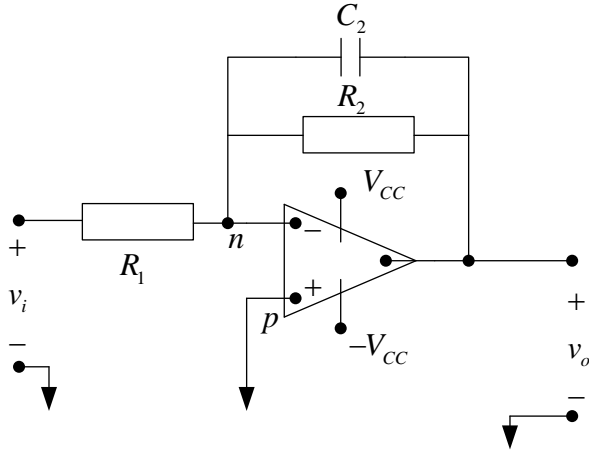


# TTK 4240 – Prøvesett 2

## 1 DESIGN AV AKTIVT LAVPASSFILTER (25 %)

Figur 1 viser et aktivt lavpassfilter. Vi skal gjennom hele oppgaven anta at operasjonsforsterkeren er ideell, samt opererer i det lineære området.



Figur 1: Aktivt lavpassfilter

- Finn transferfunksjonen mellom inngang og utgang, dvs.  $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$
- Finn et uttrykk for knekkfrekvensen  $\omega_c$  til filteret

Vi skal nå bestemme verdiene til filteret basert på følgende:

- $C_2 = 100 \mu F$
- Når  $V_i$  er konstant, skal  $|V_o| = |V_i|$
- Når  $f = 10 \text{ kHz}$  skal  $\frac{|V_o|}{|V_i|} = \frac{1}{100}$

- Finn verdiene til  $R_1$  og  $R_2$  som oppfyller dette.

## 2 STASJONÆRE BEREGNINGER PÅ VEKSELSSTRØMKRETS (30 %)

Figur 2 viser en krets som består av forsyning ( $v_s$ ), overføringsimpedans ( $R_1 + jX_1$ ), en ideell transformator med omsetningsforhold  $N_1 : N_2$ , samt en last ( $R_L \parallel jX_L$ ). Bruk følgende tallverdier:

$$V_s = 1000 \text{ V (rms)}$$

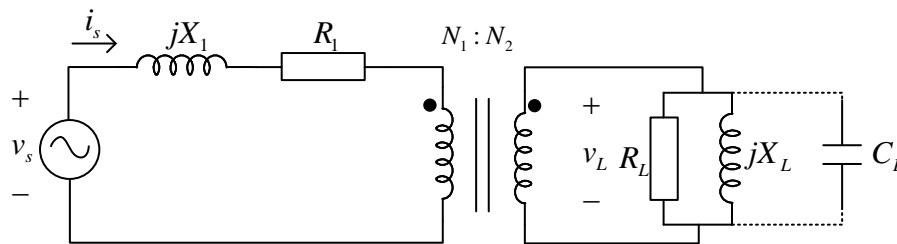
$$R_1 = 0.5 \ \Omega$$

$$X_1 = 5 \ \Omega$$

$$R_L = 0.5 \ \Omega$$

$$X_L = 2 \ \Omega$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$



Figur 2: Forsyning av last via impedans og transformator

I oppgave a og b ser vi bort fra kondensatoren  $C_L$  vist i figuren.

Anta i oppgave a og b at  $\frac{N_1}{N_2} = 10$ .

- Vis at ekvivalent impedans sett fra kilden er lik  $Z_{eq} = 50.43e^{j19.42} \ \Omega$
- Hva blir aktiv og reaktiv effekt tilført fra kilden i oppgave a)?

Anta nå at kondensatoren  $C_L$  er tilkoblet som vist på figuren.

- Hvilken verdi av  $C_L$  gjør at reaktiv effekt forsynt til lasten blir lik null?
- Hva blir  $Z_{eq} = \frac{V_s}{I_s}$  med denne verdien av  $C_L$ ?

Anta at transformatoren er utstyrt med en regulator som kan kontrollere  $N_1 : N_2$  innenfor et visst område. Dette kalles transformatortrinning (tap changer).

- Kondensatoren  $C_L$  er fortsatt koblet til. Hva må transformatorforholdet  $N_1 : N_2$  være hvis  $R_L$  skal forbruke  $P_L = 20 \text{ kW}$ ?

### 3 EFFEKTBEREGNINGER I MOTORDRIFT (20 %)

Figur 3 viser en skisse av en motordrift bestående av kraftforsyning, inverter, motor og last. Vi antar at motoren opererer uten gir, slik at turtallet til lasten er lik turtallet til motoren.

Følgende informasjon er oppgitt:

Batterispenning:  $600 \text{ V (DC)}$

Motorspenning:  $400 \text{ V (linje-linje, RMS)}$

Nominell effektfaktor:  $\cos \varphi = 0.9$

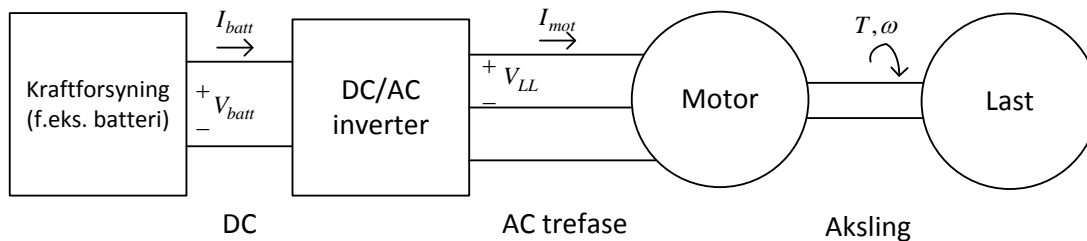
Antall poler til motor:  $4$

Nominelt turtall til last:  $n_{mek,nom} = 1500 \text{ o/min}$

Lastkarakteristikk:  $T_{load} = 400 \cdot \left( \frac{\omega_{mek}}{\omega_{mek,nom}} \right)^2 \text{ Nm}$

Anta at lasten driftes på nominelt turtall.

- I nominelle forhold, vis at effekt overført til last blir lik  $P_{nom} = 62.83 \text{ kW}$
- Hva blir frekvensen til motorspenningen, i Hz?
- Se bort fra alle tap i systemet. Hva blir batteristrømmen  $I_{batt}$  og strømmen i motoren  $|I_{mot}|$ ?
- Lastens effektbehov (målt i watt) reduseres så til det halve. Hva blir den nye frekvensen til motorspenningen?



Figur 3: Skisse av motordrift

## 4 TRANSIENTBEREGNING VED LAPLACETRANSFORMASJON (25 %)

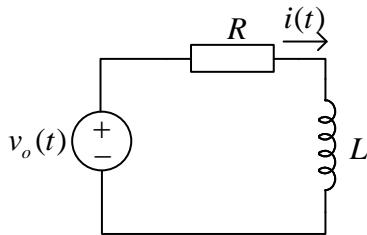
Vi kobler en spenningskilde  $v_o$  til en RL-krets som vist i Figur 4. Kretsen er energiløs før spenningskilden gjør et sprang ved  $t = 0$ . Bruk følgende tallverdier gjennom hele oppgaven:

$$R = 2 \Omega$$

$$L = 1 H$$

$$C = 0.1 F$$

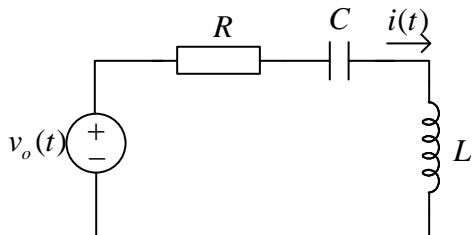
$$v_o = \begin{cases} 0 V, & t < 0 \\ 3 V, & t \geq 0 \end{cases}$$



Figur 4: Spenningskilde koblet til RL-krets

- a) Finn strømmen  $i(t)$  ved hjelp av Laplacetransformasjon

Vi setter så inn kondensatoren  $C$  som vist i Figur 5. Kretsen er fortsatt energiløs før  $t = 0$



Figur 5: Spenningskilde koblet til RLC-krets

- b) Vis at transferfunksjonen mellom strøm og spenning kan skrives som

$$H(s) = \frac{I}{V_o} = \frac{1}{L} \cdot \frac{s}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$$

- c) Finn  $i(t)$  ved hjelp av Laplacetransformasjon. Bruk numeriske verdier

Nyttige formler for Laplacetransformerte finnes i vedlegg.

## VEDLEGG: FORMLAR OG SAMANHENGAR

---

### Spole og kondensator

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}, \quad i_C = C \frac{dv_C}{dt}, \quad X_L = j\omega L, \quad X_C = \frac{1}{j\omega C}$$

### Visarrekning og kompleks effekt

$$X \cos(\omega t + \theta) \Leftrightarrow X e^{j\theta}, \quad S = VI^* = P + jQ$$

### Elektromagnetisme:

$$\varepsilon = N \frac{d\varphi}{dt}, \quad NI = \Re \varphi, \quad \Re = \frac{l}{\mu A}, \quad \varphi = BA$$

### Trigonometri

$$\begin{aligned} \cos(2x) &= 1 - 2\sin^2(x) \\ &= 2\cos^2(x) - 1 \end{aligned}$$

$$\sin(2x) = 2\sin(x)\cos(x)$$

### Trefase

$$|V_{LL}| = \sqrt{3} |V_{ph}|$$

### Elektriske maskiner

$$f_{el} = \frac{P}{2} f_{mek}$$

### DC-maskin

$$E_a = k\varphi\omega \quad T = k\varphi I_a$$

### Mekanikk

$$P = T\omega \quad P = F \cdot v \quad v = \omega r \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

### Laplacetransformasjon

$$\text{Konstant: } \mathcal{L}(K \cdot f(t)) = K \cdot F(s)$$

$$\text{Sprangrespons: } \mathcal{L}(u(t)) = \frac{1}{s}$$

$$\text{Eksponential: } \mathcal{L}(e^{at}) = \frac{1}{s-a}$$

$$\text{s-shift: } \mathcal{L}\{e^{-at} \cdot f(t)\} = F(s+a)$$

$$\text{Sinus: } \mathcal{L}\{\sin(\omega t)\} = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$$

$$\text{Cosinus: } \mathcal{L}\{\cos(\omega t)\} = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$$

$$\text{Dempa sinus: } \mathcal{L}\{e^{-at} \sin(\omega t)\} = \frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$$

$$\text{Dempa cosinus: } \mathcal{L}\{e^{-at} \cos(\omega t)\} = \frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$$