

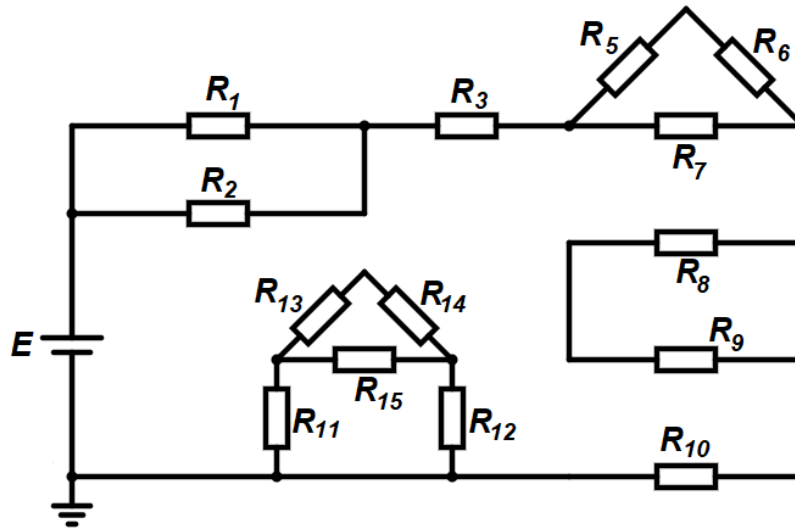


Tentamen

Kurs:	Ellära
Kursnummer:	HE1027
Moment:	TEN1
Program:	Elektroteknik åk1 (TIELA)
åk:	Medicinsk teknik åk1 (TIMEL)
Examinator:	Elias Said
Rättande lärare:	Maksims Kornevs
Datum:	2019-03-13
Tid:	kl. 8:00 – 12:00
Hjälpmedel:	Utdelat formelblad samt räknare.
Omfattning och betygsgränser	Tentamen består av 7 uppgifter. För godkänt krävs 10 poäng av totalt 24 möjliga poäng. Betygsgränser: För betyg A, B, C, D, E krävs 22, 19, 16, 13 respektive 10 poäng. För betyget Fx krävs 9 poäng. <i>Fx är underkänt betyg, men med möjlighet till komplettering. Om kompletteringen är godkänd rapporteras betyget E, annars rapporteras F.</i>
Övrig information:	- Namn och personnummer skall anges på varje inlämnat skrivpapper. - Blad- och uppgiftsnummer skall anges på varje inlämnat skrivpapper. - Lämna endast in en uppgift på varje papper. - Redovisade lösningar skall vara fullständiga och lätta att följa. - Tydliga kommentarer.

Uppgift 1 [4p] (Denna uppgift kan du som är godkänd på KS hoppa över)

Beräkningar skall utföras på nedanstående krets. Låt $E=9V$ och alla resistorna är 1Ω .
Analyse a circuit below. Voltage source E is $9V$ and all resistors are 1Ω .

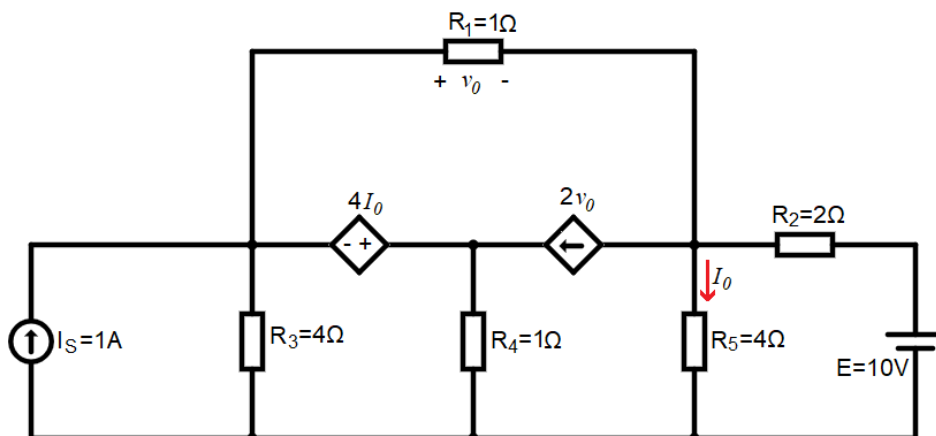


- Beräkna kretsens totala ström.
Calculate the total current of the circuit. (3p)
- Bestäm effektutveckling hos resistorn R_3 .
Find the power delivered to the resistor R_3 . (1p)

Uppgift 2 [4p]

Kretsen nedan innehåller en beroende spänningskälla med källspänningen $4I_0$ där I_0 är strömmen genom resistorn R_5 och en beroende strömkälla strömmen $2v_0$ där v_0 är spänningen över resistorn R_1 (både markerad i kretsen). Bestäm strömmen I_0 genom resistorn R_5 och spänningen v_0 över resistorn R_1 .

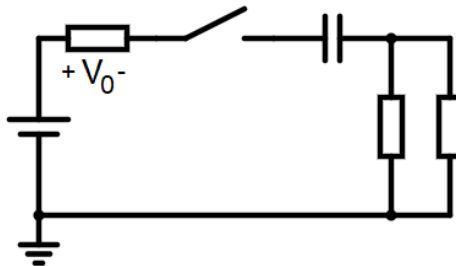
The circuit below contains a dependent voltage source with source voltage $4 I_0$ where I_0 is the current through resistor R_5 and a dependent current source with current $2v_0$ where v_0 is the voltage across resistor R_1 (both are marked in the circuit). Determine the current I_0 through resistor R_5 and the voltage v_0 across resistor R_1 .



Uppgift 3 [2p]

Vid tiden $t=0$ sluts kontakten i kretsen bredvid. Kondensatorn $C=4\mu\text{F}$ är initialt oladdad. Alla resistorerna är $10\text{k}\Omega$ och spänningskällan $E=10\text{V}$. Bestäm spänningen V_0 (markerad i kretsen) när omkopplaren just är stängd (0s), efter 0,1s och efter 1s.

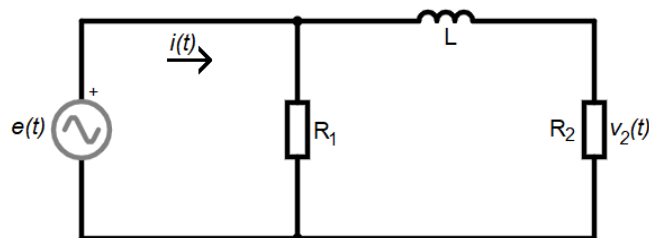
At time $t=0$, the switch is closed in the circuit below. Capacitor $C=4\mu\text{F}$ is initially uncharged. All resistors are $10\text{k}\Omega$ and the voltage source $E=10\text{V}$. Determine the voltage V_0 (marked in the circuit) when the switch is just closed (0s), after 0.1s and after 1s.



Uppgift 4 [2p]

En växelspänningskälla $e(t)$ med frekvensen $f=500\text{Hz}$ matar ett nät med resistorerna $R_1=10\Omega$ och $R_2=20\Omega$ samt en spole $L=50\text{mH}$. Spänningen över resistor R_2 mäts till $v_2(t)=10\sin(\omega t)$. Bestäm växelspänningskällan $e(t)$ och strömmen $i(t)$ (markerad i kretsen).

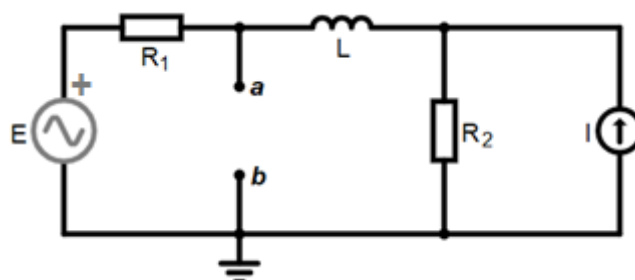
An AC voltage source $e(t)$ at frequency $f=500\text{Hz}$ supplies a network with resistors $R_1=10\Omega$, $R_2=20\Omega$ and a coil $L=50\text{mH}$. The voltage across resistor R_2 is $v_2(t) = 10\sin(\omega t)$. Determine the AC voltage source $e(t)$ and the current $i(t)$ (marked in the circuit).



Uppgift 5 [4p]

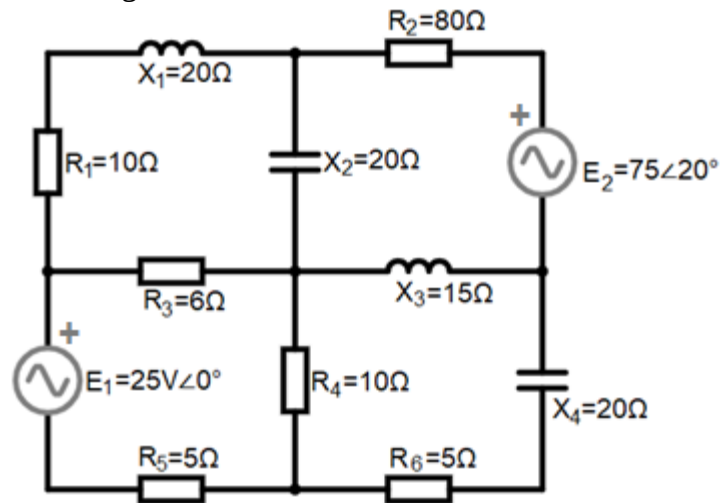
Bestäm Thévenins ekvivalent krets med avseende på terminalerna **a** och **b** i kretsen nedan, om $E=8\text{V}\angle 0^\circ$, $f=1\text{kHz}$, $R_1=120\Omega$, $R_2=470\Omega$, $L=12\text{mH}$, och $I=2\text{mA}\angle -90^\circ$.

Find the Thévenin equivalent circuit with the respect to terminals **a** and **b** in the circuit below, if $E=8\text{V}\angle 0^\circ$, $f=1\text{kHz}$, $R_1=120\Omega$, $R_2=470\Omega$, $L=12\text{mH}$, and $I=2\text{mA}\angle -90^\circ$.



Uppgift 6 [4 p]

Bestäm strömmen genom resistorn R_1 .
Determine the current through the resistor R_1 .



Uppgift 7 [4p]

En 1kW värmare och en motor med 2kW skenbar effekt är inkopplad till spänningen 230V med frekvensen 50Hz. Effektfaktorn för värmaren $\cos\theta_V=1$ och för motorn $\cos\theta_M=0,7$ (*induktiv*).

A 1kW heater and a motor with 2kW apparent power are connected to 230V source at 50Hz. Power factor for the heater $\cos\theta_H=1$ and for the motor $\cos\theta_M=0.7$ (*inductive*).

- Beräkna den totala aktiva, reaktiva och skenbara effekten
Determine total active, reactive and apparent powers (1p)
- Beräkna kapacitansen hos kondensatorn för att förbättra totala effektfaktor till 0,9
Determine the capacitive element required to raise total power factor to 0.9 (2p)
- Jämför nivåer av strömmar från skällan (original- och förbättrad ström)
Compare levels of currents from the supply (original and improved current) (1p)

Answers

Uppgift 1

Resistors R11-R15 are short-circuited and can be ignore.

$$R_T = R_1 // R_2 + R_3 + (R_5 + R_6) // R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}$$

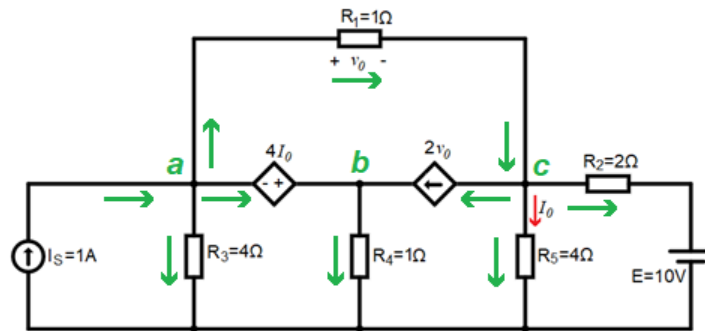
$$R_T = 0,5 + 1 + 2 // 1 + 1 + 1 + 1 = 0,5 + 1 + 0,667 + 1 + 1 + 1 = 5.167 \Omega$$

$$I_S = \frac{E}{R_T} = \frac{9}{5.167} = 1.742 A$$

Since R_3 is in series with the energy source, $I_S = I_{R_3}$

$$P_{R_3} = I^2 R_3 = 1.724^2 * 1 = 3.034 W$$

Uppgift 2 (Nodal metdod)



Since dependent sources are depended on v_0 and I_0 it is good to transform them:

$$v_0 = a - c$$

$$I_0 = \frac{c}{R_5} = \frac{c}{4}$$

Node a and node b have voltage source between them, meaning that this is a supernode:

$$I_S - \frac{a - c}{R_1} - \frac{a}{R_3} - \frac{b}{R_4} + 2v_0 = 1 - \frac{a - c}{1} - \frac{a}{4} - \frac{b}{1} + 2(a - c) = 0$$

$$1 - a + c - \frac{a}{4} - b + 2a - 2c = 0$$

$$a(-1 - 0.25 + 2) - b + c(1 - 2) = -1$$

$$0.75a - b - c = -1$$

As supernode node: $b - a = 4I_0 = c$ or $b - a - c = 0$

Node c:

$$-2v_0 + \frac{a - c}{R_1} - \frac{c - E}{R_2} - \frac{c}{R_5} = -2(a - c) + \frac{a - c}{1} - \frac{c - 10}{2} - \frac{c}{4} = 0$$

$$-2a + 2c + a - c - \frac{c}{2} + 5 - \frac{c}{4} = 0$$

$$-a + 0.25c = -5$$

The system of equations is as follows:

$$\begin{cases} 0.75a - b - c = -1 & a = 4.970V \\ a - b - c = 0 & \Rightarrow b = 4.848V \\ -a + 0.25c = -5 & c = -0.121V \end{cases}$$

$$I_0 = \frac{c}{4} = \frac{-0.121}{4} = -0.03A$$

$$v_0 = a - c = 4.97 - (-0.121) = 5.09V$$

Uppgift 3

$$R_T = R1 + R2//R3 = 10 + 5 = 15k\Omega$$

$$\tau = R_TC = 15k * 4\mu = 0.06s = 60ms$$

$$i(t) = \frac{E}{R_T} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{10}{15000} e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.667mA e^{-\frac{t}{60ms}}$$

$$v_0(t) = i(t)R_1 = 6.67Ve^{-\frac{t}{60ms}}$$

$$v_0(0) = 6.67Ve^{-\frac{0}{60ms}} = 6.67V$$

$$v_0(0.1) = 6.67Ve^{-\frac{0.1}{60ms}} = 1.26V$$

$$v_0(1) = 6.67Ve^{-\frac{1}{60ms}} = 0V \quad t > 5\tau$$

Uppgift 4

$$V_2 = \frac{10}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = 7.071 \angle 0^\circ$$

$$I_{R_2} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{7.071 \angle 0^\circ}{20 \angle 0^\circ} = 0.354 \angle 0^\circ$$

$$I_L = I_{R_2} = 0.354A \angle 0^\circ$$

$$V_{R_1} + V_L + V_{R_2} = 0$$

$$V_{R_1} = -V_L - V_{R_2} = -Z_L * I_L - Z_{R_1} * I_{R_2} = -I_L * (Z_L + Z_{R_1})$$

$$V_{R_1} = -0.354 \angle 0^\circ * (2\pi fL \angle 90^\circ + 20 \angle 0^\circ) = -0.354 \angle 0^\circ * (157.08 \angle 90^\circ + 20 \angle 0^\circ)$$

$$V_{R_1} = -0.354 \angle 0^\circ * 157.398 \angle 82.744^\circ = -55.648V \angle 82.744^\circ$$

$$E + V_{R_1} = 0$$

$$E = -V_{R_1} = 55.648V \angle 82.744^\circ$$

$$e(t) = 55.648 * \sqrt{2} \sin(\omega t + 82.744^\circ) = 78.699 \sin(\omega t + 82.744^\circ) V$$

$$I_{R_1} = \frac{E}{Z_{R_1}} = \frac{55.648 \angle 82.744^\circ}{10 \angle 0^\circ} = 5.565 \angle 82.744^\circ$$

$$I = I_{R_1} + I_{R_2} = 5.565 \angle 82.744^\circ + 0.3544 \angle 0^\circ = 5.620 \angle 79.166^\circ$$

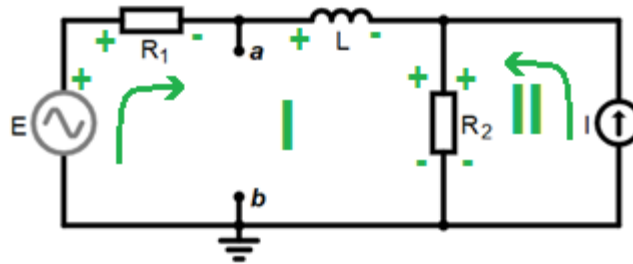
$$i(t) = 5.620 * \sqrt{2} \sin(\omega t + 79.166^\circ) = 7.949 \sin(\omega t + 79.166^\circ) A$$

Uppgift 5

$$Z_L = 2\pi fL = 2\pi 1000 * 0.012 = 24\pi = i75.39$$

$$Z_{Th} = R_1 // (Z_L + R_2) = \frac{120(i75.39 + 470)}{120 + i75.39 + 470} = 95.98 + i3.07 = 96.0 \angle 31.83^\circ$$

Finding E_{Th} with mesh method:



$$E = 8V$$

$$I = -i0.002A$$

Mesh I:

$$E - R_1 I_1 - Z_L I_1 - R_2 (I_1 + I_2) = 0$$

$$8 - 120 I_1 - i75.39 I_1 - 470 I_1 - 470 I_2 = 0$$

$$I_1 (-120 - i75.39 - 470) - 470 I_2 = -8$$

$$I_1 (-590 - i75.39) - 470 I_2 = -8$$

Mesh II:

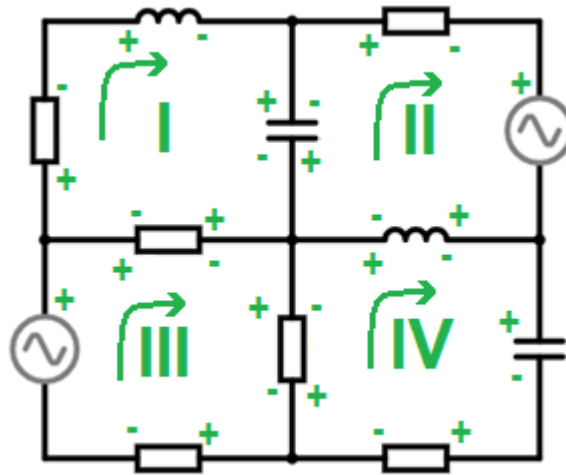
$$I_2 = I = -0.002A$$

$$I_1 = \frac{-8 + 470 I_2}{-590 - i75.39} = \frac{-8 + 470(-i0.002)}{-590 - i75.39} = 0.01354 - i0.00013$$

$$V_a = E - V_{R_1} = E - R_1 I_1 = 8 - 120(0.01354 - i0.00013) = 6.37498 + 0.016i$$

$$E_{Th} = V_a - V_b = 6.37498 + 0.016i - 0 = 6.37498 + 0.016i = 6.38 \angle 0.14^\circ$$

Uppgift 6 (Mesh method)



Since there are many elements that will be summed together, rectangular form of complex numbers will make calculations easier.

$$E_1=25V$$

$$E_2=70.48+i25.65$$

$$Z_C=-iX_C$$

$$Z_L=+iX_L$$

Mesh I: $-R_1I_1-Z_{X1}I_1-Z_{X2}(I_1-I_2)-R_3(I_1-I_3)=0$ $-10I_1-i20I_1+i20(I_1-I_2)-6(I_1-I_3)=0$ $-10I_1-i20I_1+i20I_1-i20I_2-6I_1+6I_3=0$ $I_1(-10-i20+i20-6)-i20I_2+6I_3=0$ $-16I_1-i20I_2+6I_3=0$	Mesh II: $-Z_{X2}(I_2-I_1)-R_2I_2-E_2-Z_{X3}(I_2-I_4)=0$ $i20(I_2-I_1)-80I_2-70.48+i25.65-i15(I_2-I_4)=0$ $i20I_2-i20I_1-80I_2-i15I_2+i15I_4=70.48+i25.65$ $-i20I_1+I_2(i20-80-i15)+i15I_4=70.48+i25.65$ $-i20I_1+I_2(-80+i5)+i15I_4=70.48+i25.65$
Mesh III: $E_1-R_3(I_3-I_1)-R_4(I_3-I_4)-R_5I_3=0$ $25-6(I_3-I_1)-10(I_3-I_4)-5I_3=0$ $-6I_3+6I_1-10I_3+10I_4-5I_3=-25$ $6I_1+I_3(-6-10-5)+10I_4=-25$ $6I_1-21I_3+10I_4=-25$	Mesh IV: $-R_6I_4-R_4(I_4-I_3)-Z_{X3}(I_4-I_2)-Z_{X4}I_4=0$ $-5I_4-10(I_4-I_3)-i15(I_4-I_2)+i20I_4=0$ $-5I_4-10I_4+10I_3-i15I_4+i15I_2+i20I_4=0$ $i15I_2+10I_3+I_4(-5-10-i15+i20)=0$ $i15I_2+10I_3+I_4(-15+i5)=0$

$$I_1=0.59+i0.74=0.95\angle 51.1^\circ$$

$$I_2=-0.6-i0.16=0.62\angle -164.62^\circ$$

$$I_3=2.13-i0.03=2.13\angle -0.93^\circ$$

$$I_4=1.62-i0.51=1.7\angle -17.6^\circ$$

Uppgift 7

$$P_M = S_M \cos \theta_M = 2000 * 0.7 = 1.4kW$$

$$Q_{Total} = Q_M = S_M \sin(\cos^{-1} 0.7) = 1.42kVAR$$

$$P_{Total} = P_{Heater} + P_{Motor} = 1 + 1.4 = 2.4kW$$

$$S_{Total} = \sqrt{P_{Total}^2 + Q_{Total}^2} = \sqrt{1.4^2 + 1.42^2} = 2.78kVA$$

$$S_{improved} = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{2.4}{0.9} = 2.67kVA$$

$$Q_{improved} = S_{improved} \sin(\cos^{-1} 0.9) = 1.16kVAR$$

$$\Delta Q = Q_{original} - Q_{improved} = 1.42 - 1.16 = 0.26kVAR = 260VAR$$

$$Q = \frac{E^2}{X_C} \Rightarrow X_C = \frac{E^2}{\Delta Q} = \frac{230^2}{260} = 203.46\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi * 50 * 203.46} = 15.6\mu F$$

$$I_{original} = \frac{S}{E} = \frac{2780}{230} = 12.086A$$

$$I_{improved} = \frac{S}{E} = \frac{2670}{230} = 11.608A$$

After improvement we need lower current to perform the same work