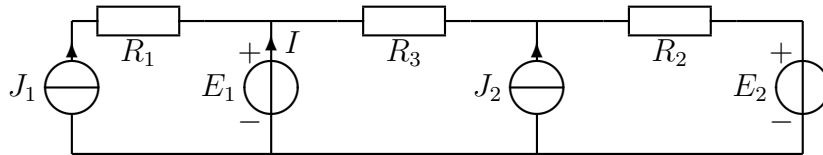


**Tentti 8.4.2020. Saat vastata vain neljään tehtävään!**

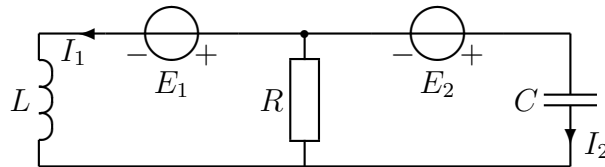
**Kirjan tai muun materiaalin käyttö on verkkotentissäni sallittua!**

Paperille kirjoitetut vastaukset palautetaan MyCoursesiin valokuvattuina tai skannattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg, tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20; tehtävän vastuksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. Jos kokeen aikana tulee ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia.

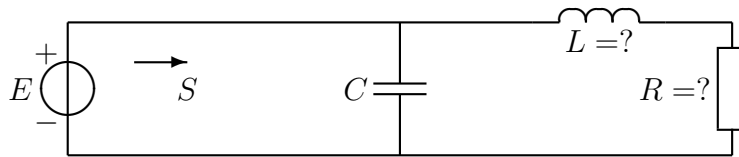
1. Laske virta  $I$ .  $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 2 \Omega$ ,  $J_1 = 2 \text{ A}$ ,  $J_2 = 1 \text{ A}$ ,  $E_1 = 5 \text{ V}$ ,  $E_2 = 7 \text{ V}$ .



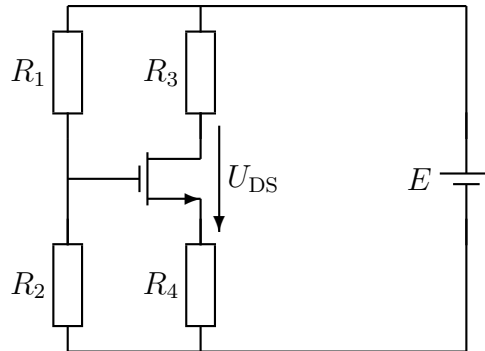
2. Laske virta  $I_2$ .  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (1 - 2j) \text{ V}$ .



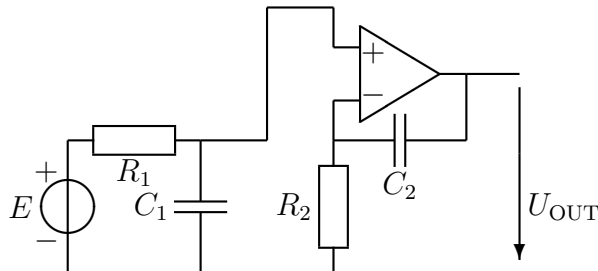
3. Jännitelähteen luovuttama kompleksinen teho on  $S = 2 + 3j \text{ VA}$ .  $E = 10\angle 0^\circ \text{ V}$ .  $C = 0,005 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Laske  $R$  ja  $L$



4. Laske jännite  $U_{DS}$  (oleta SAT-alue!).  $E = 8 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $K = 2 \text{ mA/V}^2$ ,  $U_t = 2 \text{ V}$ .

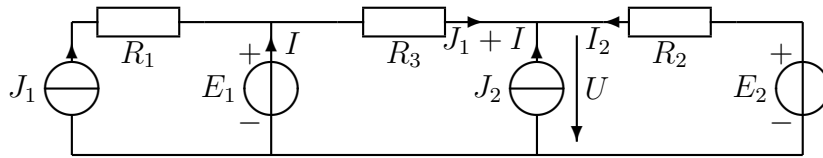


5. Laske siirtofunktio eli jännitesuhde  $\frac{U_{\text{OUT}}}{E}(j\omega)$ .  $E = 1 \text{ V}$ ,  $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 0,2 \text{ mF}$ ,  $C_2 = 1,0 \text{ mF}$ .



**Ratkaisut ja tulokset tulevat tällä viikolla syksyn kurssin sivulle MyCoon. Hyvää loppukävättä, t. X**

1. Laske virta  $I$ .  $R_1 = 5 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 2 \Omega$ ,  $J_1 = 2 \text{ A}$ ,  $J_2 = 1 \text{ A}$ ,  $E_1 = 5 \text{ V}$ ,  $E_2 = 7 \text{ V}$ .



$$J_1 + I + J_2 + I_2 = 0 \Rightarrow I_2 = -(J_1 + I + J_2) \quad (1)$$

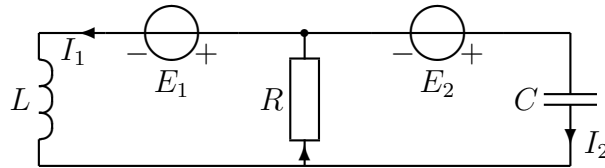
$$-E_1 + R_3(J_1 + I) + U = 0 \Rightarrow U = E_1 - R_3(J_1 + I) \quad (2)$$

$$-U - R_2 I_2 + E_2 = 0 \quad (3)$$

$$\Rightarrow -(E_1 - R_3(J_1 + I)) + R_2(J_1 + I + J_2) + E_2 = 0 \quad (4)$$

$$I = \frac{E_1 - R_3 J_1 - R_2(J_1 + J_2) - E_2}{R_3 + R_2} = -3 \text{ A} \quad (5)$$

2. Laske virta  $I_2$ .  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (1 - 2j) \text{ V}$ .



$$-j\omega L I_1 - E_1 - R(I_1 + I_2) = 0 \Rightarrow I_1 = -\frac{E_1 + R I_2}{R + j\omega L} \quad (6)$$

$$R(I_1 + I_2) - E_2 + \frac{1}{j\omega C} I_2 = 0 \quad (7)$$

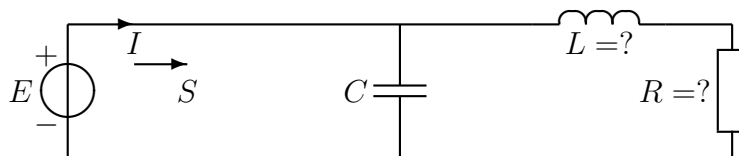
$$-R \frac{E_1 + R I_2}{R + j\omega L} + R I_2 - E_2 + \frac{1}{j\omega C} I_2 = 0 \quad (8)$$

$$I_2 = \frac{E_2 + R \frac{E_1}{R + j\omega L}}{-R \frac{R}{R + j\omega L} + R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{E_2(R + j\omega L) + R E_1}{-RR + R(R + j\omega L) + \frac{R + j\omega L}{j\omega C}} \quad (9)$$

$$I_2 = \frac{j\omega L E_2 + R E_2 + R E_1}{j(\omega L R - \frac{R}{\omega C}) + \frac{L}{C}} = \frac{j4E_2 + R E_2 + 8}{j(8 - 8) + 16} \quad (10)$$

$$I_2 = \frac{j4(1 - 2j) + 2(1 - 2j) + 8}{16} = \frac{18}{16} = 1,125\angle 0^\circ \text{ A} \quad (11)$$

3. Jännitelähteen luovuttama kompleksinen teho on  $S = 2 + 3j \text{ VA}$ .  $E = 10\angle 0^\circ \text{ V}$ .  $C = 0,005 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ . Laske  $R$  ja  $L$



$$S = EI^* = E \left( \frac{E}{\frac{1}{j\omega C}} + \frac{E}{Z_{LR}} \right)^* = E (Ej\omega C + EY_{LR})^* \quad (12)$$

$$= E (Ej\omega C + E(G + jB))^* = (EE^*(-j\omega C) + EE^*(G - jB)) \quad (13)$$

$$= |E|^2 G - |E|^2 j\omega C - |E|^2 jB \quad (14)$$

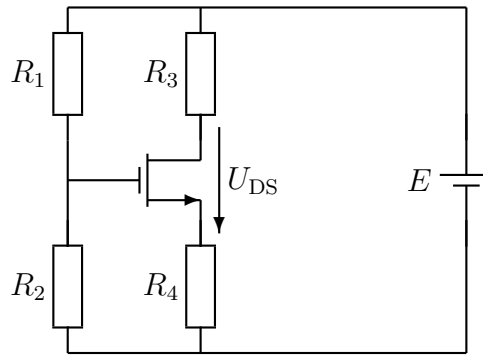
$$\Rightarrow |E|^2 G = 2 \ \& \ -|E|^2 \omega C - |E|^2 B = 3 \quad (15)$$

$$\Rightarrow G = 2/100 \ \& \ B = -\frac{4}{100} \quad (16)$$

$$Y_{LR} = \frac{1}{R + j\omega L} = 0,02 - 0,04j \quad (17)$$

$$R + j\omega L = \frac{1}{0,02 - 0,04j} = \frac{0,02 + 0,04j}{0,02^2 + 0,04^2} = \underbrace{\frac{R}{10}} + j2 \cdot \underbrace{\frac{L}{10}} \quad (18)$$

4. Laske jännite  $U_{DS}$  (oleta SAT-alue!).  $E = 8 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $K = 1 \text{ mA/V}^2$ ,  $U_t = 2 \text{ V}$ .



$$I_D = K (U_{GS} - U_t)^2 \quad (19)$$

$$U_{GS} = \frac{E}{2} - R_4 I_D \Rightarrow I_D = \frac{\frac{E}{2} - U_{GS}}{R_4} \quad (20)$$

$$(U_{GS} - U_t)^2 = \frac{\frac{E}{2} - U_{GS}}{R_4 K} \quad (21)$$

$$(x - 2)^2 = 4 - x \quad (22)$$

$$x^2 - 3x + 0 = 0 \quad (23)$$

$$x(x - 3) = 0 \quad (24)$$

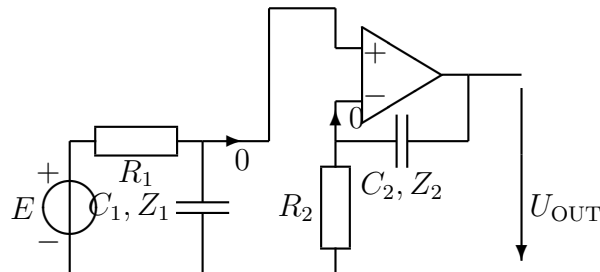
$$U_{GS} = x = 3 \text{ V} \quad (25)$$

$$I_D = K (3 - 2)^2 = 1 \text{ mA} \quad (26)$$

$$U_{DS} = E - (R_3 + R_4) I_D = 6 \text{ V} \quad (27)$$

$U_{GS}$  ei voi olla nolla, pitää olla  $U_{GS} \geq U_t$ . Kuten odotettua  $U_{DS} \geq U_{GS} - U_t$ .

5. Laske siirtofunktio eli jännitesuhde  $\frac{U_{OUT}}{E}(j\omega)$ .  $E = 1 \text{ V}$ ,  $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 0,2 \text{ mF}$ ,  $C_2 = 1,0 \text{ mF}$ .



$$V_+ = V_- \Rightarrow \frac{Z_1}{R_1 + Z_1} \cdot E = \frac{R_2}{R_2 + Z_2} \cdot U_{OUT} \quad (28)$$

$$U_{OUT} = \frac{Z_1}{R_1 + Z_1} \frac{R_2 + Z_2}{R_2} E \quad (29)$$

$$\frac{U_{OUT}}{E} = \frac{Z_1}{R_2} \frac{R_2 + Z_2}{R_1 + Z_1} = \frac{1}{j\omega C_1 R_2} \frac{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} \quad (30)$$

$$= \frac{1}{j\omega C_1 R_2} \frac{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} \cdot \overbrace{\frac{j\omega C_2}{j\omega C_1} \cdot \frac{j\omega C_1}{j\omega C_2}}^1 \quad (31)$$

$$= \frac{1}{j\omega C_1 R_2} \cdot \underbrace{\frac{j\omega C_2 R_2 + 1}{j\omega C_1 R_1 + 1}}_1 \cdot \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2 R_2} \cdot 1 \quad (32)$$