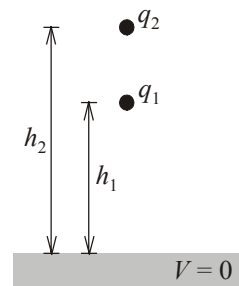
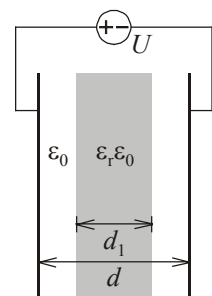


OSNOVE ELEKTROTEHNIKE I (VSŠ)
izpit, 16. januar 2007

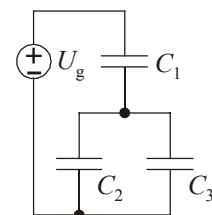
1. Tanki dolgi žici sta nameščeni ena nad drugo na višinah $h_1 = 4$ m in $h_2 = 6$ m nad zemljo. Vz dolžna (linijska) gostota naboja na spodnji žici je $q_1 = 48$ nC/m. Določite vz dolžno gostoto naboja q_2 na zgornji žici, da bo električna sila na spodnjo žico enaka nič.



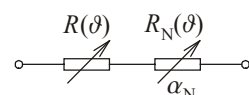
2. V ploščnem kondenzatorju je dvoplastni izolator, sestavljen iz zraka ter visoko kakovostnega dielektrika relativne dielektričnosti $\epsilon_r = 3$ in debeline $d_1 = 3$ mm. Med ploščama je priključena napetost $U = 10$ kV. Na kolikšno razdaljo d smemo še približati plošči kondenzatorja, da ne bo prišlo do preboja v zraku? Računajte s prebojno trdnostjo zraka $E_{\text{preb.}} = 2,5$ MV/m.



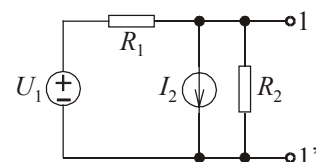
3. Za koliko odstotkov se spremeni energija v polju kondenzatorja kapacitivnosti $C_3 = 2$ nF, ko med plošči zračnega kondenzatorja kapacitivnosti $C_1 = 3$ nF vstavimo dielektrik relativne dielektričnosti $\epsilon_r = 2$? ($C_2 = 1$ nF)



4. Navitje ima pri sobni temperaturi $\vartheta_0 = 20$ °C upornost $R(\vartheta_0) = 10$ Ω, pri delovni temperaturi $\vartheta_1 = 80$ °C pa $R(\vartheta_1) = 12,4$ Ω. Zaporedno navitju vežemo upor z negativnim temperaturnim koeficientom. Kolikšno upornost $R_N(\vartheta_0)$ pri sobni temperaturi in kolikšen temperaturni koeficient α_N mora imeti ta upor, da bo celotna upornost zaporedne vezave neodvisna od temperature in enaka 90 Ω?



5. Določite nadomestni Nortonov vir za dano vezje med sponkama 1 in 1'. ($U_1 = 20$ V, $R_1 = 4$ Ω, $I_2 = 4$ A in $R_2 = 12$ Ω.)



$$\epsilon_0 \approx \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{\text{A s}}{\text{V m}}$$

OSNOVE ELEKTROTEHNIKE I (VŠŠ)
izpit, 16. januar 2007
Rešitve

1. Ker sta žici tanki, lahko zanemarimo ekscentričnost v njih. Električna sila na spodnjo žico bo enaka nič, ko bo poljska jakost v njeni osi enaka nič. Polje v osi spodnje žice povzročata elektrina na zgornji žici in elektrina na zemlji. Prispevek elektrine na zemlji določimo po metodi zrcaljenja.

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left| \frac{q_2}{h_2 - h_1} - \frac{-q_1}{2h_1} - \frac{-q_2}{h_2 + h_1} \right| = 0 \Rightarrow \frac{q_2}{h_2 - h_1} + \frac{q_2}{h_2 + h_1} = -\frac{q_1}{2h_1} \Rightarrow q_2 = -\frac{h_2^2 - h_1^2}{4h_1h_2} q_1 = \underline{\underline{-10 \text{ nC/m}}}$$

2. Zvezo med poljem v zraku E_0 in poljem v dielektriku E_1 določa mejni pogoj za normalno komponento vektorja gostote električnega pretoka, saj je polje normalno na mejo dielektrik-zrak: $\epsilon_0 E_0 = \epsilon_r \epsilon_0 E_1 \Rightarrow E_1 = E_0 / \epsilon_r$. Napetost med ploščama kondenzatorja je enaka vsoti napetosti na zračnem delu debeline $d - d_1$ in napetosti na dielektriku debeline d_1 : $U = E_0(d - d_1) + E_1 d_1 = E_0(d - d_1) + E_0 d_1 / \epsilon_r$. Iz te enačbe izrazimo razdaljo d med ploščama kondenzatorja: $d = U / E_0 + d_1(1 - 1/\epsilon_r)$. Razdaljo $d_{\text{preb.}}$, pri kateri pride do preboja v zraku, določimo tako, da za poljsko jakost v zraku vstavimo prebojno trdnost: $d_{\text{preb.}} = U / E_{\text{preb.}} + d_1(1 - 1/\epsilon_r) = 6 \text{ mm}$. Da ne bo prišlo do preboja, mora biti razdalja med ploščama $d > \underline{\underline{6 \text{ mm}}}$.

3. Nadomestna kapacitivnost spodnjih kondenzatorjev je enaka kapacitivnosti zgornjega pred vstavitvijo dielektrika. Zato je napetost na spodnjih kondenzatorjih enaka $U_{23} = U_g / 2$. Po vstavitvi dielektrika je kapacitivnost zgornjega kondenzatorja dvakrat večja kot nadomestna kapacitivnost spodnjih dveh: $C_{\text{id}} = \epsilon_r C_1 = 2(C_2 + C_3)$. Zato je napetost na zgornjem dvakrat manjša kot na spodnjih. Ker je vsota obeh napetosti enaka U_g , je napetost na spodnjih enaka $U_{23d} = 2U_g / 3$. Energiji v polju tretjega kondenzatorja pred in po vstavitvi dielektrika sta $W_3 = C_3 U_{23}^2 / 2$ in $W_{3d} = C_3 U_{23d}^2 / 2$. Njuna relativna razlika je $\frac{W_{3d} - W_3}{W_3} = \frac{U_{23d}^2 - U_{23}^2}{U_{23}^2} = \frac{4/9 - 1/4}{1/4} = 7/9 \cong \underline{\underline{77,8 \text{ \%}}}$.

4. Iz temperaturne odvisnosti upornosti navitja določimo njegov temperaturni koeficient α :

$$R(\mathcal{G}) = R(\mathcal{G}_0)[1 + \alpha(\mathcal{G} - \mathcal{G}_0)] \Rightarrow \alpha = \frac{R(\mathcal{G}_1)/R(\mathcal{G}_0) - 1}{\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_0} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}.$$

Upornost zaporedne vezave pri splošni temperaturi \mathcal{G} je:

$$R_{\text{zap.}} = R(\mathcal{G}_0)[1 + \alpha(\mathcal{G} - \mathcal{G}_0)] + R_N(\mathcal{G}_0)[1 + \alpha_N(\mathcal{G} - \mathcal{G}_0)]$$

$$R_{\text{zap.}} = R(\mathcal{G}_0) + R_N(\mathcal{G}_0) + (\mathcal{G} - \mathcal{G}_0)[R(\mathcal{G}_0)\alpha + R_N(\mathcal{G}_0)\alpha_N].$$

Da bi ta upornost bila neodvisna od temperature, mora veljati:

$$R(\mathcal{G}_0)\alpha + R_N(\mathcal{G}_0)\alpha_N = 0. \quad (4.1)$$

V tem primeru je upornost zaporedne vezave enaka $R_{\text{zap.}} = R(\mathcal{G}_0) + R_N(\mathcal{G}_0)$, odkoder določimo upornost upora pri sobni temperaturi: $R_N(\mathcal{G}_0) = R_{\text{zap.}} - R(\mathcal{G}_0) = \underline{\underline{80 \Omega}}$. Njegov temperaturni koeficient določimo iz enačbe (4.1): $\alpha_N = -\alpha R(\mathcal{G}_0) / R_N(\mathcal{G}_0) = \underline{\underline{-5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}}}$.

5. Nortonov vir je realni tokovni vir. Tok njegovega idealnega vira je enak toku kratkega stika med sponkama 1 in 1': $I_N = U_1 / R_1 - I_2 = \underline{\underline{1 \text{ A}}}$. Njegova upornost je enaka upornosti vezja med sponkama 1 in 1' pri deaktiviranih virih: $R_N = R_1 \parallel R_2 = \underline{\underline{3 \Omega}}$.

