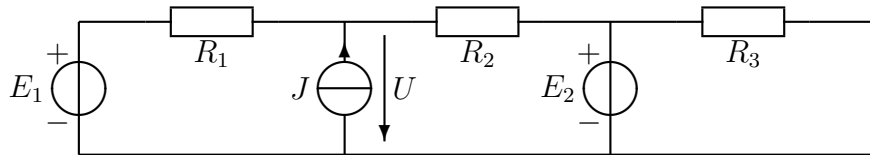


**1. välikoe 20.10.2020. Saat vastata vain neljään tehtävään!**

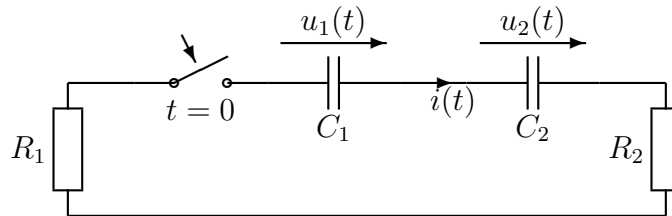
**Koe on suoritettava itsenäisesti. Kirjallisen materiaalin käyttö on kuitenkin sallittua.**

Paperille kirjoitetut vastaukset palautetaan MyCoursesiin valokuvattuina tai skannattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg. Kaikkien tehtävien vastaukset saavat olla samassa PDF-tiedostossa (optimi); muussa tapauksessa tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20 ja tehtävän vastauksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. En voi kokeen aikana enää täsmentää tehtäviä, vaikka niissä olisi puutteita (harvoin on). Jos kokeen aikana tulee muita ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia: kimmo.silvonen@aalto.fi

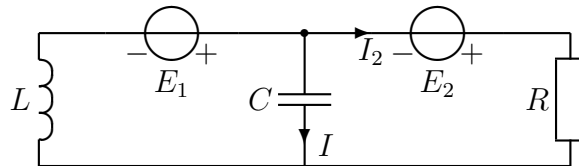
1. Laske jännite  $U$ .  $R_1 = 8 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 10 \Omega$ ,  $E_1 = 20 \text{ V}$ ,  $E_2 = 6 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ .



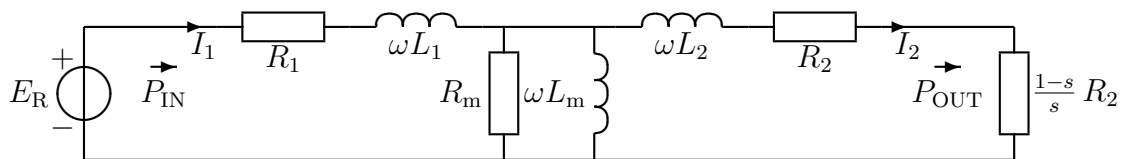
2. Laske jännite  $u_1(t)$ , kun kytkin suljetaan hetkellä  $t = 0$ . Jännitteillä ja virralla  $i$  on sama aikavakio  $\tau$ ;  $u_1(\infty) + u_2(\infty) = 0$ .  $R_1 = 6 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $C_1 = 1 \text{ F}$ ,  $C_2 = 4 \text{ F}$ ,  $U_{C01} = 5 \text{ V}$ ,  $U_{C02} = 10 \text{ V}$ .



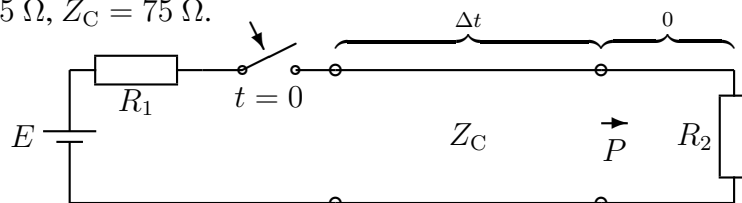
3. Laske virta  $I$ .  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (1 - 2j) \text{ V}$ .



4. Kuvassa on epätahtimoottorin yhden vaiheen sijaiskytkentä. Laske moottorin koko akseliteho  $3 \cdot P_{\text{OUT}}$  kuormitustilanteessa jättämän arvolla  $s = 0,1$ .  $E_R = 230\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $R_1 = 2,4 \Omega$ ,  $R_2 = 1,6 \Omega$ ,  $R_m = 1600 \Omega$ ,  $\omega L_1 = 3,2 \Omega$ ,  $\omega L_2 = 2,0 \Omega$ ,  $X_m = \omega L_m = 80 \Omega$ .  $I_2 = 11,7\angle -14,2^\circ \text{ A}$ .



5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Laske siirtojohtoon päässä olevaan vastukseen  $R_2$  menevä teho  $P$  kytkimen sulkemisen ( $t = 0$ ) jälkeen hetkellä  $t = 3\Delta t$ .  $E = 40 \text{ V}$ ,  $R_1 = 75 \Omega$ ,  $R_2 = 25 \Omega$ ,  $Z_C = 75 \Omega$ .



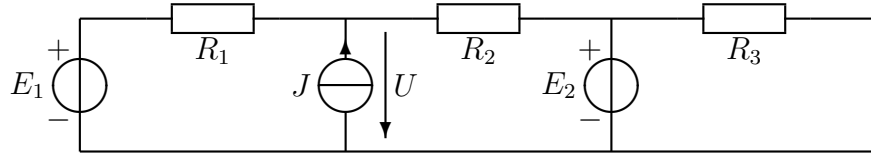
**Ratkaisut ja tulokset tulevat mahdollisimman pian kurssin sivulle MyCoon. Hyvää loppusyksyä, t. X**

**1. mellanförhör 20.10.2020. Du får endast besvara fyra frågor!**

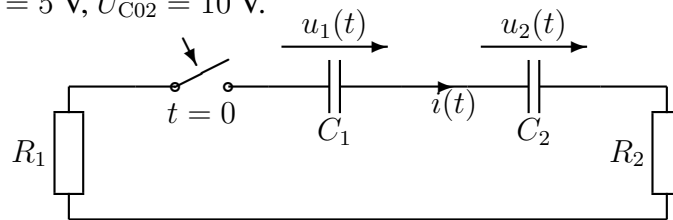
**Användning av skriftligt material är tillåtet.**

Svar skrivna på papper returneras som fotograferade eller skannade (gärna pdf eller jpg) till MyCourses. Du kan skicka mig email: kimmo.silvonen@aalto.fi, om du har problem under förhöret.

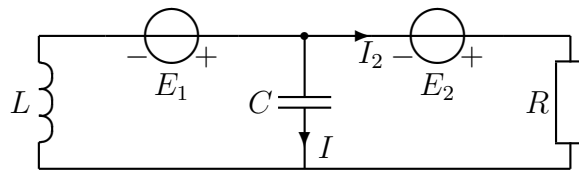
**1. Beräkna spänningen  $U$ .**  $R_1 = 8 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 10 \Omega$ ,  $E_1 = 20 \text{ V}$ ,  $E_2 = 6 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ .



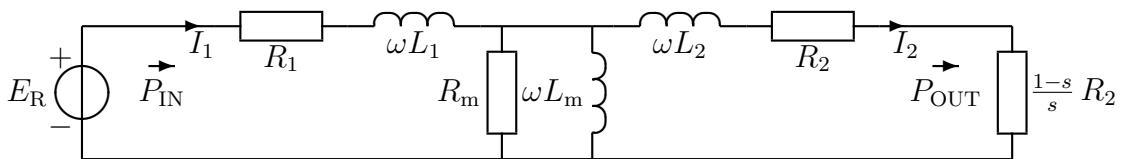
**2. Beräkna spänningen  $u_1(t)$ ,** efter att strömmen kopplas vid  $t = 0$ . Både spänningar och strömmen  $i$  har densamma tidskonstanten  $\tau$ ;  $u_1(\infty) + u_2(\infty) = 0$ .  $R_1 = 6 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $C_1 = 1 \text{ F}$ ,  $C_2 = 4 \text{ F}$ ,  $U_{C01} = 5 \text{ V}$ ,  $U_{C02} = 10 \text{ V}$ .



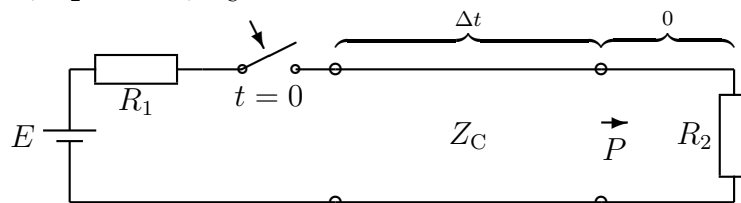
**3. Beräkna strömmen  $I$ .**  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 4\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (1 - 2j) \text{ V}$ .



**4. Ekvivalent kretsen (1-fas) av en induktionsmotor är visat på bilden. Beräkna den sammanlagda mekaniska effekten från de tre faserna:  $3 \cdot P_{\text{OUT}}$ ,** när glidningen är  $s = 0,1$ .  $E_R = 230\angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $R_1 = 2,4 \Omega$ ,  $R_2 = 1,6 \Omega$ ,  $R_m = 1600 \Omega$ ,  $\omega L_1 = 3,2 \Omega$ ,  $\omega L_2 = 2,0 \Omega$ ,  $X_m = \omega L_m = 80 \Omega$ .  $I_2 = 11,7\angle -14,2^\circ \text{ A}$ .



**5. Om du svarar på denna frågan, lämna bort en av frågorna 1–4!** Beräkna effekten  $P$  från transmissionslinjen till resistoren  $R_2$  vid  $t = 3\Delta t$  efter att spänningskällan kopplades vid  $t = 0$ .  $E = 40 \text{ V}$ ,  $R_1 = 75 \Omega$ ,  $R_2 = 25 \Omega$ ,  $Z_C = 75 \Omega$ .



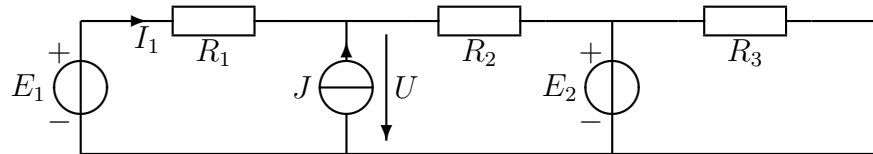
**Svar kommer att hittas i MyCo. Lycka till! mvh X**

**1. välikoe 20.10.2020. Saat vastata vain neljään tehtävään!**

**Koe on suoritettava itsenäisesti. Kirjallisen materiaalin käyttö on kuitenkin sallittua.**

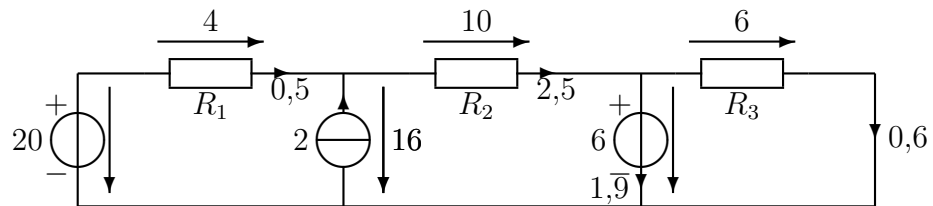
Paperille kirjoitetut vastaukset palautetaan MyCoursesiin valokuvattuina tai skannattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg. Kaikkien tehtävien vastaukset saavat olla samassa PDF-tiedostossa (optimi); muussa tapauksessa tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20 ja tehtävän vastauksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. En voi kokeen aikana enää täsmentää tehtäviä, vaikka niissä olisi puutteita (harvoin on). Jos kokeen aikana tulee muita ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia: kimmo.silvonen@aalto.fi

**1. Laske jännite  $U$ .**  $R_1 = 8 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 10 \Omega$ ,  $E_1 = 20 \text{ V}$ ,  $E_2 = 6 \text{ V}$ ,  $J = 2 \text{ A}$ .

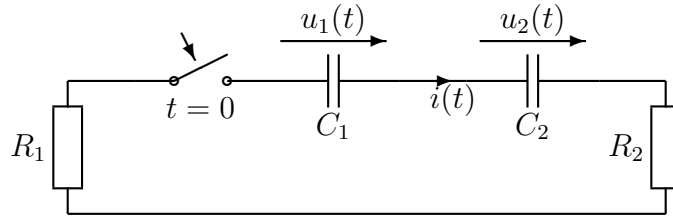


$$-E_1 + R_1 I_1 + R_2 (I_1 + J) + E_2 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{E_1 - E_2 - R_2 J}{R_1 + R_2} = 0,5 \text{ A} \quad (1)$$

$$-E_1 + R_1 I_1 + U = 0 \Rightarrow U = E_1 - R_1 I_1 = 16 \text{ V} \quad (2)$$



2. Laske jännite  $u_1(t)$ , kun kytkin suljetaan hetkellä  $t = 0$ . Jännitteillä ja virralla  $i$  on sama aikavakio  $\tau$ ;  $u_1(\infty) + u_2(\infty) = 0$ .  $R_1 = 6 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $C_1 = 1 \text{ F}$ ,  $C_2 = 4 \text{ F}$ ,  $U_{C01} = 5 \text{ V}$ ,  $U_{C02} = 10 \text{ V}$ .



$$u_1 = B_1 - A_1 e^{-t/\tau} \quad u_2 = B_2 - A_2 e^{-t/\tau} \quad (3)$$

$$i = C_1 \frac{du_1}{dt} = \frac{C_1 A_1}{\tau} e^{-t/\tau} \quad (4)$$

$$i = C_2 \frac{du_2}{dt} = \frac{C_2 A_2}{\tau} e^{-t/\tau} \Rightarrow C_2 A_2 = C_1 A_1 \Rightarrow A_2 = \frac{C_1}{C_2} A_1 = A_1/4 \quad (5)$$

$$R_1 i + u_1 + u_2 + R_2 i = 0 \quad (6)$$

$$(R_1 + R_2) i + B_1 - A_1 e^{-t/\tau} + B_2 - A_2 e^{-t/\tau} = 0 \quad (7)$$

$$(R_1 + R_2) \frac{C_1 A_1}{\tau} e^{-t/\tau} + B_1 - A_1 e^{-t/\tau} + B_2 - A_2 e^{-t/\tau} = 0 \quad (8)$$

$$\underbrace{(B_1 + B_2)}_{mnt} + \underbrace{\left( (R_1 + R_2) \frac{C_1 A_1}{\tau} - A_1 - \frac{C_1}{C_2} A_1 \right)}_{jht} e^{-t/\tau} = 0 \quad (9)$$

$$mnt = 0 \Rightarrow B_2 = -B_1 \quad (10)$$

$$jht = 0 \Rightarrow (R_1 + R_2) \frac{C_1 A_1}{\tau} = A_1 + \frac{C_1}{C_2} A_1 \quad (11)$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{(R_1 + R_2) C_1}{1 + \frac{C_1}{C_2}} = (R_1 + R_2) \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 8 \text{ s} \quad \text{tietysti } RC \quad (12)$$

$$U_{C01} = B_1 - A_1 e^{-0/\tau} = B_1 - A_1 \Rightarrow A_1 = B_1 - 5 \quad (13)$$

$$U_{C02} = B_2 - A_2 e^{-0/\tau} = B_2 - A_2 \Rightarrow \underbrace{A_2}_{A_1/4} = \underbrace{B_2}_{-B_1} - 10 \quad (14)$$

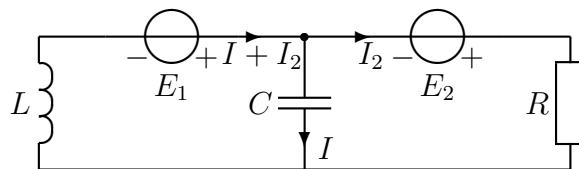
Summataan kaksi viimeistä yhtälöä  $B_1$ :n eliminoimiseksi:

$$A_1 + \frac{A_1}{4} = \underbrace{B_1 + B_2}_0 - 10 - 5 \Rightarrow A_1 = -\frac{4}{5} \cdot 15 = -12 \text{ \& } A_2 = 3 \quad (15)$$

$$B_1 = -B_2 = A_1 + 5 = -7 \quad (16)$$

$$u_1(t) = -7 + 12 e^{-t/8 \text{ s}} \quad (17)$$

3. Laske virta  $I$ .  $R = 2 \Omega$ ,  $L = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 4 \angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (1 - 2j) \text{ V}$ .



$$-\frac{1}{j\omega C} I - E_2 + R I_2 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{\frac{1}{j\omega C} I + E_2}{R} \quad (18)$$

$$j\omega L(I + I_2) - E_1 + \frac{1}{j\omega C} I = 0 \quad (19)$$

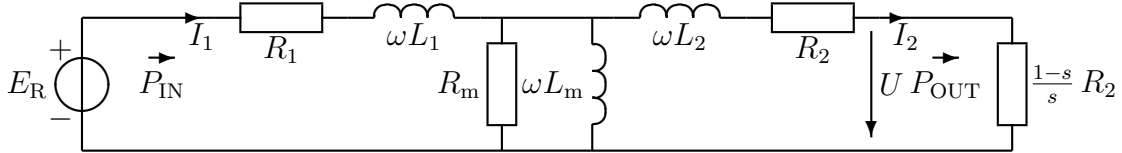
$$j\omega L I + j\omega L \frac{\frac{1}{j\omega C} I + E_2}{R} - E_1 + \frac{1}{j\omega C} I = 0 \quad (20)$$

$$I = \frac{-j\omega L \frac{E_2}{R} + E_1}{j\omega L + \frac{j\omega L}{j\omega CR} + \frac{1}{j\omega C}} \quad (21)$$

$$= \frac{-j\omega L \frac{E_2}{R} + E_1}{j\omega L + \frac{L}{CR} - j \frac{1}{\omega C}} = \frac{-j4 \frac{(1-2j)}{2} + 4}{j4 + \frac{2}{0,25} - j \frac{1}{0,25}} \quad (22)$$

$$= \frac{-j2 - 4 + 4}{j4 + 8 - j4} = \frac{-j2}{8} = 0,25 \angle -90^\circ \text{ A} \quad (23)$$

4. Kuvassa on epätahtimoottorin yhden vaiheen sijaiskytkentä. Laske moottorin koko akseliteho  $3 \cdot P_{\text{OUT}}$  kuormitustilanteessa jättämän arvolla  $s = 0,1$ .  $E_R = 230 \angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $R_1 = 2,4 \Omega$ ,  $R_2 = 1,6 \Omega$ ,  $R_m = 1600 \Omega$ ,  $\omega L_1 = 3,2 \Omega$ ,  $\omega L_2 = 2,0 \Omega$ ,  $X_m = \omega L_m = 80 \Omega$ .  $I_2 = 11,7 \angle -14,2^\circ \text{ A}$ .

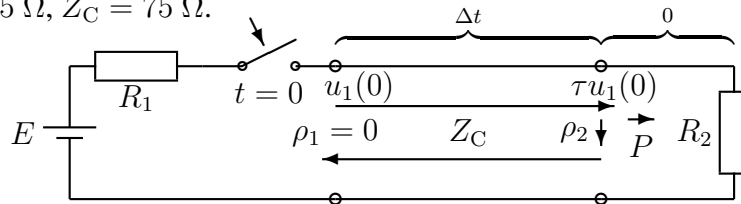


$$S = UI^* = 3 \cdot \frac{1-s}{s} R_2 \cdot I_2 I_2^* = 3 \cdot \frac{1-s}{s} R_2 \cdot |I_2|^2 \quad (24)$$

$$= 3 \cdot 9 \cdot 1,6 \cdot |11,7|^2 = 5914 \text{ VA} \quad (25)$$

$$P = \text{Re}[S] = 5,91 \text{ kW} \quad (26)$$

5. Jos lasket tämän tehtävän, jätä pois yksi tehtävistä 1–4. Laske siirtojohdon päässä olevaan vastukseen  $R_2$  menevä teho  $P$  kytkimen sulkemisen ( $t = 0$ ) jälkeen hetkellä  $t = 3\Delta t$ .  $E = 40 \text{ V}$ ,  $R_1 = 75 \Omega$ ,  $R_2 = 25 \Omega$ ,  $Z_C = 75 \Omega$ .



Heijastuskertoimet johdon päässä:

$$\rho_2 = \frac{R_2 - Z_C}{R_2 + Z_C} = \frac{25 - 75}{25 + 75} = \frac{0,5}{2,5} = \frac{1}{5} \quad (27)$$

$$\rho_1 = \frac{R_1 - Z_C}{R_1 + Z_C} = \frac{75 - 75}{75 + 75} = 0 \quad (28)$$

Koska alkupään heijastuskerroin on nolla, saavutetaan lopputila hetkellä  $t = \Delta t$  eli tilanne ei sen jälkeen enää muutu.

$$u_1(0) = \frac{Z_C}{R_1 + Z_C} E = \frac{75}{75 + 75} 40 = 20 \quad (29)$$

$$\tau = \frac{2R_2}{R_2 + Z_C} = \frac{2 \cdot 25}{25 + 75} = 0,5 \quad (30)$$

$$u_2(\Delta t) = u_2(3\Delta t) = \tau \cdot u_1(0) = 10 \quad (31)$$

$$P(3\Delta t) = \frac{u_2(3\Delta t)^2}{R_2} = 4 \text{ W} \quad (32)$$

Lopputilanne:

