

Laboratorieoppgave 8, ELE141-2023 - K4 (bokmål)

Mål med oppgava

Bli kjent med kondensatoren og spolen.

Tema

- R-C kretser
- R-L kretser

Utstyr

- Trainer (Koblingsbrett med spenningskilde)
- Digitalt Multimeter

Komponenter

- Kondensator: 100 μF og 330 μF
- Spole: 100 mH
- Motstander: 390 Ω , 1.2k Ω , 3.3k Ω og 100k Ω (alle 0,5W)

Forarbeid

Lese gjennom oppgaveteksten og gjennomfør deloppgavene 1c, 2c og 4c.

Godkjenning

Etter at den praktiske utføringa av laboratorieoppgava er gjennomført besvarelsen leveres i Canvas for godkjenning.

Forarbeidet skal dokumenteres til laboratorieingeniør før arbeidet med laboratorieøvingen kan begynne.

Dato:

Bord nr.:

Studenter:

.....

Kortfattet teori om kondensatoren

Kondensatoren er en komponent som lagrer energi i form av et elektrisk felt. I motsetning til motstander forbruker ikke kondensatorer energi. Kondensatorer har den egenskapen at de kan gi opplagret energi tilbake til den elektriske kretsen. En kondensators kapasitans er gitt av kondensatorens fysiske utforming og dielektrikum. Dielektrikumet er materialet som isolerer platene fra hverandre. Platekondensatorens kapasitans er gitt av:

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{A}{d} [F]$$

A = areal [m²]

d = plateavstand [m]

ϵ_r = relativ permittivitet = 1.0006 [F/m] (for luft).

ϵ_0 = permittivitet for vakuum = $8.85 \cdot 10^{-12}$ [F/m].

Sammenhengen mellom en kondensators ladning, kapasitans og spenning er gitt av:

$$Q = C * V [C]$$

Q = ladning [C]

C = kapasitans [F]

V = spenning [V]

Sammenhengen mellom strøm og spenning er gitt av:

$$i_C(t) = C * \frac{dv_C(t)}{dt} [A]$$
$$v_C(t) = \frac{1}{C} * \int_{t_0}^t i_C(x) * dx + v_C(t_0) [V]$$

Den lagrede energien i kondensatoren er gitt av:

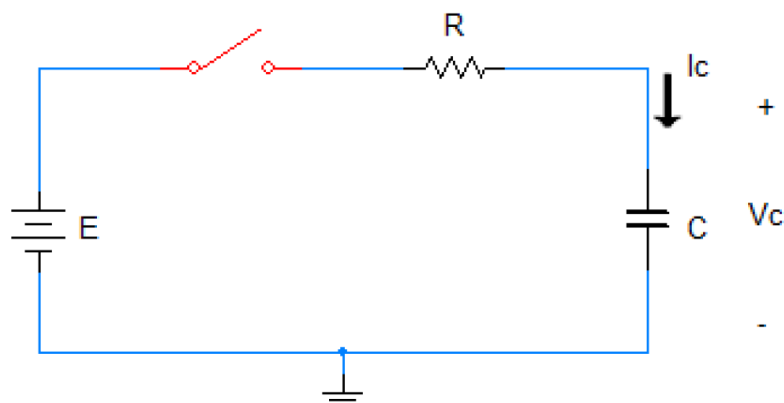
$$W = \frac{1}{2} * C * V^2 [J]$$

Dersom flere kondensatorer er koblet i serie, blir den resulterende kapasitansen:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

Dersom flere kondensatorer er koblet i parallell, blir den resulterende kapasitansen:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_N$$



Figur 1a: Grunnleggende R-C krets

For kretsen i figur 1 har vi som tommelfingerregler:

- Etter at bryteren er lukket, vil kondensatoren lades maksimalt opp i løpet av $5 \times \tau$, der τ er kretsens tidskonstant.
- Teoretisk vil det mangle 0,7 % på maksimal oppladning.
- Ved tiden τ er kondensatoren ladet opp til 63,2 % av maksimal ladning.

τ er gitt av:

$$\tau = R * C [s]$$

Spenningen over kondensatoren etter at bryteren er lukket er gitt av:

$$v_C(t) = E * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) [V]$$

Strømmen over kondensatoren etter at bryteren er lukket er gitt av:

$$i_C(t) = \frac{E}{R} * e^{-\frac{t}{\tau}} [A]$$

Kortfattet teori om spolen

Spolen er en komponent som lagrer energi i form av et magnetisk felt. Når dette feltet bygges opp mottar spolen energi. Når feltet bygges ned avgir spolen energi til den elektriske kretsen. For en sirkulær rett spole der lengden er mye større enn spolens diameter er induktansen L gitt av:

$$L = \frac{N^2 * \mu_r * \mu_0 * A}{l} [H]$$

N = vindingstall

A = areal [m^2]

l = spolelengde [m]

μ_r = relativ permeabilitet = 1.000000365 [F/m] (for luft)

μ_0 = permeabilitet for vakuum = $4 * \pi * 10^{-7}$ [Vs/Am]

Spoler lages normalt av kobbertråd. Denne kobbertråden inneholder ohmsk motstand.

En praktisk spole består av en induktans L og en resistans R_L .

En kretsmodell for spolen består av en induktans i serie med en resistans.



Sammenhengen mellom strøm og spenning er gitt av:

$$v_L(t) = L * \frac{di_L(t)}{dt} [V]$$
$$i_L(t) = \frac{1}{L} * \int_{t_0}^t v_L(x) * dx + i_L(t_0) [A]$$

Den lagrede energien i spolen er gitt av:

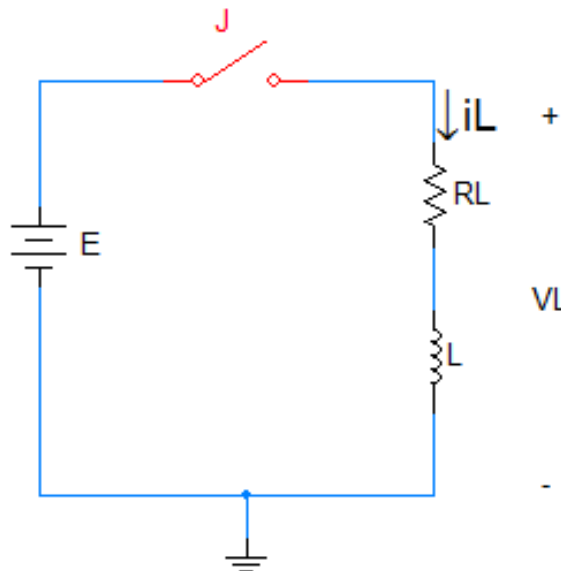
$$W = \frac{1}{2} * L * I^2 [J]$$

Dersom flere spoler er koblet i serie, blir den resulterende induktansen:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N$$

Dersom flere spoler er koblet i parallell, blir den resulterende induktansen:

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_N}$$



Figur 2b: Grunnleggende R-L krets

For kretsen i figur 1 har vi som tommelfingerregler:

- Etter at bryteren er lukket, vil strømmen nå sin maksimale verdi i løpet av $5 \times \tau$, der τ er kretsens tidskonstant.
- Teoretisk vil det mangle 0.7 % på maksimal strøm.
- Ved tiden τ er strømmen 63.2 % av sin maksimale verdi.

τ er gitt av:

$$\tau = \frac{L}{R} [s]$$

Strømmen i spolen etter at bryteren er lukket er gitt av:

$$i_L(t) = \frac{E}{R} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) [A]$$

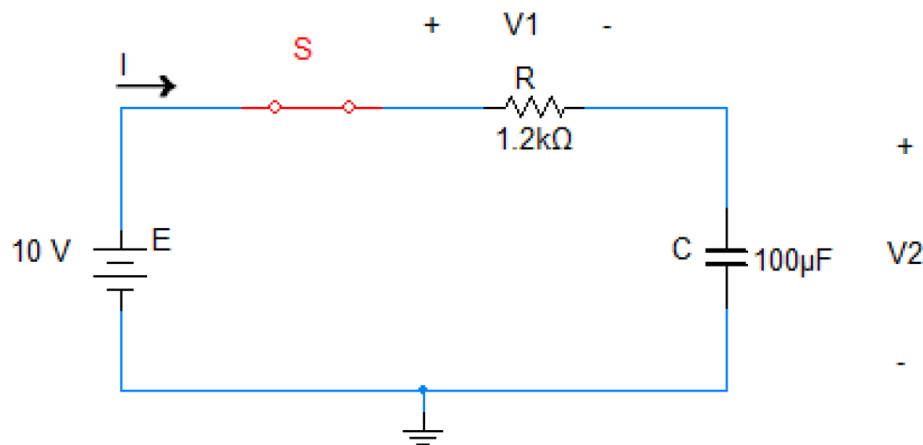
Spenningen over spolen etter at bryteren er lukket er gitt av:

$$v_L(t) = E * e^{-\frac{t}{\tau}} [V]$$

Oppgave 1: R-C krets i likevekt

I dette forsøket skal vi studere kretser som er i likevekt. Det vil si at det er gått mer enn fem tidskonstanter siden spenningskilden er tilkoblet kretsen og strøm og spenning har nådd sin endelige verdi.

Tidskonstanten for denne kretsen er så lav at kretsen er i likevekt noen millisekund etter at bryteren er lukket.



Figur 3: R-C krets i likevekt

! Merk:

Siden vi skal bruke elektrolytt kondensatorer må vi være nøye på å koble – polen (den negative polen) til jord.



Kondensatoren må lades ut for hver gang dersom du må gjøre eksperimentet på nytt.
I de fleste tilfeller vil den målte kapasitansen være større enn den påstemplede verdien.

Kretsen som skal analyseres vises på figur 2.

- a) Mål motstandsverdien for R og kondensatorsverdien for C ved hjelp av DMM og noter i tabell 1.

R [Ω]	C [μ F]

Tabell 1: Motstandsverdier for R-C krets i likevekt

- b) Koble kretsen opp på koblingsbrettet.

- c) Beregne og mål strømmen I og spenningene V_1 og V_2 .
Fyll ut tabell 2.

Variabel	I [mA]	V_1 [V]	V_2 [V]
Beregnet			
Målt			

Tabell 2: Strøm og spenning i R-C krets

Svar / Beregning

- d) Forklar resultatet i tabell 2:

Svar / Beregning

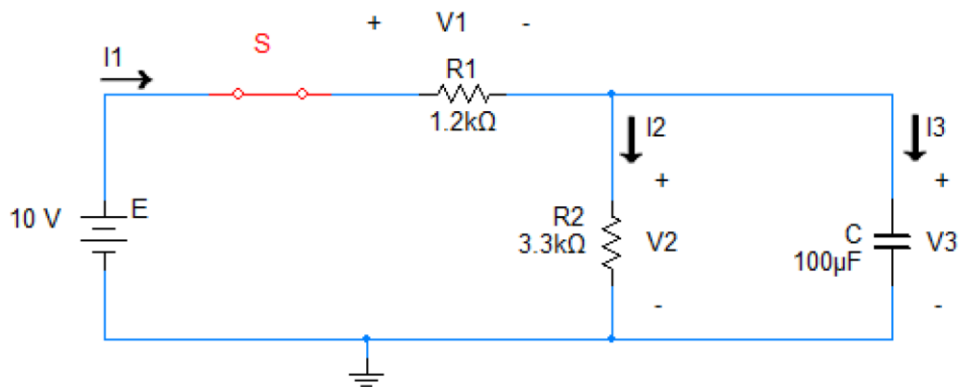
- e) Åpne bryteren og mål/observer spenningen V_2 på nytt over tid. Forklar hva som skjer.

Svar / Beregning

- f) Kortslutt kondensatoren med en ledning. Observer og forklar hva som skjer.

Svar / Beregning

Oppgave 2: Parallellkoblet R-C krets i likevekt



Figur 4: Parallellkoblet R-C krets

Kretsen som skal analyseres vises på figur 3.

- a) Mål motstandsverdiene for R_1 og R_2 og kondensatorsverdien for C og noter i tabell 3.

R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	C [μF]

Tabell 3: Motstandsverdier for parallellkoblet R-C krets i likevekt

- b) Koble kretsen opp på koblingsbrettet. Kretsen er i likevekt. Anta at kondensatoren er ideell.
- c) Beregne og mål strømmene og spenningene i kretsen. Fyll ut tabell 4.

Variabel	I_1 [mA]	I_2 [mA]	I_3 [mA]	V_1 [V]	V_2 [V]	V_3 [V]
Beregnet						
Målt						

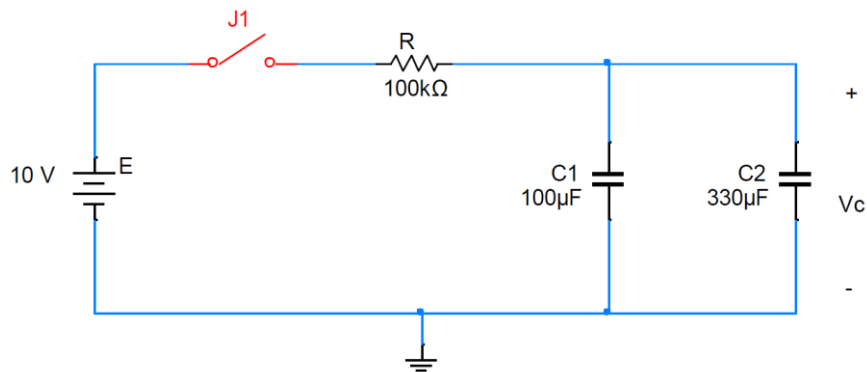
Tabell 4: Strøm og spenning i parallellkoblet R-C krets

- d) Forklar resultatet i tabell 4:

Svar / Beregning

Oppgave 3: Oppladning av kondensator

Dette eksperimentet går ut på å ta opp oppladningskurven for en R-C krets.



Figur 4: Oppladning av kondensator

- a) Mål motstandsverdiene for R og kondensatorsverdiene for C_1 og C_2 og noter i tabell 5.

$R_{\text{målt}} [\Omega]$	$C1_{\text{målt}} [\mu F]$	$C2_{\text{målt}} [\mu F]$

Tabell 5: Målte verdier for motstand og kapasitans

- a) Koble opp kretsen i figur 4
 b) Beregne totalkapasitansen $C_{\text{total}} [\mu F]$.

Svar / Beregning

- c) Beregne tidskonstanten for nettverket $\tau_{\text{beregnet}} [s]$.

Svar / Beregning

- d) Beregne hvor lang tid det tar før kondensatorene er oppladet ($5 \times \tau_{\text{beregnet}} [s]$).

Svar / Beregning

Sørg for at kondensatorene er utladet før bryteren lukkes.

e) Bruk en klokke og mål og noter spenningen V_C ved angitte tidspunkt i tabell 6.

f) Beregne og noter V_R i tabell 6.

t [s]	V_C [V]	V_R [V]	t [s]	V_C [V]	V_R [V]
0			140		
10			150		
20			160		
30			170		
40			180		
50			190		
60			200		
70			210		
80			220		
90			230		
100			240		
110			250		
120			260		
130			270		

Tabell 6: Oppladning av kondensator

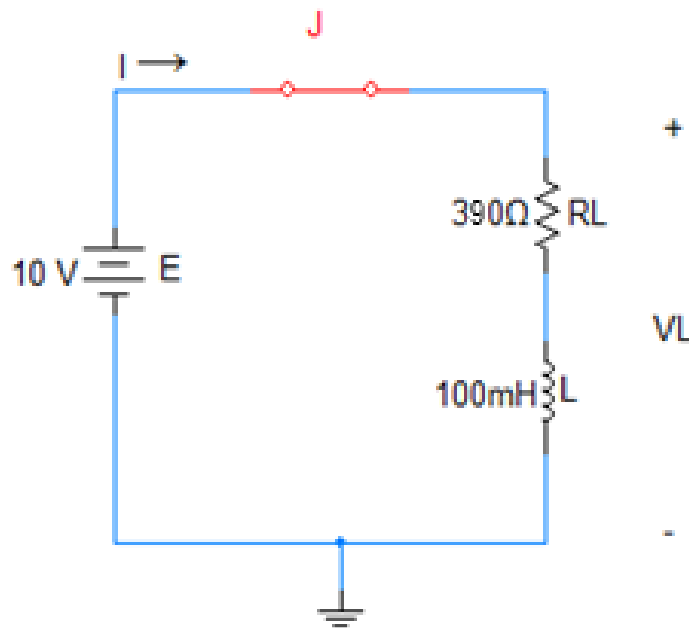


Gjør gjerne et par testkjøringer før du fyller ut tabell 6.

Oppgave 4: R-L krets i likevekt

I dette forsøket skal vi studere kretser som er i likevekt. Det vil si at det er gått mer enn fem tidskonstanter siden spenningskilden er tilkoblet kretsen og strøm og spenning har nådd sin endelige verdi.

Tidskonstanten for denne kretsen er så lav at kretsen er i likevekt noen millisekund etter at bryteren er lukket.



Figur 5: R-L krets i likevekt

Kretsen som skal analyseres vises på figur 5.

Spolen som skal brukes har oppgitte verdier $L = 100 \text{ mH}$ og $R_L = 390 \Omega$.

a) Mål verdiene for spolen L og resistansen R_L ved hjelp av DMM og noter i tabell 7.

$L \text{ [mH]}$	$R_L \text{ [}\Omega\text{]}$

Tabell 7: Verdier for spole



For å måle induktans må en benytte en AC kilde.

De "vanlige" multimeterene våre har ikke denne muligheten, så for å gjøre denne målingen trenger dere et spesielt DMM som gjerne kalles LCR meter.

Dette instrumentet er tilgjengelig på labben.

b) Beregne τ ut fra de målte verdiene og noter i tabell 8.

τ (beregnet) [s]

Tabell 8: τ beregnet

Svar / Beregning

c) Koble opp kretsen på koblingsbrettet. Beregne og mål strømmen I_L og spenningen V_L .
Fyll ut tabell 9.

Variabel	I_L [mA]	V_L [V]
Beregnet		
Målt		

Tabell 9: Strøm og spenning i R-L krets

Svar / Beregning