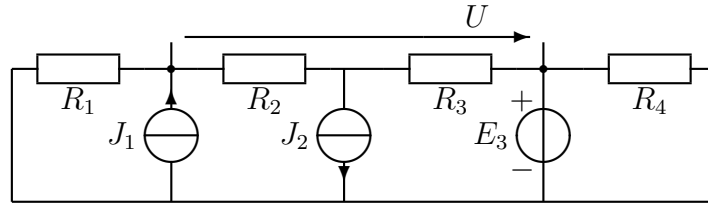


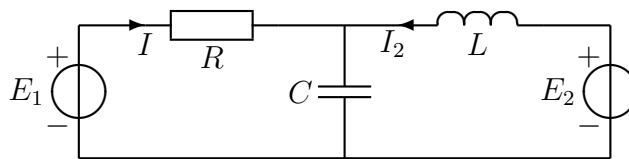
**Tentti 23.3.2015. Saat vastata vain neljään tehtävään!**

Sallitut: Kako, [gr.] laskin, [MAOL], [sanakirjan käytöstä on sovittava valvojan kanssa!]

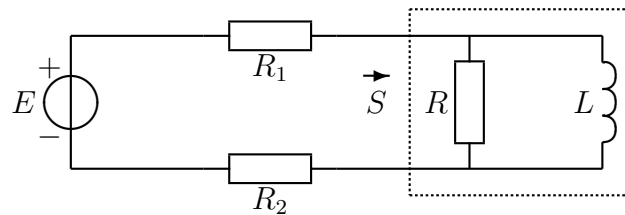
1. Laske jännite  $U$ .  $R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 2 \Omega$ ,  $R_4 = 5 \Omega$ ,  $J_1 = 3 \text{ A}$ ,  $J_2 = 2 \text{ A}$ ,  $E_3 = 3 \text{ V}$ .



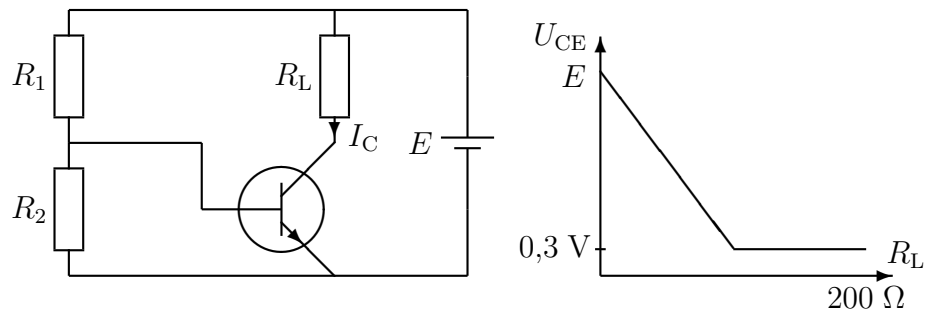
2. Laske virta  $I$ .  $R = 1 \Omega$ ,  $L = 0,2 \text{ H}$ ,  $C = 0,1 \text{ F}$ ,  $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 10 \text{ j V}$ ,  $E_2 = 20 - 10 \text{ j V}$ .



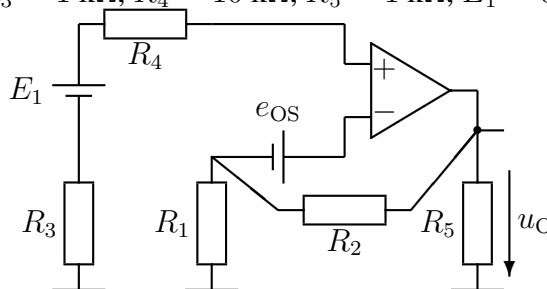
3. Kelan ( $\omega L = 10 \Omega$ ) ja vastuksen rinnankytkentänä mallinnettu kuorma ottaa kompleksisen tehon  $S = 100 + \text{j}200 \text{ VA}$ . Syöttöjohdon resistanssit ovat  $R_1 = R_2 = 2 \Omega$ . Laske jännitelähteen  $E$  jännitteen tehollisarvo.



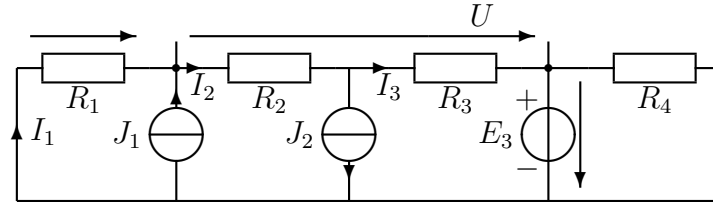
4. Mitä arvoja saa virta  $I_C$ , kun kuormavastus  $R_L$  vaihtelee välillä  $100 \dots 200 \Omega$ . Oleta, että  $U_{CE}$  kyllästyy kuvan mukaisesti arvoon  $0,3 \text{ V}$ .  $R_1 = 4,65 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 700 \Omega$ ,  $\beta = 100$ ,  $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$ ,  $E = 10 \text{ V}$ .



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä yksi tehtävistä 1–4 pois! Missä rajoissa lähtöjännite  $u_O$  vaihtelee, jos kuvaan merkitty *offset*-jännite  $e_{OS}$  vaihtelee välillä  $-5 \text{ mV} \dots +5 \text{ mV}$ .  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $E_1 = 0,1 \text{ V}$ .



1. Laske jännite  $U$ .  $R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 2 \Omega$ ,  $R_4 = 5 \Omega$ ,  $J_1 = 3 \text{ A}$ ,  $J_2 = 2 \text{ A}$ ,  $E_3 = 3 \text{ V}$ .

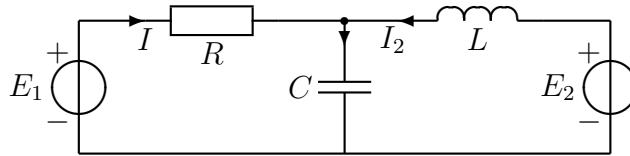


$$R_1 I_1 + R_2 (I_1 + J_1) + R_3 (I_1 + J_1 - J_2) + E_3 = 0 \quad (1)$$

$$\Rightarrow I_1 = -\frac{R_2 J_1 + R_3 (J_1 - J_2) + E_3}{R_1 + R_2 + R_3} = -\frac{11}{8} \text{ A} \quad (2)$$

$$U = R_2 (I_1 + J_1) + R_3 (I_1 + J_1 - J_2) = 2,5 \text{ V} \quad (3)$$

2. Laske virta  $I$ .  $R = 1 \Omega$ ,  $L = 0,2 \text{ H}$ ,  $C = 0,1 \text{ F}$ ,  $\omega = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 10 \text{ j V}$ ,  $E_2 = 20 - 10 \text{ j V}$ .



$$-E_1 + RI + \frac{1}{j\omega C} (I + I_2) = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{E_1 - RI - \frac{1}{j\omega C} I}{\frac{1}{j\omega C}} \quad (4)$$

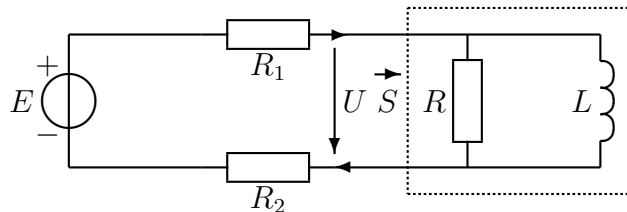
$$-E_1 + RI - j\omega L \underbrace{\frac{E_1 - RI - \frac{1}{j\omega C} I}{\frac{1}{j\omega C}}}_{I_2} + E_2 = 0 \quad (5)$$

$$\Rightarrow I = \frac{(1 - \omega^2 LC)E_1 - E_2}{R - j\omega L \frac{-R - \frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C}}} = \frac{(1 - \omega^2 LC)E_1 - E_2}{R + j\omega L (j\omega CR + 1)} \quad (6)$$

$$= \frac{(1 - \omega^2 LC)E_1 - E_2}{(1 - \omega^2 LC)R + j\omega L} = \frac{-10\text{j} - 20 + 10\text{j}}{-1 + \text{j}2} = \frac{20 \angle 180^\circ}{\sqrt{5} \angle 116,6^\circ} \quad (7)$$

$$= \underbrace{4}_{8,94} \sqrt{5} \angle 63,4^\circ \text{ A} \quad (= 4 + \text{j}8) \quad (8)$$

3. Kelan ( $\omega L = 10 \Omega$ ) ja vastuksen rinnankytkentänä mallinnettu kuorma ottaa kompleksisen tehon  $S = 100 + \text{j}200 \text{ VA}$ . Syöttöjohdon resistanssit ovat  $R_1 = R_2 = 2 \Omega$ . Laske jännitelähteen  $E$  jännitteen tehollisarvo.



$$S = U(I_R + I_L)^* = U \left( \frac{U}{R} + \frac{U}{j\omega L} \right)^* = U \left( \frac{U}{R + \text{j}0} + \frac{U}{0 + \text{j}\omega L} \right)^* \quad (9)$$

$$= \frac{UU^*}{R} + \frac{UU^*}{-\text{j}\omega L} = \underbrace{\frac{|U|^2}{100}}_{100} + \text{j} \underbrace{\frac{|U|^2}{200}}_{200} \quad (10)$$

$$\Rightarrow |U|^2 = 200 \omega L = 2000 \quad R = |U|^2 / 100 = 20 \quad (11)$$

$$-E + R_1 (I_R + I_L) + U + R_2 (I_R + I_L) = 0 \quad (12)$$

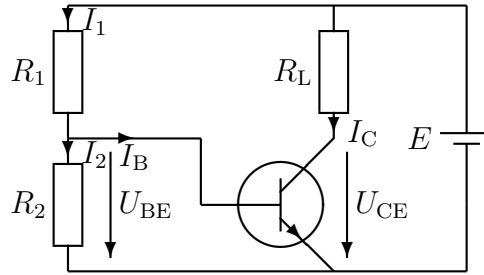
$$E = U + (R_1 + R_2) \underbrace{\left( \frac{U}{R} + \frac{U}{j\omega L} \right)}_{I_R + I_L} = 0 \quad (13)$$

$$= \left( 1 + \frac{R_1 + R_2}{R} - j \frac{R_1 + R_2}{\omega L} \right) U \quad (14)$$

$$|E| = \sqrt{\left( 1 + \frac{R_1 + R_2}{R} \right)^2 + \left( \frac{R_1 + R_2}{\omega L} \right)^2} |U| = \sqrt{1,2^2 + 0,4^2} \cdot \sqrt{2000} \quad (15)$$

$$= 56,57 \text{ V} \quad (16)$$

4. Mitä arvoja saa virta  $I_C$ , kun kuormavastus  $R_L$  vaihtelee välillä  $100 \dots 200 \Omega$ . Oleta, että  $U_{CE}$  kyllästyy kuvan mukaisesti arvoon  $0,3 \text{ V}$ .  $R_1 = 4,65 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 700 \Omega$ ,  $\beta = 100$ ,  $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$ ,  $E = 10 \text{ V}$ .



Huomaa, että vastuksen  $R_2$  jännite tunnetaan.

$$I_B = I_1 - I_2 = \frac{E - U_{BE}}{R_1} - \frac{U_{BE}}{R_2} = 1 \text{ mA} \quad (17)$$

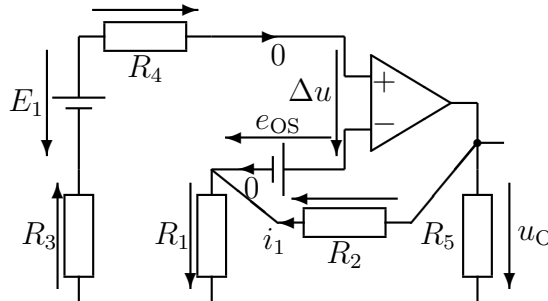
Linearisessa toiminnassa  $I_C = \beta I_B = 100 \text{ mA}$ . Etsitään seuraavaksi kyllästymisraja:

$$U_{CE} = E - R_L \underbrace{I_C}_{\beta I_B} = 0,3 \Rightarrow R_L = \frac{E - 0,3}{\beta I_B} = 97 \Omega \quad (18)$$

Kun  $0 \leq R_L \leq 97 \Omega$ , on  $I_C = 100 \text{ mA}$ . Jos  $R_L$  kasvaa yli  $97 \text{ ohmin}$ , jäähtää  $U_{CE}$   $0,3$  volttiin;  $\beta$  ja siten myös kollektorivirta joutuvat pienentymään:

$$I_C \approx \frac{E - 0,3}{R_L} \quad (19)$$

5. Missä rajoissa lähtöjännite  $u_O$  vaihtelee, jos kuvaan merkitty *offset*-jännite  $e_{OS}$  vaihtelee välillä  $-5 \text{ mV} \dots +5 \text{ mV}$ .  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 40 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $E_1 = 0,1 \text{ V}$ .



$$R_3 \cdot 0 - E_1 + R_4 \cdot 0 + \Delta u + e_{OS} + R_1 i_1 = 0 \Rightarrow i_1 = \frac{E_1 - e_{OS}}{R_1} \quad (20)$$

$$-R_1 i_1 - R_2 i_1 + u_O = 0 \quad (21)$$

$$\Rightarrow u_O = \frac{R_1 + R_2}{R_1} (E_1 - e_{OS}) = 525 \dots 475 \text{ mV} \quad (22)$$