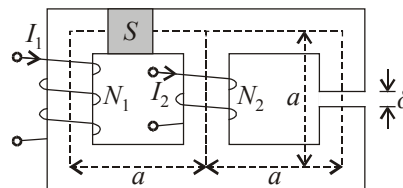
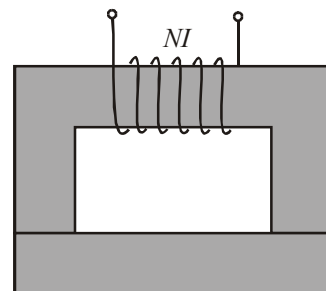


OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)
izpit, 23. januar 2007

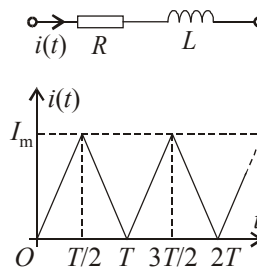
1. Na tritebrnem feromagnetnem jedru sta dve navitji z magnetnimi napetostmi $N_1 I_1 = 300 \text{ A}$ in $N_2 I_2 = 200 \text{ A}$. Jedro je iz linearnega feromagnetika relativne permeabilnosti $\mu_r = 5000$. Površina preseka jedra je $S = 1 \text{ cm}^2$. Določite gostoto magnetnega pretoka v zračni reži širine $\delta = 0,6 \text{ mm}$, če zanemarimo stresanje polja ob njej. ($a = 10 \text{ cm}$)



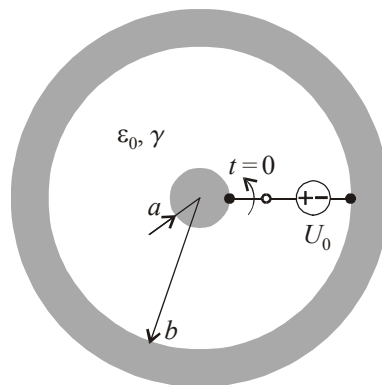
2. Elektromagnet sestavljata jedro in kotva iz materiala relativne permeabilnosti $\mu_r = 8700$, skupne dolžine srednje magnetne poti $l = 50 \text{ cm}$ in preseka $S = 10 \text{ cm}^2$. Določite magnetno silo med jedrom in kotvo, če je tok v navitju z $N = 200$ ovoji enak $I = 0,1 \text{ A}$.



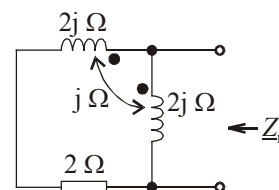
3. Skozi zaporedno vezavo upora upornosti $R = 6 \Omega$ in tuljave induktivnosti $L = 20 \text{ mH}$ teče periodičen tok žagaste časovne oblike, z maksimalno vrednostjo $I_m = 20 \text{ mA}$ in periodo $T = 20 \text{ ms}$. Določite trenutno moč $p(t_0)$ na tej zaporedni vezavi v trenutku $t_0 = 5 \text{ ms}$.



4. Koaksialni kabel dolžine $l = 10 \text{ m}$, polmera žile $a = 1 \text{ mm}$ in notranjega polmera plašča $b = 5 \text{ mm}$, je priključen na enosmerni vir napetosti $U_0 = 1 \text{ kV}$. V kolikšnem času po odklopu vira se napetost med žilo in plaščem zmanjša na nenevarnih $U_1 = 50 \text{ V}$? Relativna dielektričnost izolacije kabla je $\epsilon_r = 1$, specifična prevodnost pa $\gamma = 0,88 \cdot 10^{-12} \text{ S/m}$. (Iz dualnosti elektrostatičnega in časovno nespremenljivega tokovnega polja sledi zveza med kapacitivnostjo C kabla in upornostjo R njegove izolacije: $RC = C/G = \epsilon_0 / \gamma$.)



5. Določite nadomestno (vhodno) impedanco vezja med desnim sponka.



$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}, \quad \epsilon_0 \approx \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$$

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (VSŠ)

izpit, 23. januar 2007

Rešitve

1. Jedru z navitji priredimo modelno magnetno vezje. Magnetni upori imajo

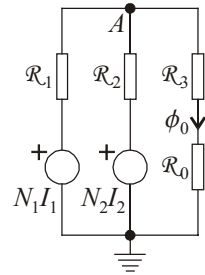
upornosti: $\mathcal{R}_1 = \frac{3a}{\mu S} \cong 477 \frac{\text{kA}}{\text{Vs}}$, $\mathcal{R}_2 = \frac{a}{\mu S} \cong 159 \frac{\text{kA}}{\text{Vs}}$, $\mathcal{R}_3 = \frac{3a}{\mu S} = \mathcal{R}_1$ in

$\mathcal{R}_0 = \frac{\delta}{\mu_0 S} \cong 4,77 \frac{\text{MA}}{\text{Vs}}$, kjer je $\mu = \mu_r \mu_0$ permeabilnost jedra. Za spojišče A

zapišimo 1. Kirchhoffov zakon, odkoder izračunamo skalarni magnetni potencial \mathcal{V}_A tega spojišča:

$$\frac{\mathcal{V}_A - N_1 I_1}{\mathcal{R}_1} + \frac{\mathcal{V}_A - N_2 I_2}{\mathcal{R}_2} + \frac{\mathcal{V}_A}{\mathcal{R}_3 + \mathcal{R}_0} = 0 \Rightarrow \mathcal{V}_A \cong 220 \text{ A}.$$

Magnetni pretok ter njegovo gostoto v desnem stebru in reži izrazimo s tem potencialom: $\phi_0 = \frac{\mathcal{V}_A}{\mathcal{R}_3 + \mathcal{R}_0} \cong 41,9 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}$, $B_0 = \frac{\phi_0}{S} \cong \underline{\underline{0,419 \text{ T}}}$.



2. Magnetna sila med jedrom in kotvo je $F_m = 2(B^2 / 2\mu_0)S$. Gostota B je sorazmerna poljski jakosti H , ki jo določimo iz Ampereovega zakona: $B = \mu_r \mu_0 H = \mu_r \mu_0 NI / l \cong 0,437 \text{ T}$. Tako za silo dobimo:

$$F_m \cong \underline{\underline{152 \text{ N}}}.$$

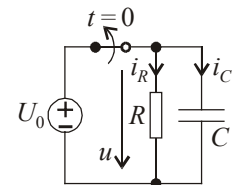
3. Trenutna moč je enaka produktu napetosti in toka: $p(t) = u(t)i(t)$. Ker je trenutna napetost na zaporedni vezavi enaka $u(t) = Ri(t) + Ldi/dt$, za moč dobimo izraz $p(t) = Ri^2(t) + Li(t)i'(t)$. Iz

diagrama določimo časovno odvisnost toka v prvi polovici periode: $i(0 \leq t \leq T/2) = \frac{I_m}{T/2}t$. Tok in

njegov časovni odvod v trenutku $t_0 = 5 \text{ ms} = T/4$ sta $i(t_0) = I_m/2 = 10 \text{ mA}$ in $i'(t_0) = I_m/(T/2) = 2 \text{ A/s}$, trenutna moč na zaporedni vezavi pa je $p(t_0) = \underline{\underline{1 \text{ mW}}}$.

4. Modelno vezje kabla je sestavljeno iz vzporedne vezave upora R in kondenzatorja kapacitivnosti C . Po odklopu vira je vsota tokov skozi upor in kondenzator enaka nič: $i_R + i_C = u/R + Cu' = 0$. Če tej diferencialni enačbi (za časovno odvisnost napetosti $u(t)$ na kablu) dodamo še začetni pogoj $u(t=0) = U_0$, se njena rešitev glasi $u(t) = U_0 e^{-t/\tau}$, kjer je časovna konstanta

$\tau = RC = \epsilon_0 / \gamma$. Trenutek, ko se napetost zmanjša na nenevarnih $U_1 = 50 \text{ V}$ označimo s t_1 : $u(t_1) = U_1 = U_0 e^{-t_1/\tau} \Rightarrow t_1 = \tau \ln U_0 / U_1 = (\epsilon_0 / \gamma) \ln U_0 / U_1 \cong \underline{\underline{30,1 \text{ s}}}$.



5. Zapišimo enačbe 2. Kirchhoffovega zakona za zanki \mathcal{L}_1 in \mathcal{L}_2 ter 1. Kirchhoffovega zakona za spojišče A :

$$\mathcal{L}_1: (2j \Omega)I_1 + (j \Omega)I_2 + (2 \Omega)I_1 - (2j \Omega)I_2 - (j \Omega)I_1 = 0,$$

$$\mathcal{L}_2: (2j \Omega)I_2 + (j \Omega)I_1 = \underline{U},$$

$$A: \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \underline{I}.$$

Iz enačbe za zanko \mathcal{L}_1 določimo zvezo med tokoma I_1 in I_2 : $I_2 = (1 - 2j)I_1$. Če to

upoštevamo v enačbi za spojišče A , sledi: $I_1 = \underline{I}(1 + j)/4$ in $I_2 = \underline{I}(3 - j)/4$. Ta izraza vstavimo v enačbo za zanko \mathcal{L}_2 in dobimo zvezo med vhodno napetostjo \underline{U} in vhodnim tokom \underline{I} :

$(2j \Omega) \frac{3 - j}{4} \underline{I} + (j \Omega) \frac{1 + j}{4} \underline{I} = \frac{(1 + 7j) \Omega}{4} \underline{I} = \underline{U}$. Nadomestna (vhodna) impedanca je po definiciji enaka

razmerju vhodne napetosti in vhodnega toka: $\underline{Z}_n \triangleq \underline{U} / \underline{I} = \underline{\underline{(0,25 + j1,75) \Omega}}$.

