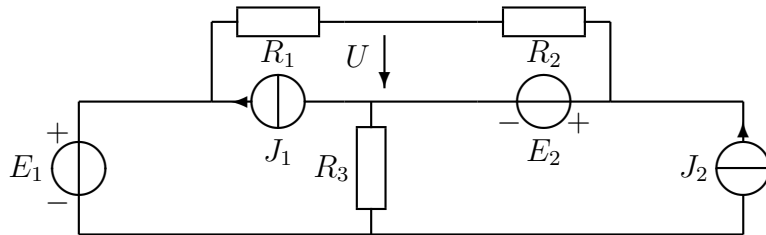


Tentti 29.3.2021. Saat vastata vain neljään tehtävään!

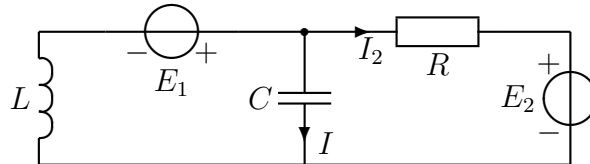
Koe on suoritettava itsenäisesti. Kirjallisen materiaalin käyttö on kuitenkin sallittua.

Paperille kirjoitetut vastaukset palautetaan MyCoursesiin valokuvattuina tai skannattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg. Kaikkien tehtävien vastaukset saavat olla samassa PDF-tiedostossa (optimi); muussa tapauksessa tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20 ja tehtävän vastauksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. En voi kokeen aikana enää täsmentää tehtäviä, vaikka niissä olisi puutteita (harvoin on). Jos kokeen aikana tulee muita ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia: kimmo.silvonen@aalto.fi

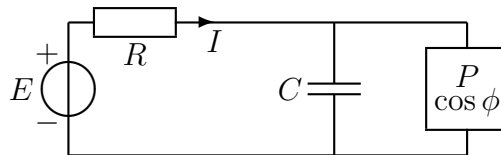
1. Laske jännite U . $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$, $E_1 = 20 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$, $J_1 = 1 \text{ A}$, $J_2 = 3,5 \text{ A}$.



2. Laske virta I . $R = 2 \Omega$, $L = 2 \text{ H}$, $C = 0,125 \text{ F}$, $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$, $E_2 = (2j + 0,5) \text{ V}$.

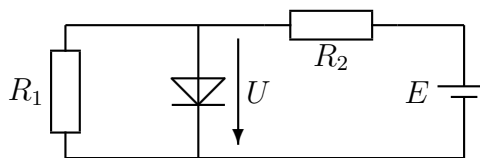


3. Virta $I = 2\angle 0^\circ$, kun jännite on samanvaiheinen eli $E = |E|\angle 0^\circ$. Laske kapasitanssi C . $P = 460 \text{ W}$, $\cos \phi = 0,66$ ($\phi > 0$), $\omega = 300 \frac{1}{\text{s}}$.



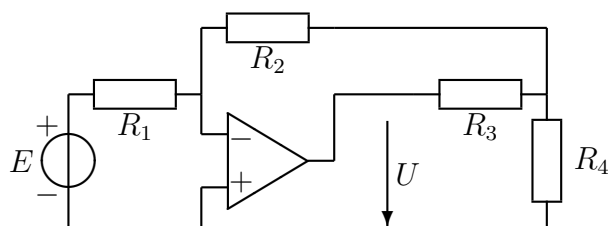
4. Millä jännitelähteen E arvolla diodin jännite $U = 0,6 \text{ V}$?

$nU_T = 50 \text{ mV}$, $I_S = 1 \text{ nA}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$.



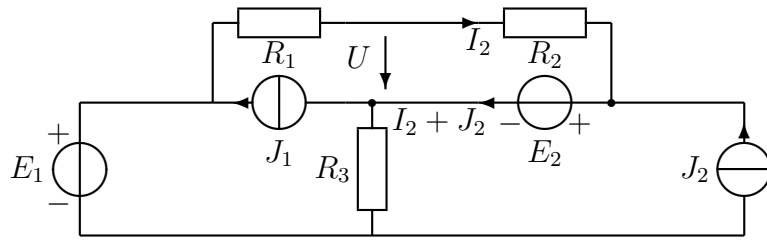
5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Laske jännite E , kun $U = -2 \text{ V}$,

$R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$.



Ratkaisut ja tulokset tulevat mahdollisimman pian kurssin sivulle MyCoon. Hyvää kevään jatkoa, t. X

1. Laske jännite U . $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$, $E_1 = 20 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$, $J_1 = 1 \text{ A}$, $J_2 = 3,5 \text{ A}$.



$$-U + R_2 I_2 + E_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{U - E_2}{R_2} \quad (1)$$

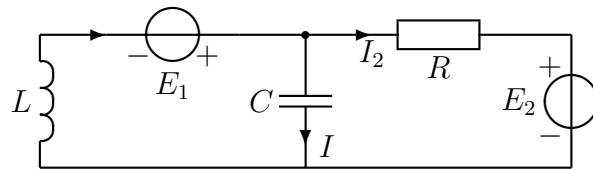
$$-E_1 + R_1 I_2 + U + R_3 (I_2 + J_2 - J_1) = 0 \quad (2)$$

$$-E_1 + (R_1 + R_3) \underbrace{I_2}_{\frac{U - E_2}{R_2}} + U + R_3 (J_2 - J_1) = 0 \quad (3)$$

$$-E_1 + (R_1 + R_3) \frac{U - E_2}{R_2} + U + R_3 (J_2 - J_1) = 0 \quad (4)$$

$$U = \frac{E_1 + \frac{R_1 + R_3}{R_2} E_2 - R_3 (J_2 - J_1)}{\frac{R_1 + R_3}{R_2} + 1} = \frac{20 + 80 - 10}{9} = 10 \text{ V} \quad (5)$$

2. Laske virta I . $R = 2 \Omega$, $L = 2 \text{ H}$, $C = 0,125 \text{ F}$, $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, $E_1 = 4 \angle 0^\circ \text{ V}$, $E_2 = (2j + 0,5) \text{ V}$.



$$-\frac{1}{j\omega C} I + R I_2 + E_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{\frac{1}{j\omega C} I - E_2}{R} \quad (6)$$

$$j\omega L (I + I_2) - E_1 + \frac{1}{j\omega C} I = 0 \quad (7)$$

$$j\omega L I_2 - E_1 + \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) I = 0 \quad (8)$$

$$j\omega L \frac{\frac{1}{j\omega C} I - E_2}{R} - E_1 + \left(j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) I = 0 \quad (9)$$

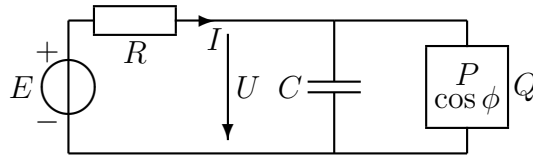
$$\left(\frac{j\omega L}{j\omega C R} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) I = \frac{j\omega L}{R} E_2 + E_1 \quad (10)$$

$$\left(\frac{L}{C R} + j\omega L - j \frac{1}{\omega C} \right) I = \frac{j\omega L}{R} E_2 + E_1 \quad (11)$$

$$(8 + j4 - j4) I = j2 E_2 + 4 \quad (12)$$

$$I = \frac{j2(2j + 0,5) + 4}{8} = 0,125j = 0,125 \angle 90^\circ \text{ A} \quad (13)$$

3. Virta $I = 2\angle 0^\circ$, kun jännite on samanvaiheinen eli $E = |E|\angle 0^\circ$. Laske kapasitanssi C . $P = 460$ W, $\cos \phi = 0,66$ ($\phi > 0$), $\omega = 300 \frac{1}{s}$.



Jos E :n ja I :n vaihe-ero on nolla, on jännitelähteen syöttämä teho puhdasta P :tä. Koska R syö pelkkää P :tä, on kondensaattorin loistehon kumottava oikealla olevan laitteen loisteho Q , jotta vastuksen oikealla puolella ei virtaisi loistehoa. Tällöin myös U ja I ovat samanvaiheisia. Kuorman loisteho Q saadaan suorakulmaisesta kolmiosta (vrt. Kako):

$$\frac{Q}{P} = \tan \phi \Rightarrow Q = P \tan \phi = 523,61 \text{ VAr} \quad (14)$$

Koska $\phi_E - \phi_I = 0^\circ$:

$$Q_C + Q = 0 \Rightarrow Q_C = -523,61 \text{ VAr} \quad (15)$$

$$\Rightarrow |U| = \frac{|S|}{|I|} = \frac{P + j(Q_C + Q)}{|I|} = 230 \text{ V} \quad (16)$$

Mitoitetaan C siten että 230 voltin jännitteellä kondensaattorin loisteho on $-523,61$ varia:

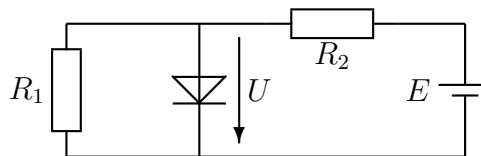
$$S_C = 0 + jQ_C = UI_C^* = U \left(\frac{U}{\frac{1}{j\omega C}} \right)^* = (-j\omega C) UU^* = -j\omega C |U|^2 \quad (17)$$

$$Q_C = -\omega C |U|^2 = -523,61 \text{ VAr} \quad (18)$$

$$\Rightarrow C = \frac{523,61}{\omega |U|^2} = 33,0 \mu\text{F} \quad (19)$$

4. Millä jännitelähteen E arvolla diodin jännite $U = 0,6$ V?

$nU_T = 50$ mV $I_S = 1$ nA, $R_1 = 10$ k Ω , $R_2 = 22$ k Ω .



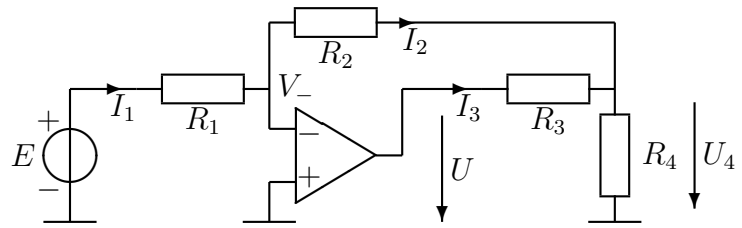
$$I_D = I_S \left(e^{\frac{U}{nU_T}} - 1 \right) = 162,75 \mu\text{A} \quad (20)$$

$$I_2 = \frac{U}{R_1} = 60 \mu\text{A} \quad (21)$$

$$I_1 = I_D + I_2 = 222,75 \mu\text{A} \quad (22)$$

$$E = U + R_2 I_1 = 5,5 \text{ V} \quad (23)$$

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Laske jännite E , kun $U = -2$ V, $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ k Ω , $R_4 = 5$ k Ω .



$$\left(U_4 = -\frac{R_2}{R_1} E \right) \quad (24)$$

kuten invertoivassa vahvistinkytkenässä, mutta tätä ei tarvinnut tietää. Operaatiovahvistin säätää U :n vastaamaan tätä arvoa:

$$I_2 = I_1 = \frac{E - V_-}{R_1} = \frac{E - 0}{R_1} \quad (25)$$

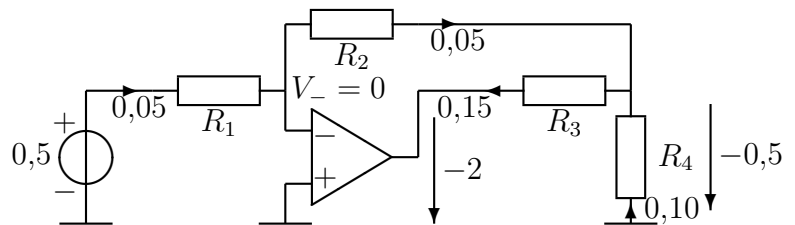
$$U_4 - V_- = U_4 - 0 = -R_2 I_2 \quad (26)$$

$$I_3 + I_2 = \frac{U - U_4}{R_3} + I_2 = \frac{U_4}{R_4} \quad (27)$$

$$U = \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) U_4 - R_3 I_2 = - \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \frac{R_2}{R_1} E - \frac{R_3}{R_1} E \quad (28)$$

$$E = \frac{-U}{\left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_3}{R_1}} = 0,5 \text{ V} \quad (29)$$

Vastauksen merkkivirhe on nyt korjattu.



Virrat milliampeereina.