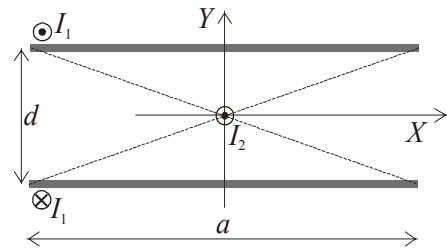
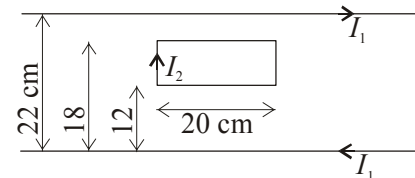


OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 23. junij 2005

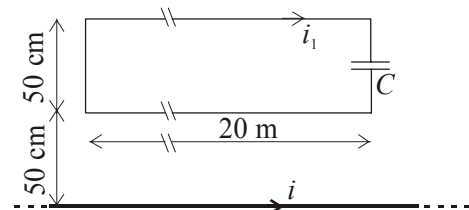
1. Tokovodnik s tokom $I_2 = 10$ A se nahaja med vodnikoma tračnega dvovoda širine $a = 25$ mm in medsebojne razdalje $d = 10$ mm, ki vodi tok $I_1 = 20$ A. Določite vektor magnetne sile \mathbf{F}_m na vmesni tokovodnik na dolžini 5 m.



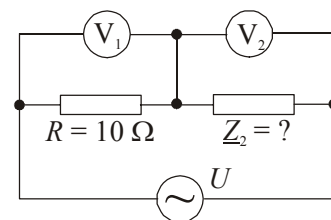
2. Tokovna zanka s tokom $I_2 = 100$ A leži med vodnikoma dvovoda s tokom $I_1 = 3$ A. Koliko dela bi opravila zunanja sila, da bi zanko odvlekla stran od dvovoda?



3. Pravokotna prevodna zanka in kondenzator kapacitivnosti $C = 1$ mF ležita ob vodniku s tokom $i(t) = 1000 \text{ A} \cdot \cos(400 \text{ s}^{-1} t)$. Določite funkcijo polnilnega toka i_1 kondenzatorja. Samoindukcijo zanemarite.



4. O neznanem bremenu impedanca Z_2 vemo le to, da je kapacitivnega značaja. Da bi določili njegovo impedanco, si pomagamo z merilnim vezjem, ki ga vzbuja harmonični vir efektivne napetosti $U = 24$ V. Voltmetra, ki merita efektivno vrednost napetosti, izmerita $U_1 = 10$ V in $U_2 = 16$ V. Kolikšna je impedanca Z_2 neznanega bremena?



5. Tri grela z upornostmi $R_1 = 25 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ in $R_3 = 35 \Omega$ vežemo v zvezdo in priključimo na simetričen trifazni sistem medfaznih napetosti $3 \times 400 \text{ V}_{\text{ef}}$ brez povratnega vodnika. Izračunajte delovno moč trifaznega bremena.

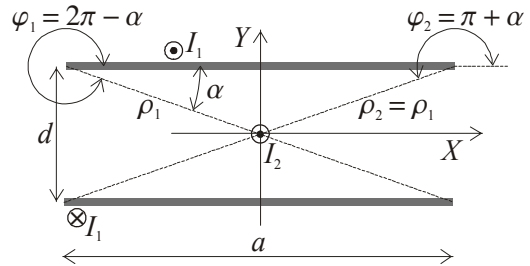
OSNOVE ELEKTROTEHNIKE II (UNI)
izpit, 23. junij 2005, rešitve

1. Vektor magnetne sile na vmesni tokovodnik na dolžini $l = 5$ m določa enačba $\mathbf{F}_m = I_2 l \mathbf{e}_z \times \mathbf{B}$, kjer je \mathbf{B} vektor gostote magnetnega pretoka tračnega dvovoda na mestu tokovodnika. Zaradi simetrije ($\rho_1 = \rho_2$) je

$$\mathbf{B} = 2\mathbf{e}_x \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} (\varphi_1 - \varphi_2) = \mathbf{e}_x \frac{\mu_0 I_1}{\pi a} (\pi - 2\alpha).$$

Iz slike sledita kót $\alpha = \arctan d/a$ in vektor sile:

$$\mathbf{F}_m = I_2 l \mathbf{e}_z \times \mathbf{e}_x \frac{\mu_0 I_1}{\pi a} (\pi - 2\arctan d/a) = \mathbf{e}_y \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{\pi a} (\pi - 2\arctan d/a) \cong \underline{\underline{\mathbf{e}_y 38,1 \text{ mN}}}.$$



2. Pri vlečenju premaguje zunanja sila magnetno; njeno delo je zato nasprotno delu magnetne sile: $A_z = -A_m = I_2 (\phi_{\text{zač.}} - \phi_{\text{kon.}}) = I_2 (\phi_{\text{zač.}}^{(1)} - \phi_{\text{kon.}}^{(1)})$. Pri pretoku skozi zanko v referenčni smeri, ki jo določa njen tok, upoštevamo le prispevek toka I_1 (pretok skozi zanko zaradi lastnega toka se med vlečenjem ne spreminja). Ko je zanka daleč stran od dvovoda, je $\phi_{\text{kon.}}^{(1)} = 0$, ko pa je v začetni legi, je

$$\phi_{\text{zač.}}^{(1)} = \frac{\mu_0 I_1 \cdot 20 \text{ cm}}{2\pi} \left(\ln \frac{10 \text{ cm}}{4 \text{ cm}} + \ln \frac{18 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} \right) = \frac{\mu_0 I_1 \cdot 20 \text{ cm}}{2\pi} \ln 3,75,$$

zato je

$$A_z = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \cdot 20 \text{ cm}}{2\pi} \ln 3,75 \cong \underline{\underline{15,9 \mu\text{J}}}.$$

3. Polnilni tok i_1 kondenzatorja je odvisen od napetosti kondenzatorja; ta je enaka inducirani napetosti vzdolž toka v zanki: $i_1 = C du_{\text{ind.}}/dt$. Inducirana napetost v zanki je: $u_{\text{ind.}} = -d\phi/dt$. Referenčno smer tega pretoka določa desno pravilo:

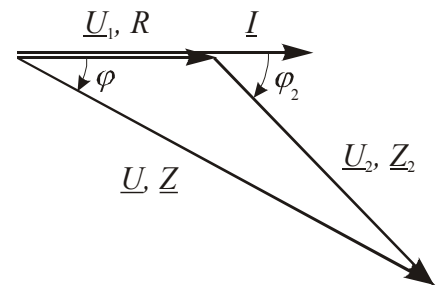
$$\phi = -\frac{\mu_0 i(t) \cdot 20 \text{ m}}{2\pi} \ln \frac{100 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = -\frac{\mu_0 \cdot 20 \text{ m}}{2\pi} \ln 2 \cdot i(t).$$

Če izraze povežemo, dobimo:

$$i_1(t) = -C d^2 \phi / dt^2 = \frac{\mu_0 \cdot 20 \text{ m}}{2\pi} \ln 2 \cdot C d^2 i / dt^2 = -\frac{\mu_0 \cdot 20 \text{ m}}{2\pi} \ln 2 \cdot 10^{-3} \text{ F} \cdot 10^3 \text{ A} \cdot (400 \text{ s}^{-1})^2 \cdot \cos(400 \text{ s}^{-1} \cdot t),$$

$$i_1(t) \cong \underline{\underline{-444 \text{ mA} \cdot \cos(400 \text{ s}^{-1} \cdot t)}}.$$

4. Nalogo rešimo s pomočjo kazalčnega diagrama: kazalec napetosti \underline{U}_1 na uporu je v fazi z bremenskim tokom \underline{I} , kazalec napetosti \underline{U}_2 na bremenu kapacitivnega značaja pa za tokom \underline{I} zaostaja. Fazni kót φ impedance $\underline{Z} = R + \underline{Z}_2$ določimo iz trikotnika napetosti oziroma impedanc. Po kosinusnem izreku je $\cos \varphi = (U^2 + U_1^2 - U_2^2) / (2UU_1) \rightarrow \varphi \cong -29^\circ$. Absolutna vrednost impedance je $Z = U / I = UR / U_1 = 24 \Omega$. Impedanca neznanega bremena je $\underline{Z}_2 = \underline{Z} - R \cong \underline{\underline{(11 - j11,6) \Omega}}$.



5. Delovna moč na uporovnem trifaznem bremenu ni odvisna od faznega zaporedja. Kazalci faznih napetosti naj so: $\underline{U}_1 = 230 \text{ V}$, $\underline{U}_2 = \underline{U}_1 e^{-j120^\circ}$, $\underline{U}_3 = \underline{U}_1 e^{j120^\circ}$. Potencial zvezdišča in moč bremena sta:

$$\underline{V}_{zv} = \frac{\underline{U}_1 G_1 + \underline{U}_2 G_2 + \underline{U}_3 G_3}{G_1 + G_2 + G_3} \cong (20,4 - j9,3) \text{ V}, \quad P = \sum_{i=1}^3 \frac{|\underline{U}_i - \underline{V}_{zv}|^2}{R_i} \cong \underline{\underline{5339 \text{ W}}}.$$