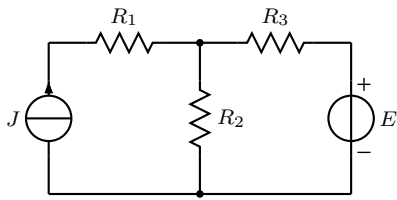


1.

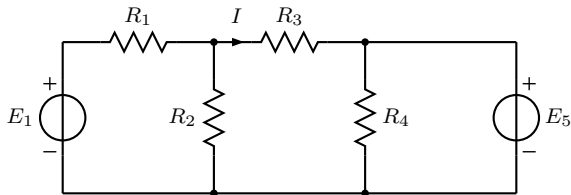


Laske vastuksen  $R_3$  kuluttama teho.

$$R_1 = 1 \Omega \quad R_2 = 2 \Omega \quad R_3 = 3 \Omega$$

$$J = 10 \text{ A} \quad E = 4 \text{ V}.$$

2.

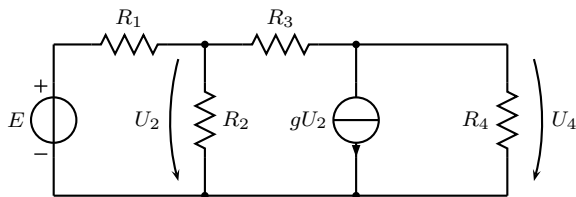


Laske Théveninin menetelmällä vastuksen  $R_3$  läpi kulkeva virta  $I$ .

$$E_1 = 5 \text{ V} \quad E_5 = 3 \text{ V} \quad R_1 = 1 \Omega$$

$$R_2 = 2 \Omega \quad R_3 = 3 \Omega \quad R_4 = 4 \Omega.$$

3.

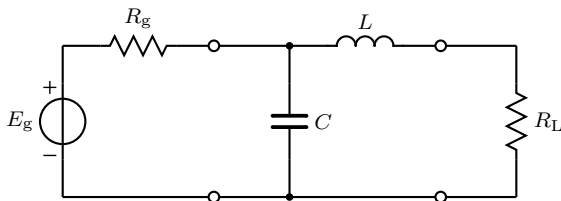


Laske  $U_4$  solmumenetelmällä.

$$E = 2 \text{ V} \quad R_1 = 2 \Omega \quad R_2 = 10 \Omega$$

$$R_3 = 10 \Omega \quad R_4 = 15 \Omega \quad g = 3 \text{ S}.$$

4.



Tarkastellaan kuvan piiriä.

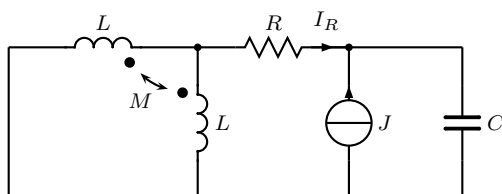
a)  $L$ :n ja  $C$ :n arvot on valittu siten, että kuormavastukseen  $R_L$  saadaan maksimiteho. Mikä on tällöin piiristä saatava yltöteho?

b) Valitaan seuraavaksi  $L$ :n ja  $C$ :n arvot siten, että piiri toimii suodattimena. Minkä tyyppinen suodatin on kyseessä?

c) Mitkä piirin komponenteista ovat häviöttömiä?

$$E_g = 10 \text{ V} \quad R_g = 100 \Omega \quad R_L = 25 \Omega.$$

5.

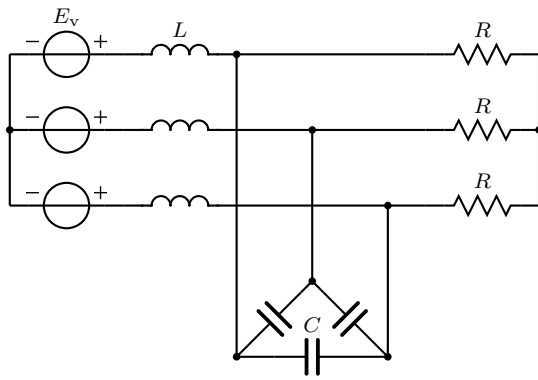


Laske virta  $I_R$ .

$$\omega L = 2 \Omega \quad \omega C = 0,5 \text{ S} \quad R = 0,5 \Omega$$

$$\omega M = 1 \Omega \quad J = 1 \text{ A}.$$

6.

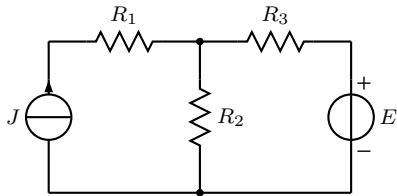


Laske oheisessa symmetrisessä kolmivaihejärjestelmässä kuluva pätöteho, kun

$$E_v = 230 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad C = 60 \mu\text{F}$$

$$R = 10 \Omega \quad L = 15 \text{ mH}.$$

0.1

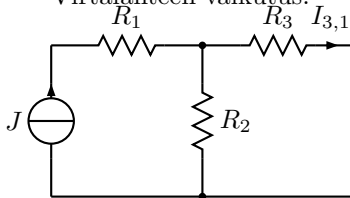


Laske vastuksen  $R_3$  kuluttama teho.

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \, \Omega & R_2 &= 2 \, \Omega & R_3 &= 3 \, \Omega \\ J &= 10 \, \text{A} & E &= 4 \, \text{V}. \end{aligned}$$

Lasketaan vastuksen virta kerrostamalla.

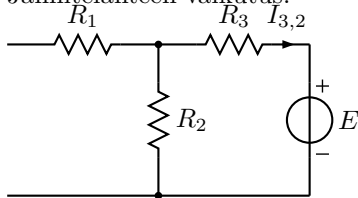
Virtalähteen vaikutus:



Virranjako:

$$I_{3,1} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} J = \frac{2}{2 + 3} \cdot 10 \, \text{A} = 4 \, \text{A}$$

Jännitelähteen vaikutus:



$$I_{3,2} = -\frac{E}{R_2 + R_3} = -\frac{4}{5} \, \text{A} = -0,8 \, \text{A}$$

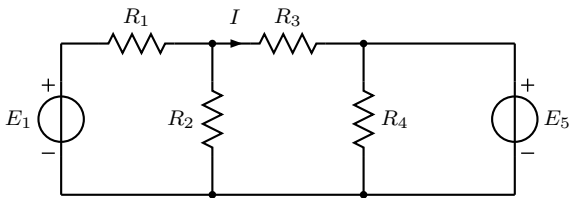
Kokonaisvirta

$$I_3 = I_{3,1} + I_{3,2} = 3,2 \, \text{A}$$

Teho

$$P = R_3 I_3^2 = 30,72 \, \text{W}$$

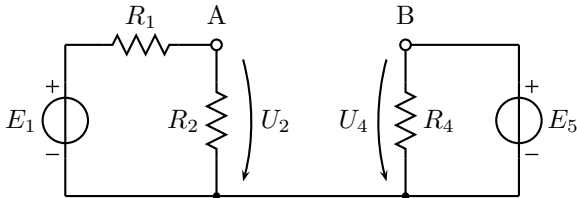
0.2



Laske Théveninin menetelmällä vastuksen  $R_3$  läpi kulkeva virta  $I$ .

$$\begin{aligned} E_1 &= 5 \text{ V} & E_5 &= 3 \text{ V} & R_1 &= 1 \ \Omega \\ R_2 &= 2 \ \Omega & R_3 &= 3 \ \Omega & R_4 &= 4 \ \Omega. \end{aligned}$$

Jaetaan piiri lähdeosaan ja kuormaosaan.  $R_3$  on kuorma ja loppuosa piiristä kuuluu lähteeseen, joka korvataan yksinkertaisella Théveninin lähteellä. Ratkaistaan ensin avoimen piirin jännite  $U_o$ .

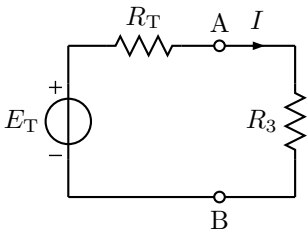


$$\begin{aligned} E_T &= U_o = U_2 - U_4 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_1 - E_5 \\ &= \frac{2}{3} \cdot 5 \text{ V} - 3 \text{ V} = \frac{1}{3} \text{ V} \end{aligned}$$

Lähteen sisäinen resistanssi saadaan laskemalla navoista A ja B näkyvä resistanssi. Ideaaliset jännitelähteet  $E_1$  ja  $E_5$  edustavat oikosulkua.

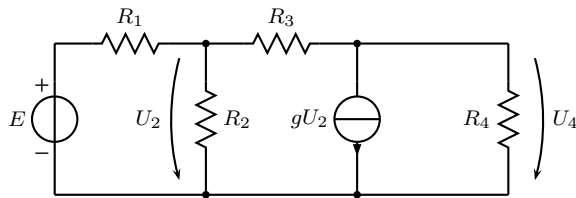
$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3} \ \Omega$$

Ratkaistaan virta  $I$  yksinkertaistetusta piiristä.



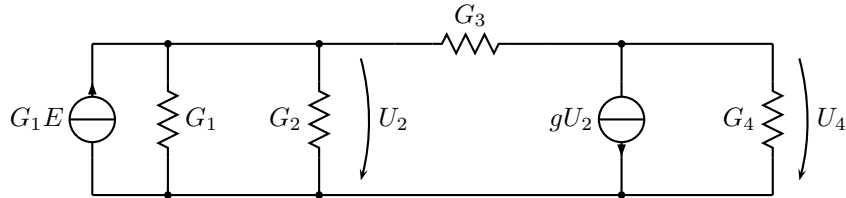
$$I = \frac{E_T}{R_T + R_3} = \frac{1}{11} \approx 0,09 \text{ A}$$

0.3



Laske  $U_4$  solmumenetelmällä.

$$\begin{aligned} E &= 2 \text{ V} & R_1 &= 2 \ \Omega & R_2 &= 10 \ \Omega \\ R_3 &= 10 \ \Omega & R_4 &= 15 \ \Omega & g &= 3 \text{ S}. \end{aligned}$$



Kirjoitetaan solmuyhtälöt:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_3 \\ -G_3 & G_3 + G_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 E \\ -gU_2 \end{bmatrix}$$

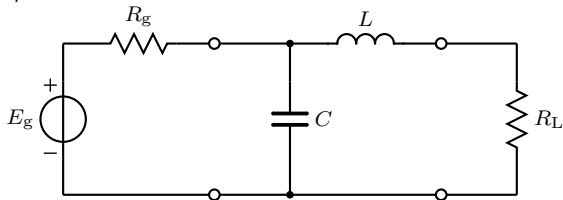
Siirretään ohjatun lähteen termi konduktanssikerroinmatriisiin:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 + G_3 & -G_3 \\ g - G_3 & G_3 + G_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ U_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 E \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan  $U_4$ :

$$U_4 = \frac{(G_3 - g)G_1 E}{(G_1 + G_2 + G_3)(G_3 + G_4) + G_3(g - G_3)} = -7,131 \text{ V}$$

0.4



Tarkastellaan kuvan piiriä.

a)  $L$ :n ja  $C$ :n arvot on valittu siten, että kuormavastukseen  $R_L$  saadaan maksimiteho. Mikä on tällöin piiristä saatava yltöteho?

b) Valitaan seuraavaksi  $L$ :n ja  $C$ :n arvot siten, että piiri toimii suodattimena. Minkä tyyppinen suodatin on kyseessä?

c) Mitkä piirin komponenteista ovat häviöttömiä?

$$E_g = 10 \text{ V} \quad R_g = 100 \text{ } \Omega \quad R_L = 25 \text{ } \Omega.$$

---

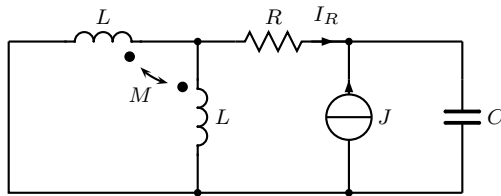
a) Yltöteho voidaan laskea suoraan kaavasta:

$$P = \frac{|E_g|^2}{4R_g} = 0.25 \text{ W}$$

b) Alipäästösuodatin. (Nollataajuudella kela vastaa oikosulkua ja kondensaattori avointa piiriä.)

c) Kela ja kondensaattori ovat häviöttömiä komponentteja, koska ne eivät kuluta pätötehoa.

0.5



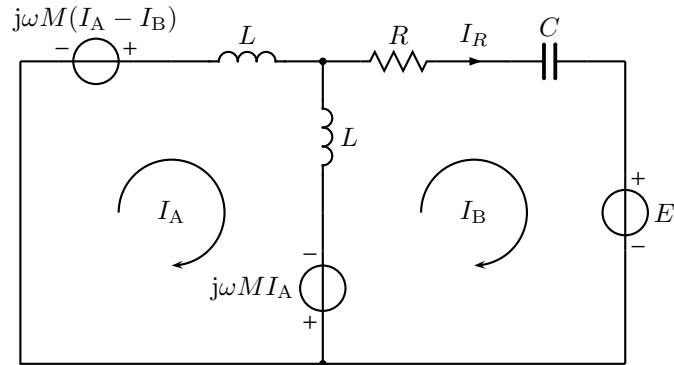
Laske virta  $I_R$ .

$$\begin{aligned} \omega L &= 2 \Omega & \omega C &= 0,5 \text{ S} & R &= 0,5 \Omega \\ \omega M &= 1 \Omega & J &= 1 \text{ A}. \end{aligned}$$

Tehdään lähdemuunnos virtalähteelle:

$$E = \frac{1}{j\omega C} J$$

ja korvataan muuntaja sijaiskytkennällään:



Kirjoitetaan silmukayhtälöt:

$$\begin{bmatrix} 2j\omega L & -j\omega L \\ -j\omega L & R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j\omega M(I_A - I_B) + j\omega M I_A \\ -E - j\omega M I_A \end{bmatrix}$$

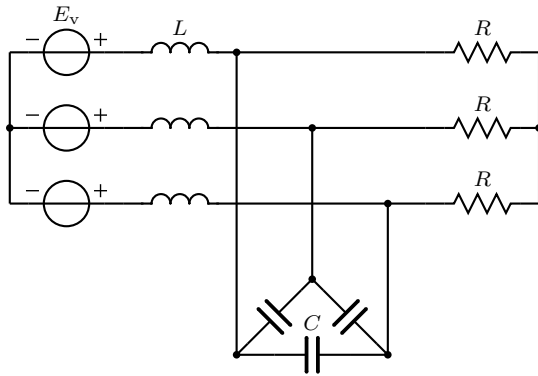
$$\begin{bmatrix} 2j\omega L - 2j\omega M & -j\omega L + j\omega M \\ -j\omega L + j\omega M & R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ +j\frac{1}{\omega C} J \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} j2 & -j \\ -j & 0,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ j2 \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan  $I_B$ :

$$I_R = I_B = \frac{(j2)^2}{j2 \cdot 0,5 - j^2} = \frac{-4}{j + 1} = \frac{-4}{\sqrt{2}/45^\circ} = \frac{4}{\sqrt{2}}/135^\circ$$

0.6

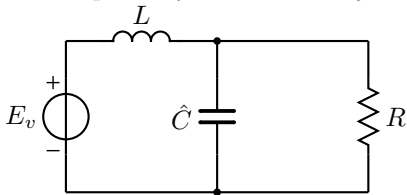


Laske oheisessa symmetrisessä kolmivaihejärjestelmässä kuluva pätöteho, kun

$$E_v = 230 \text{ V} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad C = 60 \mu\text{F}$$

$$R = 10 \Omega \quad L = 15 \text{ mH.}$$

Tehdään piirille yksivaiheinen sijaiskytkentä ja lasketaan lähteen  $E$  näkemä impedanssi:



$$\hat{C} = 3 \cdot C$$

$$Z = j\omega L + \frac{\frac{R}{j\omega C}}{R + \frac{R}{j\omega C}} = j\omega L + \frac{R}{1 + j\omega R 3C} = 7,589/3,2^\circ \Omega$$

Lasketaan yksivaiheisessa sijaiskytkennässä kuluva pätöteho:

$$P = \Re \{UI^*\} = \Re \{EI^*\} = \Re \left\{ E \left( \frac{E}{Z} \right)^* \right\} = \Re \left\{ E \frac{E^*}{Z^*} \right\} = |E|^2 \Re \left\{ \frac{1}{Z^*} \right\} = |E|^2 \Re \left\{ \frac{1}{Z} \right\} = 6959 \text{ W}$$

Sijaiskytkentä vastaa yhtä kolmasosaa koko piiristä. Kokonaisteho  $P_k = 3 \cdot P$ .

$$P_k \approx 20,9 \text{ kW}$$