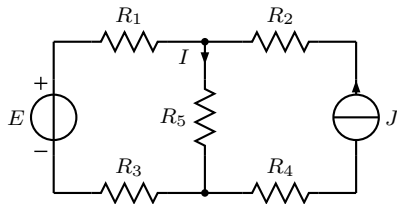


HUOM! Tentissä on 6 tehtävää

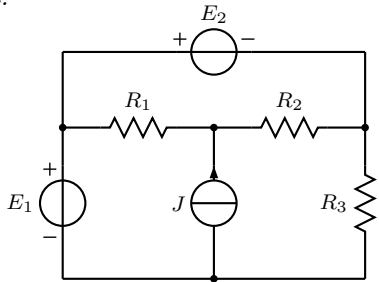
1.



Laske Nortonin menetelmällä vastuksen R_5 virta I .

$$\begin{aligned} J &= 1 \text{ A} & E &= 2 \text{ V} & R_1 &= 1 \ \Omega \\ R_2 &= 3 \ \Omega & R_3 &= 5 \ \Omega & R_4 &= 7 \ \Omega \\ R_5 &= 9 \ \Omega. \end{aligned}$$

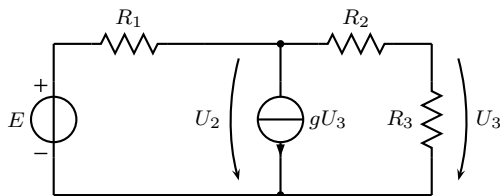
2.



Laske kerrostamismenetelmällä vastuksessa R_1 lämmöksi muuttuva teho P_{R_1} .

$$\begin{aligned} E_1 &= 1 \text{ V} & E_2 &= 2 \text{ V} & J &= 3 \text{ A} \\ R_1 &= 3 \ \Omega & R_2 &= 2 \ \Omega & R_3 &= 4 \ \Omega. \end{aligned}$$

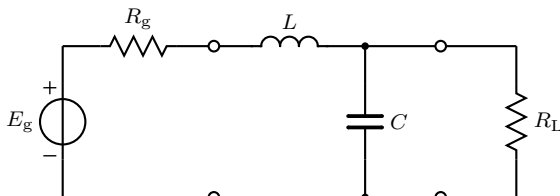
3.



Laske U_2 solmumenetelmällä.

$$\begin{aligned} E &= 3 \text{ V} & R_1 &= 1 \ \Omega & R_2 &= 2 \ \Omega \\ R_3 &= 2 \ \Omega & g &= 1 \text{ S}. \end{aligned}$$

4.

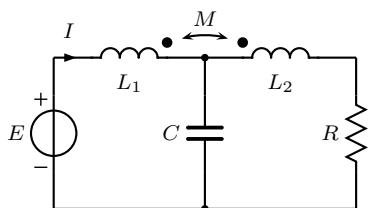


Tarkastellaan kuvan piiriä.

- L :n ja C :n arvot on valittu siten, että kuormavastukseen R_L saadaan maksimiteho. Mikä on tällöin piiristä saatava yltöteho?
- Kuvan piiri toimii myös suodattimena. Minkä tapahtuu kuorman R_L yli olevalle jännitteelle taajuuden kasvaessa?
- Mikä on kondensaattorin C kuluttama pätöteho?

$$E_g = 8 \text{ V} \quad R_g = 50 \ \Omega \quad R_L = 200 \ \Omega.$$

5.

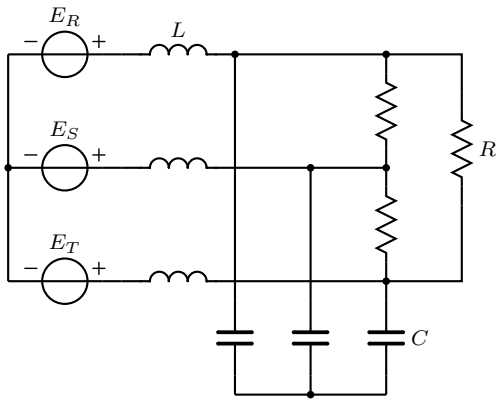


Laske jännitelähteen piiriin syöttämä virta I .

$$\begin{aligned} E &= 100 \angle 0^\circ \text{ V} & \omega L_1 &= 250 \ \Omega & \omega L_2 &= 150 \ \Omega \\ \omega M &= 100 \ \Omega & \frac{1}{\omega C} &= 50 \ \Omega & R &= 100 \ \Omega. \end{aligned}$$

KÄÄNNÄ!

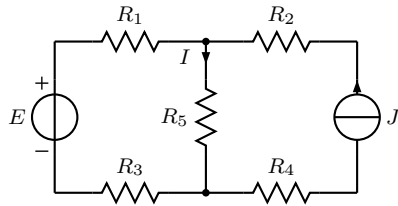
6.



Laske kuvan symmetrisestä kolmivaihejärjestelmästä vastuksissa R kuluva pätöteho.

$$|E_R| = |E_S| = |E_T| = 230 \text{ V} \quad \omega L = 10 \text{ } \Omega \quad \omega C = 10 \text{ mS} \\ R = 90 \text{ } \Omega.$$

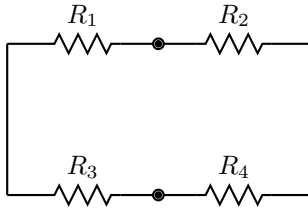
0.1



Laske Nortonin menetelmällä vastuksen R_5 virta I .

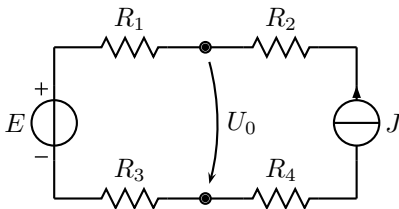
$$\begin{aligned} J &= 1 \text{ A} & E &= 2 \text{ V} & R_1 &= 1 \ \Omega \\ R_2 &= 3 \ \Omega & R_3 &= 5 \ \Omega & R_4 &= 7 \ \Omega \\ R_5 &= 9 \ \Omega. \end{aligned}$$

Ratkaistaan ensin passiivisen piirin resistanssi:



$$R_N = R_1 + R_3 = 6 \ \Omega$$

Seuraavaksi voidaan laskea tyhjäkäyntijännite.

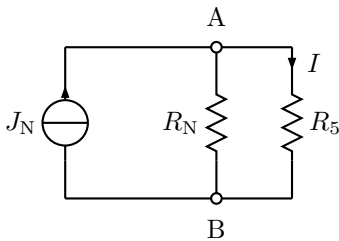


$$U_0 = (R_1 + R_3)J + E = 8 \text{ V}$$

Nortonin lähteen arvon (jonka olisi voinut laskea myös oikosulkuvirran avulla) on

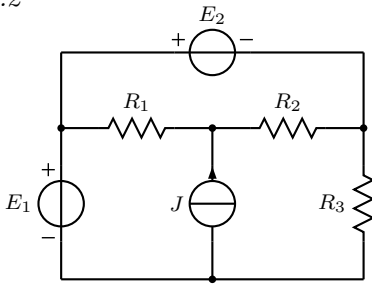
$$J_N = \frac{U_0}{R_N} = \frac{(R_1 + R_3)J + E}{R_1 + R_3} = J + \frac{E}{R_1 + R_3} = \frac{4}{3} \text{ A}.$$

Muodostetaan Nortonin lähde ja ratkaistaan kysytty virta.



$$I = \frac{R_N}{R_N + R_5} J_N = \frac{2}{5} \cdot \frac{4}{3} \text{ A} = \frac{8}{15} \text{ A} \approx 0,533 \text{ A}$$

0.2

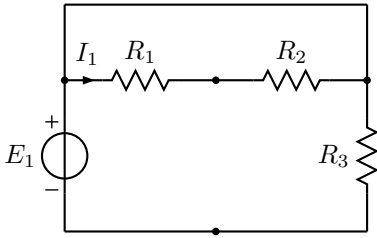


Laske kerrostamismenetelmällä vastuksessa R_1 lämmöksi muuttuva teho P_{R_1} .

$$\begin{aligned} E_1 &= 1 \text{ V} & E_2 &= 2 \text{ V} & J &= 3 \text{ A} \\ R_1 &= 3 \ \Omega & R_2 &= 2 \ \Omega & R_3 &= 4 \ \Omega. \end{aligned}$$

Kerrostamalla voi laskea vain jännitteitä ja virtoja, joten lasketaan ensin kunkin lähteen aiheuttama virta (tai jännite).

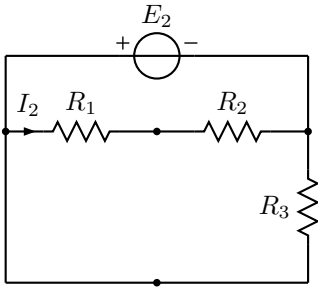
Jännitelähteen E_1 vaikutus:



Oikosulku pitää sarjaankytkennän R_1-R_2 jännitteen nollassa, joten

$$I_1 = 0.$$

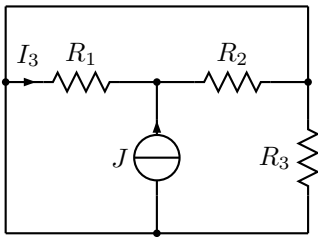
Jännitelähteen E_2 vaikutus:



Lähdejännite E_2 vaikuttaa sarjaankytkennän R_1-R_2 yli. Virta saadaan Ohmin lailla.

$$I_2 = \frac{E_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{5} \text{ A}.$$

Virtalähteen vaikutus:



Virta saadaan virranjakosäännöllä (Huomaa suunta).

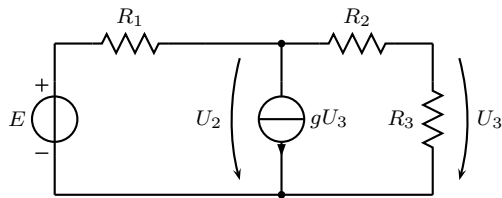
$$I_3 = -\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot J = -\frac{6}{5} \text{ A}.$$

Kokonaisvirta saadaan summaamalla eri vaiheissa lasketut osavirrat.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{E - R_2 J}{R_1 + R_2} = -\frac{4}{5} \text{ A}$$

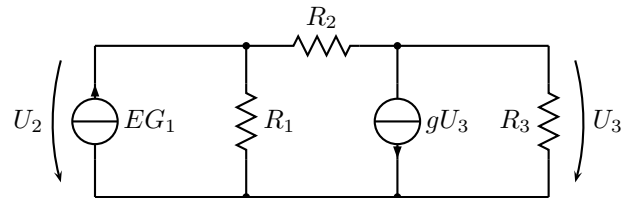
$$P_{R_1} = R_1 I^2 = \frac{48}{25} \text{ W} \approx 1,92 \text{ W}$$

0.3



Laske U_2 solmumenetelmällä.

$$\begin{aligned} E &= 3 \text{ V} & R_1 &= 1 \ \Omega & R_2 &= 2 \ \Omega \\ R_3 &= 2 \ \Omega & g &= 1 \text{ S}. \end{aligned}$$



Kirjoitetaan solmuyhtälöt:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 \\ -G_2 & G_2 + G_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} EG_1 - gU_3 \\ 0 \end{bmatrix}$$

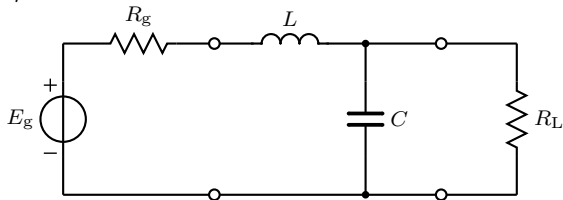
Siirretään ohjatun lähteen g konduktanssimatriisiin:

$$\begin{bmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 + g \\ -G_2 & G_2 + G_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} EG_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan U_2 :

$$U_2 = \frac{\begin{vmatrix} EG_1 & -G_2 + g \\ 0 & G_2 + G_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 + g \\ -G_2 & G_2 + G_3 \end{vmatrix}} = \frac{EG_1(G_2 + G_3)}{(G_1 + G_2)(G_2 + G_3) - G_2(g - G_2)} = \frac{12}{7} \text{ V} \approx 1,71 \text{ V}.$$

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) Kuvan piiri toimii myös suodattimena. Minkä tapahtuu kuorman R_L yli olevalle jännitteelle taaajuuden kasvaessa?

c) Mikä on kondensaattorin C kuluttama pätöteho?

$$E_g = 8 \text{ V} \quad R_g = 50 \text{ } \Omega \quad R_L = 200 \text{ } \Omega.$$

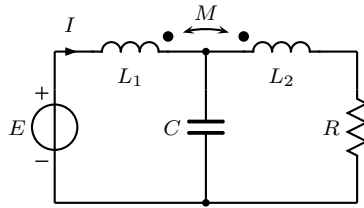
a) Yltöteho voidaan laskea suoraan kaavasta:

$$P = \frac{|E_g|^2}{4R_g} = 0.32 \text{ W}$$

b) Piiri on luonteeltaan alipäästösuodatin. (Nollataajuudella kela vastaa oikosulkua ja kondensaattori avointa piiriä.) Taaajuuden kasvaessa kuorman yli oleva jännite pienenee.

c) Kondensaattori on häviötön komponentti, joten se ei kuluta pätötehoa. Pätöteho on nolla.

0.5

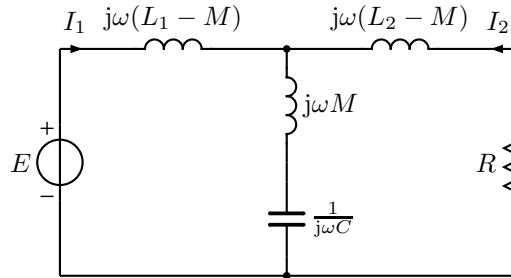


Laske jännitelähteen piiriin syöttämä virta I .

$$E = 100/0^\circ \text{ V} \quad \omega L_1 = 250 \Omega \quad \omega L_2 = 150 \Omega$$

$$\omega M = 100 \Omega \quad \frac{1}{\omega C} = 50 \Omega \quad R = 100 \Omega.$$

Käytetään T-sijaiskytkentää.



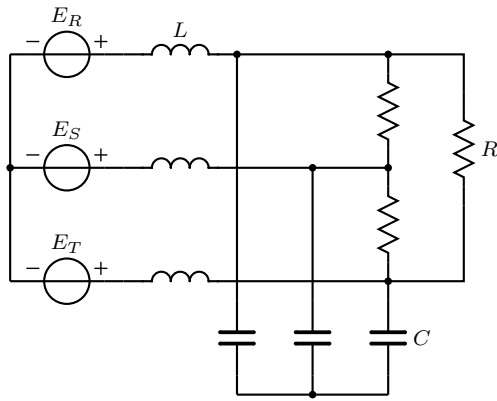
$$\begin{bmatrix} j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C} & \frac{1}{j\omega C} + j\omega M \\ \frac{1}{j\omega C} + j\omega M & j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C} + R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ratkaistaan virta I_1 :

$$I_1 = \frac{E(j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C} + R)}{(j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C})(j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C} + R) - (j\omega M + \frac{1}{j\omega C})(j\omega M + \frac{1}{j\omega C})}$$

$$= \frac{100/0^\circ(100 + j100)}{(j200)(100 + j100) - (j50)(j50)} \text{ A} \approx 0,53/ - 86,19^\circ \text{ A}$$

0.6



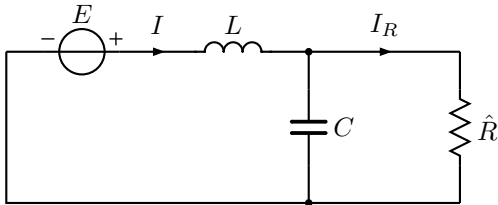
Laske kuvan symmetrisestä kolmivaihejärjestelmästä vastuksissa R kuluva pätöteho.

$$|E_R| = |E_S| = |E_T| = 230 \text{ V} \quad \omega L = 10 \text{ } \Omega \quad \omega C = 10 \text{ mS} \\ R = 90 \text{ } \Omega.$$

Yksivaiheista sijaiskytkentää varten kolmioon kytketyt vastukset on ensin muutettava tähteen kytketyiksi, jolloin niiden arvoksi tulee:

$$\hat{R} = R/3$$

Yksivaiheiseksi sijaiskytkennäksi saadaan:



Piirin kokonaisvirta on

$$I = \frac{E}{j\omega L + \frac{\hat{R}}{1+j\omega C\hat{R}}}$$

Vastuksen läpi kulkeva virta I_R saadaan kokonaisvirrasta virranjaolla

$$I_R = \frac{1}{1+j\omega C\hat{R}} I = \frac{E}{j\omega L (1+j\omega C\hat{R}) + \hat{R}} = \frac{E}{\hat{R} - \omega^2 LC\hat{R} + j\omega L} = 7,491 - j2,774 \text{ A} = 7,988 / -20,32^\circ \text{ A}$$

Yhden vaiheen kuluttama pätöteho:

$$P_1 = \hat{R}|I_R|^2 = \frac{\hat{R}|E|^2}{(\hat{R} - \omega^2 LC\hat{R})^2 + (\omega L)^2} \approx 1914 \text{ W}.$$

Koko kytkennän kuluttama pätöteho on siis

$$P_{\text{tot}} = 3 \cdot P_1 \approx 5,74 \text{ kW}$$