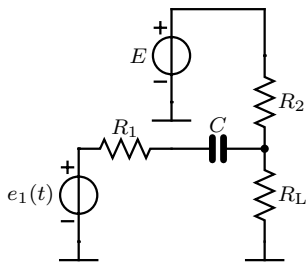


Vastaa **KOLMEEN** tehtävään.

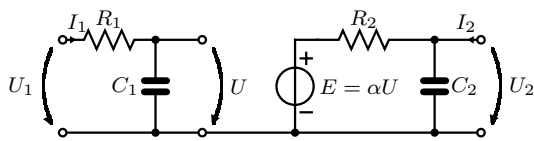
1.



Oheisessa piirissä vaikuttaa tasajännitelähde $E = 1 \text{ V}$ sekä $e_1(t) = \hat{e}_1 \sin(\omega_0 t) + \hat{e}_2 \sin(2\omega_0 t)$. Laske vastuksessa R_L kuluva pätöteho P .

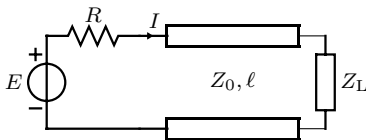
$$\begin{aligned} \hat{e}_1 &= 2 \text{ V} & \hat{e}_2 &= 1 \text{ V} & f_0 &= 1 \text{ kHz} \\ C &= 10 \text{ } \mu\text{F} & R_L &= 100 \text{ } \Omega & R_1 &= 10 \text{ } \Omega \\ R_2 &= 50 \text{ } \Omega. \end{aligned}$$

2.



Laske kuvan kaksiportin y -parametrit.

3.

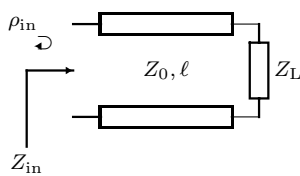


Laske virta I ketjumatriisin avulla. Siirtojohtodon ominaisimpedanssi $Z_0 = 75 \text{ } \Omega$ ja pituus $\ell = 3,50 \text{ m}$. Aallon etenemisnopeus johdolla on $v = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Kuorman impedanssi on $Z_L = (30 + j22,5) \text{ } \Omega$.

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

$$R = 50 \text{ } \Omega \quad E = 1/\underline{0}^\circ \text{ V} \quad f_0 = 100 \text{ MHz.}$$

4.



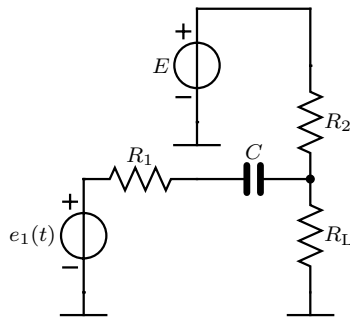
Kuorma, jonka impedanssi on $Z_L = (30 + j22,5) \text{ } \Omega$, kytetään siirtojohtoon, jonka ominaisimpedanssi $Z_0 = 75 \text{ } \Omega$ ja pituus $\ell = 1,75\lambda$. Määritä Smithin karttaa käyttäen kytkennän

- sisäänmenoimpedanssi Z_{in} ja
- heijastuskerroin ρ_{in} .
- SAS johdolla.

Palauta Smithin kartta osana vastaustasi!

Laplace-muunnostaulukko

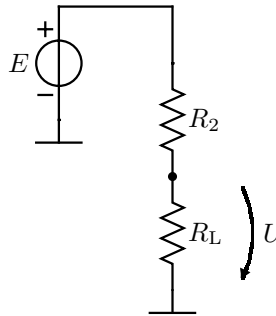
| Määritelmä | | Muunnospareja | |
|----------------------------------|---|--|------------------------------|
| | $f(t)$ | $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$ | $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$ |
| 1. | | $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$ | |
| Laplace-muunnoksen ominaisuuksia | | | |
| | $f(t)$ | $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$ | |
| 2. | $A_1 f_1(t) + A_2 f_2(t)$ | $A_1 F_1(s) + A_2 F_2(s)$ | |
| 3. | $\frac{d}{dt} f(t)$ | $sF(s) - f(0)$ | |
| 4. | $\frac{d^n}{dt^n} f(t)$ | $s^n F(s) - \sum_{i=1}^n s^{n-i} f^{(i-1)}(0)$ | |
| 5. | $\int_0^t f(\tau) d\tau$ | $\frac{1}{s} F(s)$ | |
| 6. | $(-t)^n f(t)$ | $\frac{d^n}{ds^n} F(s)$ | |
| 7. | $f(t-a)\varepsilon(t-a)$ | $e^{-as} F(s)$ | |
| 8. | $f(t+a)$ | $e^{as} (F(s) - \int_0^a e^{-st} f(t) dt)$ | |
| 9. | $e^{-at} f(t)$ | $F(s+a)$ | |
| 10. | $f(at)$ | $\frac{1}{a} F\left(\frac{s}{a}\right)$ | |
| 11. | jaksollinen funktio $f(t) = f(t+T)$ | $\frac{F_1(s)}{1 - e^{-sT}}$, $F_1(s)$ = yhden jakson muunnos | |
| 12. | $f_1(t) * f_2(t) = \int_0^t f_1(\tau) f_2(t-\tau) d\tau$ | $F_1(s) F_2(s)$ | |
| 13. | | $f(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$ | |
| 14. | | $f(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$, jos loppuarvo on olemassa | |
| 15. | $\delta(t)$ | 1 | |
| 16. | $a\varepsilon(t)$ | $\frac{a}{s}$ | |
| 17. | t | $\frac{1}{s^2}$ | |
| 18. | $\frac{t^n}{n!}$ | $\frac{1}{s^{n+1}}$ | |
| 19. | e^{-at} | $\frac{1}{s+a}$ | |
| 20. | $e^{-at} - e^{-bt}$ | $\frac{b-a}{(s+a)(s+b)}$ | |
| 21. | $\sin(\omega t)$ | $\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ | |
| 22. | $\cos(\omega t)$ | $\frac{s}{s^2 + \omega^2}$ | |
| 23. | $\sinh(at)$ | $\frac{a}{s^2 - a^2}$ | |
| 24. | $\cosh(at)$ | $\frac{s}{s^2 - a^2}$ | |
| 25. | $e^{-at} \sin(\omega t)$ | $\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$ | |
| 26. | $e^{-at} \cos(\omega t)$ | $\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$ | |
| 27. | $\frac{e^{-at} t^n}{n!}$ | $\frac{1}{(s+a)^{n+1}}$ | |
| 28. | $\frac{t}{2\omega} \sin(\omega t)$ | $\frac{s}{(s^2 + \omega^2)^2}$ | |
| 29. | $[\varepsilon(t) - \varepsilon(t - \pi/\omega)] \sin(\omega t)$ | $\left(1 + e^{-\pi s/\omega}\right) \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$ | |



Oheisessa piirissä vaikuttaa tasajännitelähde $E = 1 \text{ V}$ sekä $e_1(t) = \hat{e}_1 \sin(\omega_0 t) + \hat{e}_2 \sin(2\omega_0 t)$. Laske vastuksessa R_L kuluva pätöteho P .

$$\begin{aligned} \hat{e}_1 &= 2 \text{ V} & \hat{e}_2 &= 1 \text{ V} & f_0 &= 1 \text{ kHz} \\ C &= 10 \text{ } \mu\text{F} & R_L &= 100 \text{ } \Omega & R_1 &= 10 \text{ } \Omega \\ R_2 &= 50 \text{ } \Omega. \end{aligned}$$

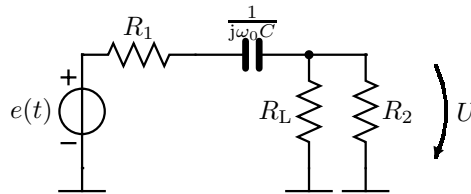
Lähteet ovat eri taajuuksilla, joten niiden vaikutus on laskettava erikseen. Tarkastellaan ensin piiriä DC:llä:



Resistanssin R_L jännite

$$U_0 = \frac{R_L}{R_2 + R_L} E = \frac{100}{150} \cdot 1 \text{ V} = \frac{2}{3} \text{ V}$$

Lasketaan seuraavaksi resistanssin jännite taajuudella ω_0 :



Lasketaan rinnankytkentä

$$R_{2L} = \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L} = \frac{5000}{150} \text{ } \Omega = 33,33 \text{ } \Omega$$

Jännitelähde osoittimeksi taajuudella ω_0 :

$$E_1 = \frac{2}{\sqrt{2}} / 0^\circ \text{ V}$$

Nyt jännite U_1 saadaan jännitteenjaolla

$$U_1 = \frac{R_{2L}}{R_{2L} + R_1 + \frac{1}{j\omega_0 C}} E_1 = 1,02 / 20,2^\circ \text{ V}$$

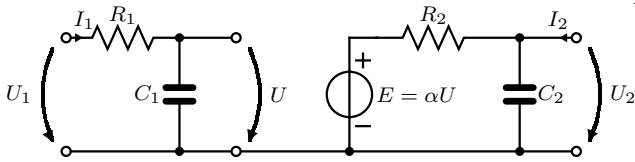
Samalla tavoin lasketaan jännite taajuudella $2\omega_0$:

$$E_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} / 0^\circ \text{ V}$$

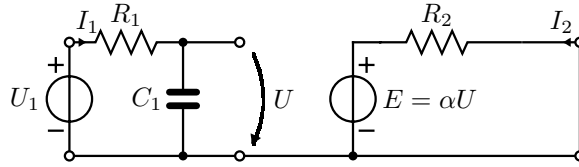
$$U_2 = \frac{R_{2L}}{R_{2L} + R_1 + \frac{1}{j2\omega_0 C}} E_2 = 0,535 / 10,4^\circ \text{ V}$$

Kokonaisteho on

$$P = \frac{|U_0|^2 + |U_1|^2 + |U_2|^2}{R_L} = 0,0177 \text{ W}$$

Laske kuvan kaksiportin y -parametrit.

Laitetaan jännitelähde porttiin 1 ja oikosulku porttiin 2.



Lasketaan virta

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{j\omega C_1 U_1}{j\omega C_1 R_1 + 1}$$

ja tästä virrasta

$$y_{11} = \frac{I_1}{U_1} = \frac{j\omega C_1}{j\omega C_1 R_1 + 1}$$

Siirtoadmittansia varten lasketaan ensin U

$$U = \frac{\frac{1}{j\omega C_1}}{\frac{1}{j\omega C_1} + R_1} U_1$$

ja tästä edelleen

$$I_2 = \frac{-\alpha U}{R_2} = \frac{-\alpha}{R_2 + j\omega C_1 R_1 R_2} U_1$$

joilloin

$$y_{21} = \frac{I_2}{U_1} = \frac{-\alpha}{R_2 + j\omega C_1 R_1 R_2}$$

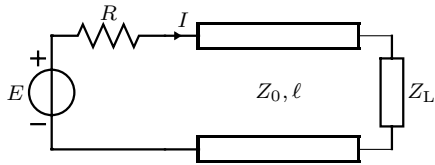
Parametreja y_{12} ja y_{22} varten laitetaan porttiin 2 lähde ja oikosuljetaan portti 1.Koska U_2 ei vaikuta virtaan I_1 , niin

$$y_{12} = 0$$

Ja koska myös $U = 0$, piiristä nähdään, että toisen portin syöttöpisteadmittanssi on

$$y_{22} = G_2 + j\omega C_2$$

0.3



Laske virta I ketjumatriisin avulla. Siirto johdon ominaisimpedanssi $Z_0 = 75 \Omega$ ja pituus $\ell = 3,50$ m. Aallon etenemisnopeus johdolla on $v = 2 \cdot 10^8$ m/s. Kuorman impedanssi on $Z_L = (30 + j22,5) \Omega$.

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

$$R = 50 \Omega \quad E = 1/0^\circ \text{ V} \quad f_0 = 100 \text{ MHz.}$$

Etenevän aallon aallonpituus

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 2 \text{ m.}$$

$$\beta\ell = \frac{2\pi}{\lambda}\ell = \frac{2\pi}{2}3,5 = 3,5\pi$$

Ketjumatriisista saadaan

$$Z_{\text{in}} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{\cos(\beta\ell)U_2 + jZ_0 \sin(\beta\ell)I_2}{jY_0 \sin(\beta\ell)U_2 + \cos(\beta\ell)I_2} = \frac{\cos(\beta\ell) \cdot \frac{U_2}{I_2} + jZ_0 \sin(\beta\ell)}{jY_0 \sin(\beta\ell) \frac{U_2}{I_2} + \cos(\beta\ell)} = \frac{\cos(\beta\ell) \cdot Z_L + jZ_0 \sin(\beta\ell)}{jY_0 \sin(\beta\ell)Z_L + \cos(\beta\ell)}$$

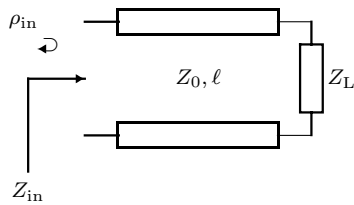
Koska $\sin(3,5\pi) = -1$ ja $\cos(3,5\pi) = 0$, niin

$$Z_{\text{in}} = \frac{\cos(\beta\ell) \cdot Z_L + jZ_0 \sin(\beta\ell)}{jY_0 \sin(\beta\ell) + \cos(\beta\ell)} = \frac{-jZ_0}{-jY_0 Z_L} = (120 - j90) \Omega$$

Näin ollen virta

$$I = \frac{E}{R + Z_{\text{in}}} = \frac{1}{170 - j90} = (4,6 + j2,4) \text{ mA}$$

0.4



Kuorma, jonka impedanssi on $Z_L = (30 + j22,5) \Omega$, kytetään siirtojohtoon, jonka ominaisimpedanssi $Z_0 = 75 \Omega$ ja pituus $\ell = 1,75\lambda$. Määritä Smithin karttaa käyttäen kytkennän

- sisäänmenoimpedanssi Z_{in} ja
- heijastuskerroin ρ_{in} .
- SAS johdolla.

a) Merkitään antennin normalisoitu impedanssi (johdon 2 suhteen) $z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{30 + j22,5}{75} = 0,4 + j0,3 \Omega$.

Siirrytään $1,75\lambda$ (3,5 kierrosta Smithin kartalla) vakioympyrää pitkin generaattoriin päin ja saavutaan pisteeseen $z' = 1,6 - j1,2$.

Puretaan normalisointi, eli $Z' = z' \cdot Z_0 = (1,6 - j1,2) \cdot 75 = (120 - j90) \Omega$.

b) heijastuskerroin

$$\rho = 0,46 / -39^\circ$$

c)

$$\text{SAS} = 2,8$$

