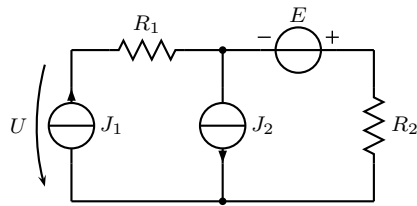


1.

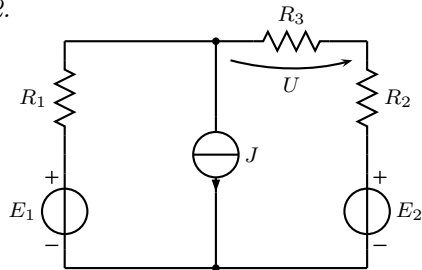


- a) Laske vastuksessa R_2 kuluva teho.
- b) Laske virtalähteen yli oleva jännite U .

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 2 \text{ k}\Omega \quad J_1 = 5 \text{ mA}$$

$$J_2 = 2 \text{ mA} \quad E = 1 \text{ V}.$$

2.

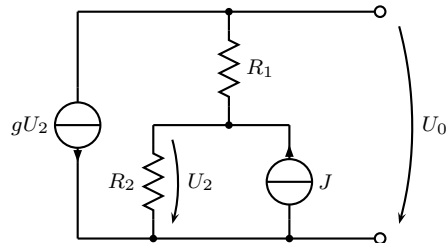


Laske jännite U Théveninin menetelmällä.

$$E_1 = 2 \text{ V} \quad E_2 = 3 \text{ V} \quad J = 2 \text{ A}$$

$$R_1 = 4 \Omega \quad R_2 = 5 \Omega \quad R_3 = 3 \Omega.$$

3.

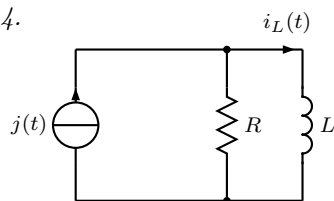


Laske kuvan mukaisen piirin tyhjäkäyntijännite U_0 solmumenetelmää käyttäen.

$$J = 1 \text{ A} \quad g = 20 \text{ mS} \quad R_1 = 10 \Omega$$

$$R_2 = 30 \Omega.$$

4.

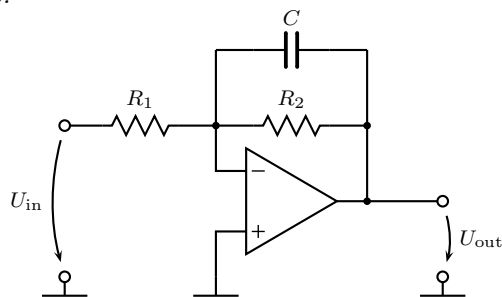


Laske $i_L(t)$, kun

- a) $j(t) = 10 \text{ A}$,
- b) $j(t) = 10 \sin(\omega t + \pi/2) \text{ A}$.

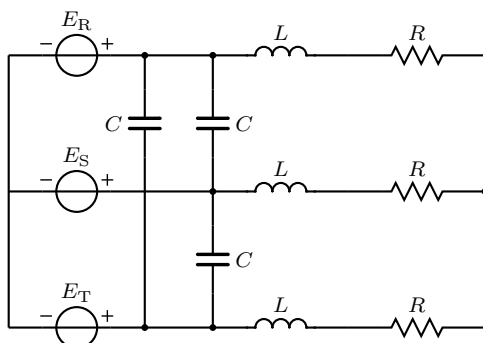
$$\omega = 1 \text{ krad/s} \quad R = 1 \Omega \quad L = 2 \text{ mH}.$$

5.



Kuvan mukaisessa kytkennässä operaatiovahvistin oletetaan ideaaliseksi. Laske jännitevahvistus $\frac{U_{\text{out}}}{U_{\text{in}}}$.

6.

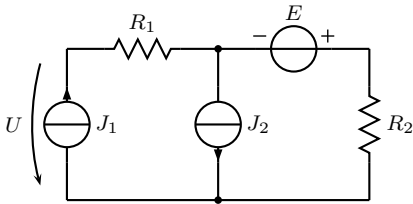


Laske vastuksissa kuluva pätöteho.

$$E_R = 230/0^\circ \text{ V} \quad R = 1 \Omega \quad \omega C = \frac{1}{6} \text{ S}$$

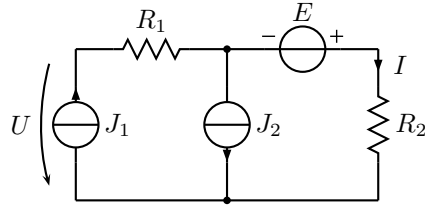
$$\omega L = 2 \Omega.$$

0.1



- a) Laske vastuksessa R_2 kuluva teho.
b) Laske virtalähteen yli oleva jännite U .

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 2 \text{ k}\Omega \quad J_1 = 5 \text{ mA} \\ J_2 = 2 \text{ mA} \quad E = 1 \text{ V}.$$



- a) Ohjatut lähteen määräävät muiden haarojen virrat, joten R_2 :n läpi kulkeva virta on Kirchhoffin virtalain mukaan

$$I = J_1 - J_2 = 3 \text{ mA}.$$

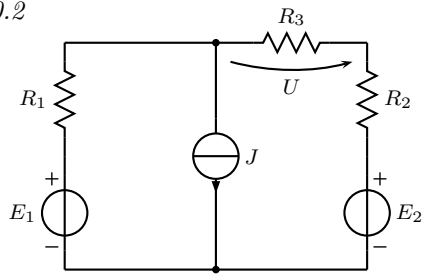
Tällöin teho

$$P = R_2 I^2 = 18 \text{ mW}$$

- b) Kysytty jännite voidaan laskea Kirchhoffin jännitelain avulla.

$$U = R_1 J_1 - E + R_2 (J_1 - J_2) = 10 \text{ V}$$

0.2

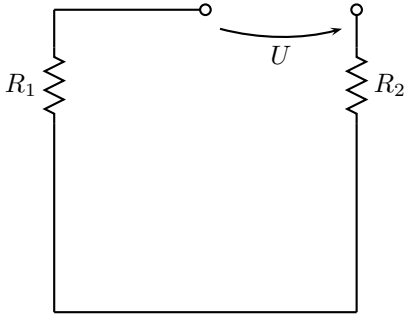


Laske jännite U Théveninin menetelmällä.

$$E_1 = 2 \text{ V} \quad E_2 = 3 \text{ V} \quad J = 2 \text{ A}$$

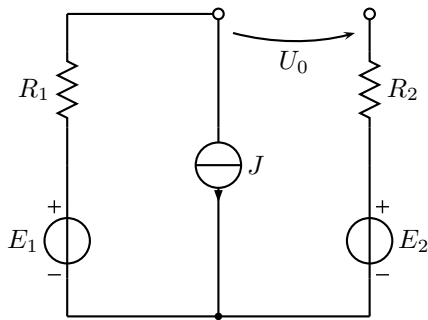
$$R_1 = 4 \text{ } \Omega \quad R_2 = 5 \text{ } \Omega \quad R_3 = 3 \text{ } \Omega.$$

Théveninin lähteen voi muodostaa piirimuunnosten avulla tai seuraavasti:



Passiivisen piirin resistanssi (lähteet sammutettu):

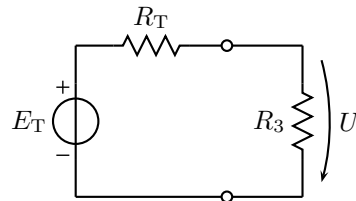
$$R_T = R_1 + R_2 = 9 \text{ } \Omega$$



Tyhjäkäyntijännite

$$U_0 = E_T = -R_1 J + E_1 - E_2 = -9 \text{ V}$$

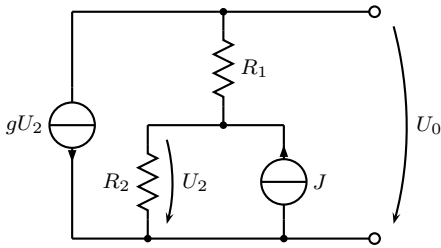
Théveninin lähde:



Lasketaan kysytty jännite U jännitejakosäännöllä:

$$U = \frac{R_3}{R_3 + R_T} E_T = -\frac{9}{4} \text{ V} \approx -2,25 \text{ V}$$

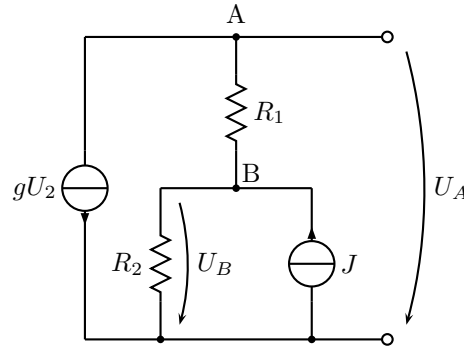
0.3



Laske kuvan mukaisen piirin tyhjäkäyntijännite U_0 solmumenetelmää käyttäen.

$$J = 1 \text{ A} \quad g = 20 \text{ mS} \quad R_1 = 10 \Omega \\ R_2 = 30 \Omega.$$

Valitaan alin solmu referenssisolmuksi ja nimetään solmut.



$$\begin{bmatrix} G_1 & -G_1 \\ -G_1 & G_1 + G_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -gU_B \\ J \end{bmatrix}$$

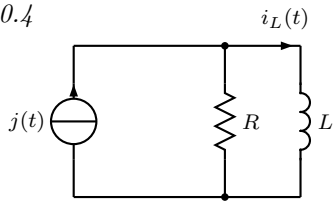
Siirretään ohjattu lähde yhtälön vasemmalle puolelle.

$$\begin{bmatrix} G_1 & -G_1 + g \\ -G_1 & G_1 + G_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ J \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan Cramerin säännöllä.

$$U_0 = U_A = \frac{(G_1 - g)J}{G_1(G_1 + G_2) + G_1(-G_1 + g)} = \frac{G_1 - g}{G_1(G_2 + g)}J = 15 \text{ V}.$$

0.4

Laske $i_L(t)$, kuna) $j(t) = 10$ A,b) $j(t) = 10 \sin(\omega t + \pi/2)$ A.

$$\omega = 1 \text{ krad/s} \quad R = 1 \ \Omega \quad L = 2 \text{ mH.}$$

a) Tasavirralla induktanssi vastaa oikosulkua eli kaikki virta kulkee sen kautta

$$i_L(t) = 10 \text{ A}$$

b) Muunnetaan virtalähteen arvo osoittimeksi

$$J = \frac{10}{\sqrt{2}} / \pi/2 \text{ A}$$

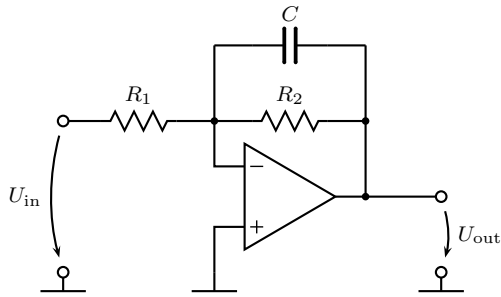
Nyt saadaan virta virranjaolla

$$I = \frac{R}{R + j\omega L} J = \frac{1}{1 + j2} \cdot \frac{10}{\sqrt{2}} / \pi/2 \text{ A} = 3,162 / 0,4626 = 3,162 / 26,565^\circ \text{ A}$$

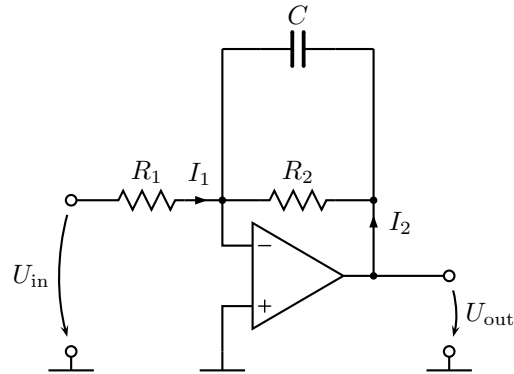
muutetaan takaisin aika-alueeseen

$$i_L(t) = \sqrt{2} \cdot \sqrt{10} \sin(\omega t + 0,15\pi) \text{ A} = \sqrt{2} \cdot 3,162 \sin(\omega t + 0,4626) \text{ A} = 2\sqrt{5} \sin(\omega t + 0,4626) = 4,472 \sin(\omega t + 0,4626) \text{ A}$$

0.5



Kuvan mukaisessa kytkennässä operaatiovahvistin oletetaan ideaaliseksi. Laske jännitevahvistus $\frac{U_{out}}{U_{in}}$.



Koska operaatiovahvistimen positiivinen ottonapa on maadoitettu, myös negatiivisen navan jännite $U_- = 0$. Tästä saadaan virroille I_1 ja I_2 lausekkeet:

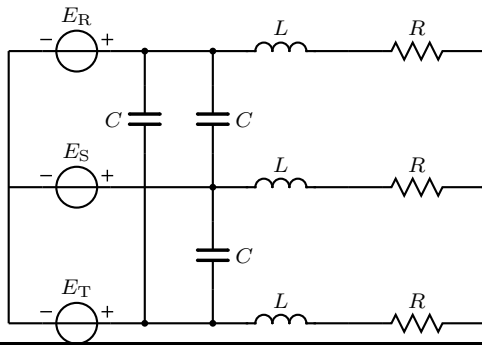
$$I_1 = \frac{U_{in}}{R_1} \quad \text{ja} \quad I_2 = \frac{U_{out}}{\frac{R_2}{j\omega CR_2 + 1}}$$

Koska ottonapojen virrat ovat nollia, saadaan:

$$I_1 + I_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{U_{out}}{\frac{R_2}{j\omega CR_2 + 1}} = -\frac{U_{in}}{R_1} \quad \Rightarrow \quad U_{out} = -\frac{U_{in}}{R_1} \cdot \frac{R_2}{j\omega CR_2 + 1}$$

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{R_2}{R_1(j\omega CR_2 + 1)}$$

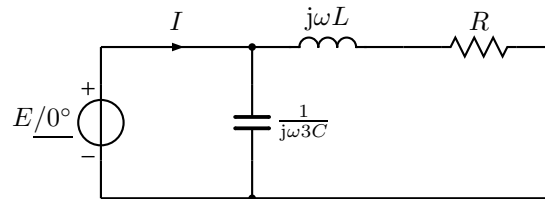
0.6



Laske vastuksissa kuluva pätöteho.

$$E_R = 230/0^\circ \text{ V} \quad R = 1 \text{ } \Omega \quad \omega C = \frac{1}{6} \text{ S} \\ \omega L = 2 \text{ } \Omega.$$

Tehdään yksivaiheinen sijaiskytkentä. Kondensaattorit muunnetaan tällöin kolmiosta tähtikytkentään ja kapasitanssin arvo kolminkertaistuu.



Lasketaan lähteen näkemä impedanssi Z_{in}

$$Z_{\text{in}} = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega 3C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega 3C}} \Omega = \frac{(1 + j2)(-j2)}{1 + j2 - j2} = (4 - j2) \Omega$$

Resistanssin kuluttama teho on lähteen E antama pätöteho

$$P_R = P_E = \text{Re} \{ E I^* \} = \text{Re} \left\{ E \frac{E^*}{Z_{\text{in}}^*} \right\} = \text{Re} \left\{ \frac{|E|^2}{Z_{\text{in}}^*} \right\} = |E|^2 \text{Re} \left\{ \frac{1}{Z_{\text{in}}^*} \right\} = 10.6 \text{ kW}$$

Kolmen vaiheen teho = $3 \cdot 10.6 \text{ kW} = 32 \text{ kW}$.