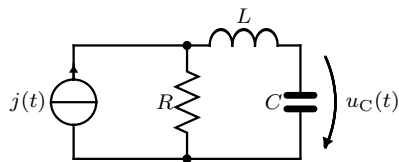


1.



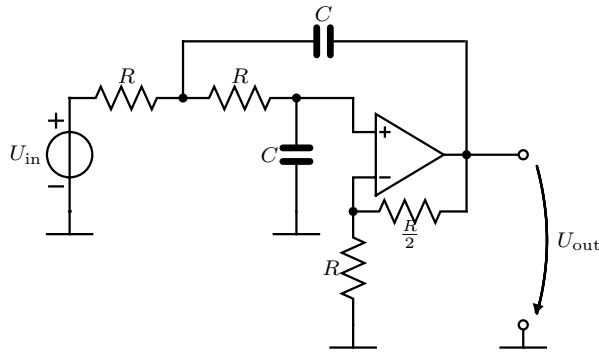
Laske $u_C(t)$, kun $j(t) = 2 \sin(\omega t + 90^\circ)$ A ja

a) $\omega = 0$ rad/s

b) $\omega = 1000$ rad/s

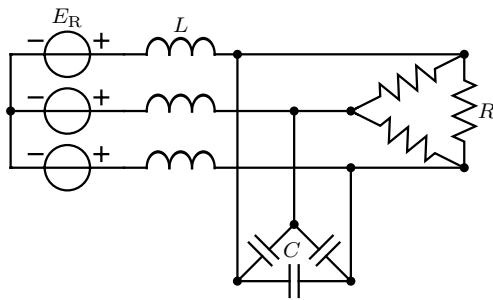
$$R = 2 \Omega \quad L = 2 \text{ mH} \quad C = 1 \text{ mF}.$$

2.



Laske oheisen piirin jännitevahvistus $\frac{U_{out}}{U_{in}}$ kulmataajuuden ω funktiona.

3.

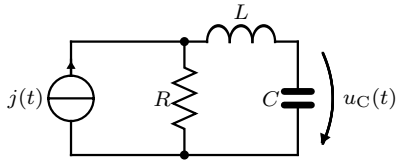


Laske symmetrisen kolmivaihepiirin generaattorin syöttämä pätöteho ja loisteho.

$$E_R = 230 \text{ V} \quad R = 30 \Omega \quad C = 50 \mu\text{F}$$

$$L = 10 \text{ mH} \quad f = 50 \text{ Hz}.$$

0.1



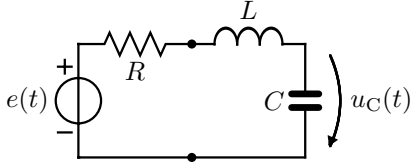
Laske $u_C(t)$, kun $j(t) = 2 \sin(\omega t + 90^\circ)$ A ja

a) $\omega = 0$ rad/s

b) $\omega = 1000$ rad/s

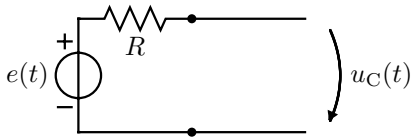
$$R = 2 \Omega \quad L = 2 \text{ mH} \quad C = 1 \text{ mF}.$$

Tehdään lähdemuunnos $e(t) = R \cdot j(t) = 4 \sin(\omega t + 90^\circ)$ V:



a)

$\omega = 0$ tarkoittaa DC-tilannetta, jolloin kela vastaa oikosulkua ja kondensaattori avointa piiriä.



Kondensaattorin yli on sama jännite kuin jännitelähteellä eli

$$U_C = 4 \sin(0 \cdot t + 90^\circ) \text{ V} = 4 \text{ V}.$$

b)

Muutetaan jännitelähteen arvo kompleksiluvuksi:

$$e(t) = 4 \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ V} \Rightarrow E = \frac{4}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ \text{ V}.$$

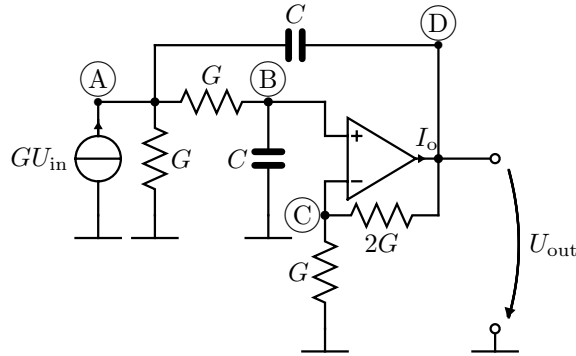
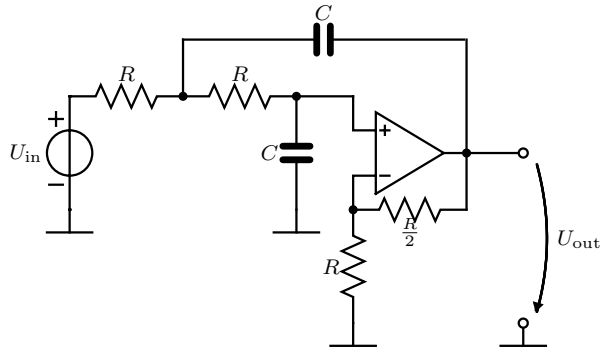
Jännitteenjakosäännöllä saadaan kondensaattorin jännite:

$$U = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C} + j\omega L} E \approx 1,265 \angle -26,57^\circ \text{ V}.$$

Muutetaan takaisin aika-alueeseen:

$$u_C(t) = \sqrt{2} \cdot 1,1314 \sin(\omega t - 26,57^\circ) \text{ V} = 1,789 \sin(\omega t - 26,57^\circ) \text{ V}.$$

Laske oheisen piirin jännitevahvistus $\frac{U_{out}}{U_{in}}$ kulmataajuuden ω funktiona.



$$\begin{bmatrix} 2G + j\omega C & -G & 0 & -j\omega C \\ -G & G + j\omega C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3G & -2G \\ -j\omega C & 0 & -2G & j\omega C + 2G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_C \\ U_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GU_{in} \\ 0 \\ 0 \\ I_o \end{bmatrix}$$

- 1) $U_B = U_C \Rightarrow$ 2. ja 3. pystysarake lasketaan yhteen.
- 2) I_o on tuntematon \Rightarrow poistetaan alin vaakarivi.
- 3) Merkitään $U_D = U_{out}$

$$\begin{bmatrix} 2G + j\omega C & -G & -j\omega C \\ -G & G + j\omega C & 0 \\ 0 & 3G & -2G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_A \\ U_B \\ U_{out} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GU_{in} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

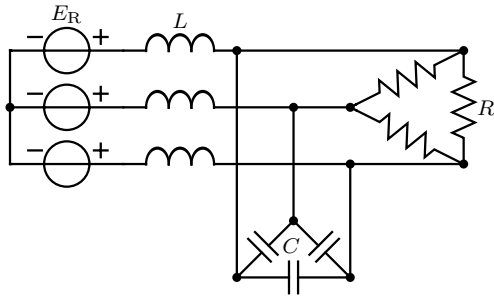
Ratkaistaan U_{out} Cramerin säännöllä:

$$U_{out} = \frac{\begin{vmatrix} 2G + j\omega C & -G & GU_{in} \\ -G & G + j\omega C & 0 \\ 0 & 3G & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2G + j\omega C & -G & -j\omega C \\ -G & G + j\omega C & 0 \\ 0 & 3G & -2G \end{vmatrix}}$$

$$U_{out} = \frac{-3G^3 U_{in}}{-2G(2G + j\omega C)(G + j\omega C) + G(2G^2 + 3G \cdot j\omega C)} = \frac{3G^2 U_{in}}{2G^2 + 3Gj\omega C - 2\omega^2 C^2}$$

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{3G^2}{2G^2 + 3Gj\omega C - 2\omega^2 C^2}$$

0.3

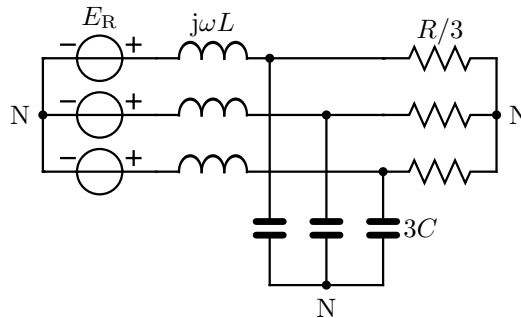


Laske symmetrisen kolmivaihepiirin generaattorin syöttämä pätöteho ja loisteho.

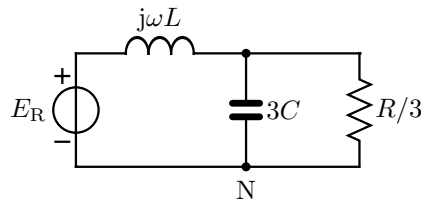
$$E_R = 230 \text{ V} \quad R = 30 \ \Omega \quad C = 50 \ \mu\text{F}$$

$$L = 10 \text{ mH} \quad f = 50 \text{ Hz.}$$

Muutetaan ensin kytkennän kolmiot tähdiksi:



Yhden vaiheen sijaiskytkentä:



Lasketaan piirin impedanssi:

$$Z = j\omega L + \frac{\frac{R/3}{j\omega 3C}}{\frac{1}{j\omega 3C} + R/3} = j\omega L + \frac{R/3}{1 + j\omega RC} = 8,214 / \underline{-4,99^\circ} \ \Omega.$$

Lasketaan kompleksinen teho:

$$S = UI^* = E_R I^* = E_R \left(\frac{E_R}{Z} \right)^* = E_R \frac{E_R^*}{Z^*} = |E_R|^2 \frac{1}{Z^*} = 6420 \text{ W} - j560 \text{ VAr}$$

Kolmivaihepiirin kokonaisteho on kolme kertaa yhden vaiheen teho.

$$S_3 = 3S = 19250 \text{ W} - j1681 \text{ VAr}$$

Pätöteho ja loisteho saadaan kompleksisen tehon reaali- ja imaginääriosista.

$$P_3 = \Re \{ S_3 \} = 19250 \text{ W}$$

$$Q_3 = \Im \{ S_3 \} = -1681 \text{ VAr}$$