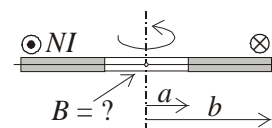
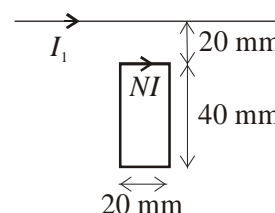


OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 24. junij 2008

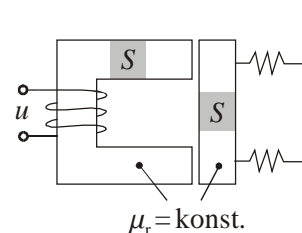
1. V nizkem tuljavniku notranjega polmera $a = 3$ cm in zunanjšega polmera $b = 9$ cm je navitje z $N = 500$ ovoji in tokom $I = 0,1$ A. Izračunajte absolutno vrednost vektorja gostote magnetnega pretoka v težišču tuljavnika.



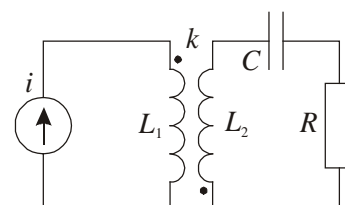
2. Ob ravnem vodniku s tokom $I_1 = 50$ A je pravokoten okvir, na katerem je navitje z $N = 150$ ovoji in tokom $I = 1$ A. Silo kolikšne absolutne vrednosti bi morali imeti na voljo, da bi okvir odvedli stran od vodnika?



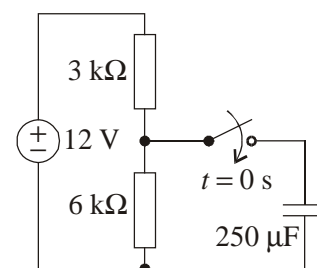
3. Tuljava elektromagneta z $N = 250$ ovoji je priključena na omrežno napetost $230 V_{ef} / 50$ Hz. Na steno vpeti vzmeti vzdržujeta špranji med jedrom in kotvo s presekom $S = 30$ cm². Kolikšna je poprečna magnetna sila, ki napenja vsako od vzmeti? (upornost navitja tuljave je zanemarljiva)



4. Grelo je prek kondenzatorja in magnetno sklopljenih tuljav priključeno na harmonični tokovni vir $i = I_m \cos \omega t$. Koliko toplote se sprosti v grelu v eni uri? ($I_m = 10$ A, $\omega = 1000$ s⁻¹, $L_1 = 80$ mH, $L_2 = 20$ mH, $k = 0,9$, $C = 50$ μF, $R = 10$ Ω)



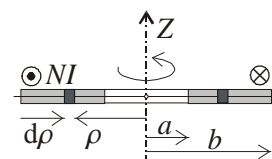
5. Ob času $t = 0$ s priključimo prazen kondenzator na uporovni delilnik. Določite časovni potek napetosti na kondenzatorju po vklopu stikala.



OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)

izpit, 24. junij 2008, rešitve

1. Navitje razdelimo na diferencialno ozke kolobarje oziroma krožne tokovne zanke širine $d\rho$ s toki $dI = NI d\rho / (b - a)$. Iskano polje določimo s superpozicijo prispevkov teh zank. Prispevek zanke polmera ρ je v težišču



tuljavnika $dB = dB_z = \frac{\mu_0 dI}{2\rho} = \frac{\mu_0 NI}{2(b-a)} \frac{d\rho}{\rho}$, vsota vseh teh pa je

$$B = \int_{\rho=a}^{\rho=b} dB = \frac{\mu_0 NI}{2(b-a)} \int_a^b \frac{d\rho}{\rho} = \frac{\mu_0 NI}{2(b-a)} \ln \frac{b}{a} \cong \underline{\underline{0,575 \text{ mT}}}.$$

2. Magnetni sili na bočni stranici okvirja sta si nasprotni, vsota sil na ostali dve pa je privlačna (k vodniku) ter absolutne vrednosti: $F_m = (NI \cdot 20 \text{ mm}) \frac{\mu_0 I_1}{2\pi} \left(\frac{1}{20 \text{ mm}} - \frac{1}{60 \text{ mm}} \right) = \frac{\mu_0 N I I_1}{3\pi}$. Na voljo moramo imeti ravno nasprotno silo njej enake absolutne vrednosti: $F = F_m = \underline{\underline{1 \text{ mN}}}$.

3. Časovni potek omrežne napetosti je $u(t) = \sqrt{2} U_{\text{ef}} \cos(\omega t + \varphi_u)$, kjer je njena efektivna vrednost $U_{\text{ef}} = 230 \text{ V}$ ter krožna frekvenca $\omega = 2\pi f = 100\pi \text{ Hz}$. Pri zanemarljivi upornosti navitja tuljave je njena napetost enaka omrežni: $u_L = N d\phi/dt = u$. Od tu sledi magnetni pretok ϕ v jedru in kotvi:

$\phi(t) = \frac{1}{N} \int u(t) dt = \frac{\sqrt{2} U_{\text{ef}}}{N \omega} \sin(\omega t + \varphi_u)$. Ta določa magnetni sili F_m na režah, ki napenjata vzmeti:

$$F_m(t) = \frac{\phi^2(t)}{2\mu_0 S} = \frac{U_{\text{ef}}^2}{N^2 \omega^2 \mu_0 S} \sin^2(\omega t + \varphi_u). \text{ Njuni poprečji sta } \overline{F_m} = \frac{U_{\text{ef}}^2}{2N^2 \omega^2 \mu_0 S} \cong \underline{\underline{1,14 \text{ kN}}}.$$

4. Kompleksor toka leve zanke je $\underline{I} = I_m$. Kompleksor toka desne zanke označimo z \underline{I}_2 in ga usmerimo npr. v smeri urinega kazalca. Medsebojna induktivnost tuljav je $M = k \sqrt{L_1 L_2} = 36 \text{ mH}$. Iz znančne enačbe desne zanke določimo njen tok:

$$j\omega L_2 \underline{I}_2 + j\omega M \underline{I} + (-j/\omega C) \underline{I}_2 + R \underline{I}_2 = 0 \Rightarrow \underline{I}_2 = \frac{-j\omega M \underline{I}}{R + j(\omega L_2 - 1/\omega C)} = -j36 \text{ A. Iz njega določimo}$$

delovno moč grela, $P = R \underline{I}_2^2 / 2 = 6,48 \text{ kW}$, iz te pa še toplotno energijo, sproščeno v njem v eni uri: $W_t = P \cdot 3600 \text{ s} \cong \underline{\underline{23,3 \text{ MJ}}}$.

5. Referenčne napetosti in tokove na pasivnih elementih usmerimo navzdol. Napetost na kondenzatorju označimo z u_C . Tok skozi zgornji upor, $(12 \text{ V} - u_C) / 3 \text{ k}\Omega$, se razdeli na tok skozi spodnji upor, $u_C / 6 \text{ k}\Omega$, in polnilni tok kondenzatorja, $(250 \mu\text{F}) du_C / dt$:

$$\frac{12 \text{ V} - u_C}{3 \text{ k}\Omega} = \frac{u_C}{6 \text{ k}\Omega} + (250 \mu\text{F}) \frac{du_C}{dt}. \text{ Po ureditvi sledi enačba } \frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{0,5 \text{ s}} = 16 \text{ V/s, katere rešitev je}$$

$$\underline{\underline{u_C(t) = 8 \text{ V} \cdot (1 - e^{-t/0,5 \text{ s}})}}.$$