negativnega faznega zaporedja. In še: če sta dve impedanci trifaznega bremena enaki, je fazno zaporedje napetosti simetričnega sistema – z vidika moči – nepomembno.