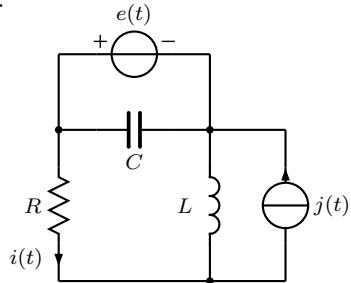


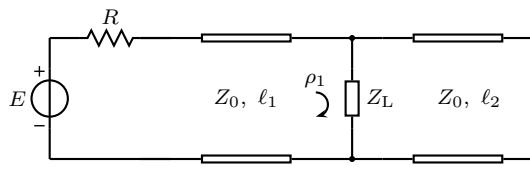
1.



Laske vastuksen virta  $i(t)$  ja vastuksessa lämmöksi muuttuva teho  $P_R$ .

$$\begin{aligned} R &= 1 \Omega & L &= 1 \text{ mH} & C &= 2 \text{ mF} \\ \omega &= 10^3 \text{ rad/s} & e &= \hat{e} \cdot \sin(\omega t + 45^\circ) & j &= \hat{j} \cdot \sin(2\omega t) \\ \hat{j} &= 2\sqrt{10} \text{ A} & \hat{e} &= 6 \text{ V}. \end{aligned}$$

2.

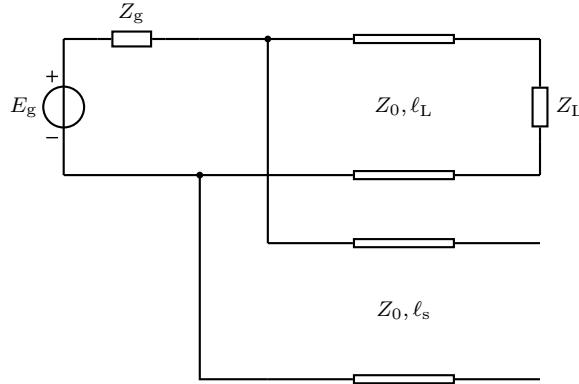


Määräää heijastuskerroin  $\rho_1$  kuvan mukaisessa kytkennässä. Häviöttömien siirtojohtojen ominaisimpedanssi  $Z_0 = 50 \Omega$ . Voit käyttää myös Smithin karttaa.

$$\begin{aligned} E &= 2,25/0^\circ \text{ V} & \ell_1 &= \frac{\lambda}{4} & \ell_2 &= \frac{\lambda}{8} \\ R &= 200 \Omega & Z_L &= (20 + j40) \Omega. \end{aligned}$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \cos(\beta\ell) & jZ_0 \sin(\beta\ell) \\ jY_0 \sin(\beta\ell) & \cos(\beta\ell) \end{bmatrix}$$

3.

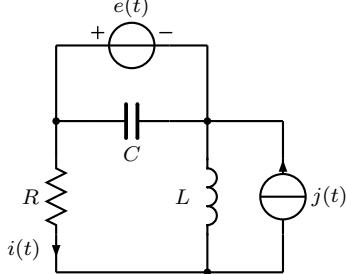


Sovita kuormaimpedanssi  $Z_L$  generaattoriin kuvan mukaisella kytkennällä. Valitse johdon pituus  $\ell_L$  siten, että sovitus syntyy lyhimmällä mahdollisella johdolla. Mitkä ovat tarvittavat johtojen pituudet  $\ell_L$  ja  $\ell_s$ ? Siirtojohdot ovat häviöttömiä.

$$Z_L = 15 - j20 \Omega \quad Z_g = Z_0 = 50 \Omega.$$

Jos käytit Smithin karttaa, palauta se osana vastaustasi.

0.1



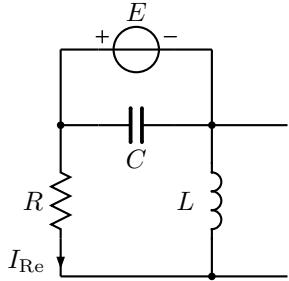
Laske vastuksen virta  $i(t)$  ja vastuksessa lämmöksi muuttuva teho  $P_R$ .

$$R = 1 \Omega \quad L = 1 \text{ mH} \quad C = 2 \text{ mF}$$

$$\omega = 10^3 \text{ rad/s} \quad e = \hat{e} \cdot \sin(\omega t + 45^\circ) \quad j = \hat{j} \cdot \sin(2\omega t)$$

$$\hat{j} = 2\sqrt{10} \text{ A} \quad \hat{e} = 6 \text{ V.}$$

Lasketaan kerrostamalla. Sammutetaan aluksi virtalähde  $j(t)$ .

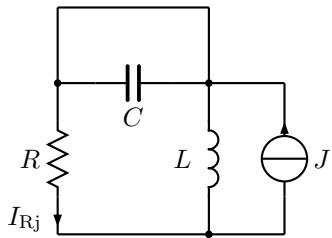


$$I_{Re} = \frac{E}{R + j\omega L} = \frac{\frac{6}{\sqrt{2}}/45^\circ}{1 + j1} \text{ A} = 3/0^\circ \text{ A}$$

$$i_{Re}(t) = 3\sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ A}$$

$$P_1 = R |I_{R1}|^2 = 1 \Omega \cdot (3 \text{ A})^2 = 9 \text{ W}$$

Sammutetaan seuraavaksi jännitelähde.



$$I_{Rj} = \frac{j2\omega L}{R + j2\omega L} \cdot J = \frac{j2}{1 + j2} \cdot \frac{2\sqrt{10}}{\sqrt{2}} \text{ A} = 4/26,57^\circ \text{ A}$$

$$i_{Rj}(t) = 4\sqrt{2} \sin(2\omega t + 26,57^\circ) \text{ A}$$

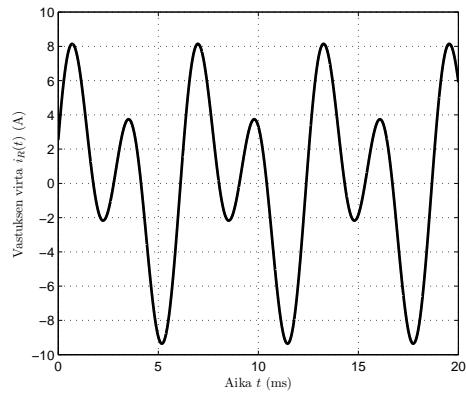
$$P_2 = R |I_{R2}|^2 = 1 \Omega \cdot (4 \text{ A})^2 = 16 \text{ W}$$

Kokonaisvirta

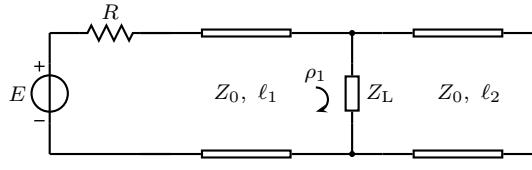
$$i_R(t) = [3\sqrt{2} \sin(\omega t) + 4\sqrt{2} \sin(2\omega t + 26,57^\circ)] \text{ A}$$

Eri taajuuksilla kuluvat tehot summautuvat.

$$P = P_1 + P_2 = 25 \text{ W}$$



0.2



Määräää heijastuskerroin  $\rho_1$  kuvan mukaisessa kytkennässä. Häviöttömiien siirtojohtojen ominaisimpedanssi  $Z_0 = 50 \Omega$ . Voit käyttää myös Smithin karttaa.

$$E = 2,25 \underline{0^\circ} \text{ V} \quad \ell_1 = \frac{\lambda}{4} \quad \ell_2 = \frac{\lambda}{8}$$

$$R = 200 \Omega \quad Z_L = (20 + j40) \Omega.$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \cos(\beta\ell) & jZ_0 \sin(\beta\ell) \\ jY_0 \sin(\beta\ell) & \cos(\beta\ell) \end{bmatrix}$$

Tässä ratkaisu on esitetty käyttäen häviöttömän siirtojohdon ketjumatriisiyhtälöä:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ I_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\beta\ell) & jZ_0 \sin(\beta\ell) \\ j\frac{1}{Z_0} \sin(\beta\ell) & \cos(\beta\ell) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_b \\ I_b \end{bmatrix}$$

Vaihekerroin siirtojohdossa  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ .

$$\beta\ell_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi}{2} \quad \text{ja} \quad \beta\ell_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{8} = \frac{\pi}{4}$$

Johdon 2 loppupää on oikosuljettu, joten  $U_b = 0$ , ja matriisiyhtälöstä saadaan:

$$U_a = jZ_0 \sin(\beta\ell_2) I_b \quad \text{ja} \quad I_a = \cos(\beta\ell_2) I_b.$$

Oikosuljetun johdon 2 alkupäästä näkyväksi impedanssiksi saadaan

$$Z_{in,2} = \frac{U_a}{I_a} = jZ_0 \frac{\sin(\beta\ell_2)}{\cos(\beta\ell_2)} = jZ_0 = j50 \Omega.$$

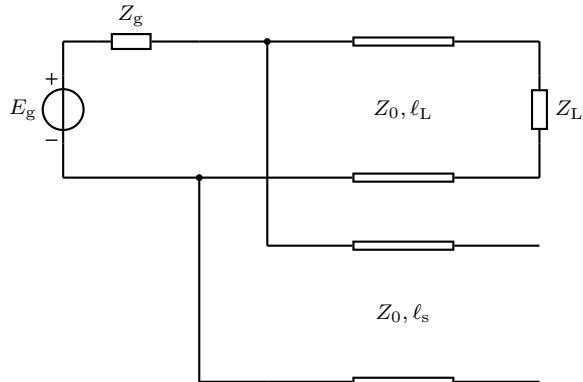
Johdon 1 loppupäähän on kytketty impedanssi  $Z_L$  ja sen rinnalle johto 2, joka näkyy impedanssina  $Z_{in,2} = j50 \Omega$ . Johto 1 on siis päättetty impedanssiin

$$Z'_L = \frac{Z_L Z_{in,2}}{Z_L + Z_{in,2}} = \frac{(20 + j40)(j50)}{20 + j40 + j50} = \frac{-2000 + j1000}{20 + j90} = (5,88 + j23,53) \Omega = 24,25 \underline{75,96^\circ} \Omega$$

Heijastuskerroin  $\rho_1$  on

$$\rho_1 = \frac{Z'_L - Z_0}{Z'_L + Z_0} = 0,825 \underline{129,09^\circ}$$

0.3



Sovita kuormaimpedanssi  $Z_L$  generaattoriin kuvan mukaisella kytkennällä. Valitse johdon pituus  $\ell_L$  siten, että sovitus syntyy lyhimmällä mahdollisella johdolla. Mitkä ovat tarvittavat johtojen pituudet  $\ell_L$  ja  $\ell_s$ ? Siirtojohdot ovat häviöttömiä.

$$Z_L = 15 - j20 \Omega \quad Z_g = Z_0 = 50 \Omega.$$

Normalisoidaan kuormaimpedanssi ja merkitään Smithin kartalle:

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{15 - j20}{50} = 0,3 - j0,4$$

Koska sovitus tehdään rinnakkaisstubbilla, käytetään impedanssien sijasta admittansseja. Peilataan impedanssi admittanssiksi  $y_L$  pisteeseen  $1,2 + j1,6$ .

Siirrytään generaattoriin pään, kunnes päästään pisteeseen, jossa  $\Re\{y\} = 1,0$ . Sovituspätkän etäisyydeksi kuormasta saadaan  $\ell_L = 0,3245\lambda - 0,185\lambda = 0,1395\lambda$ . Tässä pisteessä johdosta näkyvä normalisoitu admittanssi on  $1 - j1,48$ .

Koska admittanssin imaginaariosa on tarkoitus kumota rinnakkaisstubbilla, stubin normalisoidun admittanssin on oltava  $+j1,48$ .

Siirrytään pisteestä  $y_s = 0$  (avoin piiri) generaattoriin pään, kunnes päästään pisteeseen, jossa  $\Im\{y\} = 1,48$ . Stubin pituudeksi saadaan  $\ell_s = 0,155\lambda$

Liitteenä tehdyn sovituksen Smithin kartta.

