

TTK4240 – Prøvesett 3

1 STASJONÆRE BEREKNINGAR PÅ RLC-KRETS (25 %)

Figur 1 viser ein RLC-krets forsynt frå ei spenningskjelde. Bruk følgande talverdiar:

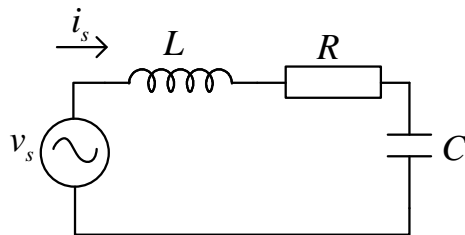
$$R = 1 \Omega$$

$$L = 10 \text{ mH}$$

$$C = 2 \text{ mF}$$

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

$$v_s = 100 \cos(\omega t)$$



Figur 1: RLC-seriekrets

- Finn V_s, I_s (på visarform), samt den komplekse effekt S_s , aktiv effekt P_s og reaktiv effekt Q_s
- Finn $i_s(t)$ og $P_s(t)$
- Kva er samanhengen mellom tidsfunksjonen $P_s(t)$ og aktiv effekt P_s ? Et verbalt svar er tilstrekkelig

Anta no at vi har mulighet til å variere C .

- Kva verdi av C gir $i_s(t)$ i fase med $v_s(t)$?
- Finn S_s, P_s, Q_s i dette tilfellet. Kommenter verdien av Q_s

2 DIODELKERETTER OG DC-MOTOR (25 %)

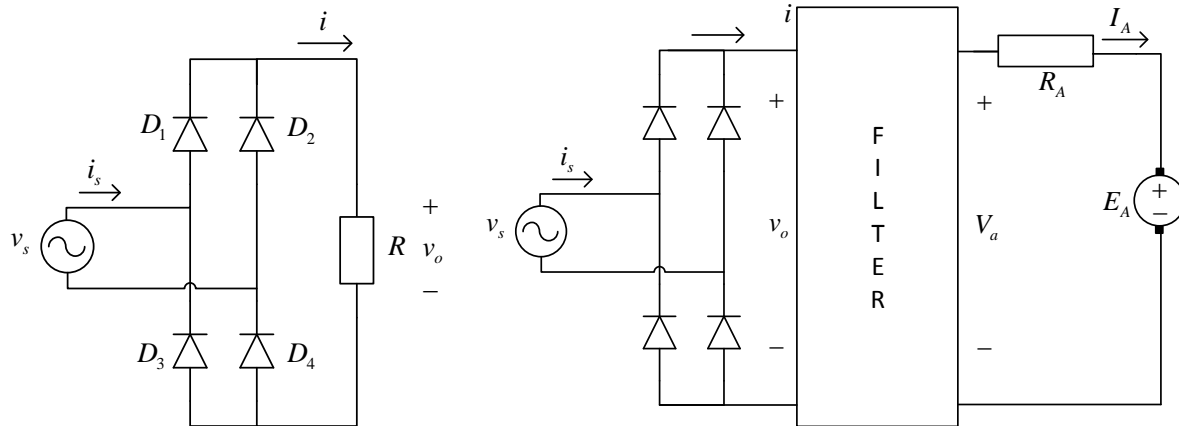
Figur 2 viser en diodelikeretter koblet til to ulike laster. Til venstre en resistiv last, til høyre en DC-maskin via et filter. Filteret sin funksjon er å gjøre terminalspenningen til DC-maskinen mest mulig konstant, dvs. det er et lavpassfilter.

Bruk følgende talverdier:

$$v_s = 100 \sin(\omega t)$$

$$R_A = 0.2 \Omega$$

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



Figur 2: **Venstre:** Diodelikeretter med resistiv last, **Høyre:** Diodelikeretter koblet til DC-motor via filter

- a) Anta kretsen til venstre (resistiv last). Vis at $\frac{V_o}{V_{s,rms}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$, hvor V_o er gjennomsnittsverdien til DC-spenningen v_o og $V_{s,rms}$ er RMS-verdien til kildespenningen v_s .

Bruk sammenhengen fra a) til å løse oppgavene nedenfor der informasjon om V_o er nødvendig.

- b) Anta kretsen til høyre (filter+motor). Hvilken av de følgende verdier for filteret sin knekkfrekvens er mest hensiktsmessig: 20 Hz, 200 Hz eller 2000 Hz?

Anta nå at filteret fjerner all ripple i spenningen, dvs. $V_a = \text{konstant}$. Transferfunksjonen til filteret kalles

$$H_a(s) = \frac{V_a}{V_o}. \text{ Det oppgis at } H_a(j\omega = 0) = \frac{1}{2}.$$

Vi kobler så til DC-maskinen. Først lar vi den rotere i *tomgang*, dvs. uten last tilkoblet. I tomgang er momentet overført til lasten alltid lik null. Turtallet i tomgang blir målt til $n_o = 1500$ o/min. Deretter kobler vi til last, og turtallet faller til $n_1 = 1400$ o/min. Feltspenningen holdes konstant, dermed blir fluksen φ konstant.

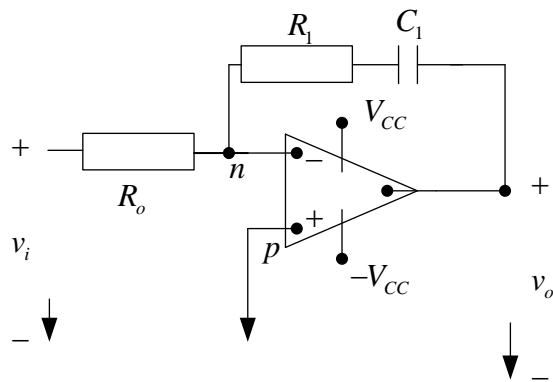
- c) Finn effekten som blir overført til lasten, i W .

3 PI-REGULATOR BASERT PÅ OPERASJONSFORSTERKER (20 %)

En proporsjonal-integral regulator (PI-regulator) er svært mye brukt i alle slags kybernetikk-systemer. Den kan realiseres som en elektrisk krets som vist i Figur 3. Navnet PI-regulator kommer av følgende:

P: Proporsjonalledd – et ledd i utgangsspenningen skal være proporsjonal med inngangsspenningen

I: Integralledd – et ledd i utgangsspenningen skal være den integrerte av inngangsspenningen



Figur 3: PI-regulator ved hjelp av operasjonsforsterker

En vanlig måte å skrive en PI-regulator sin transferfunksjon er som følger:

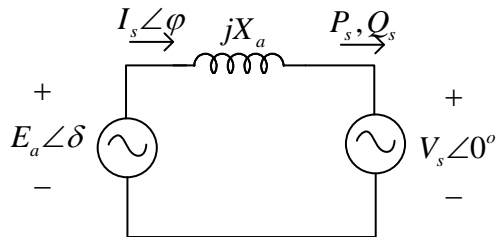
$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = K_p \frac{1 + T_i s}{T_i s}, \text{ hvor } K_p \text{ er proporsjonal-leddet, og } T_i \text{ er tidskonstanten}$$

- Finn transferfunksjonen $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ til kretsen i Figur 3.
- Finn K_p og T_i som funksjon av kretselementene i Figur 3
- Vi påtrykker et sprang i inngangsspenningen V_i fra $0V$ til $1V$ (enhetssprang). Finn det analytiske uttrykket til $v_o(t)$. Skissør forløpet, og kommenter i forhold til beskrivelsen av en PI-regulator gitt øverst i oppgaveteksten.

Tips til oppgave c): Hvis du ikke får til a) og b) går det an å løse c) ved å bruke den oppgitte transferfunksjonen $H(s)$.

4 EFFEKTFLYT MELLOM TO SPENNINGSKILDER (30 %)

Figur 4 viser to spenningskilder, E_a og V_s koblet sammen via en reaktans X_a . Dette er en svært mye brukt modell av et kraftverk (synkrongenerator) koblet til et nett, og man kan dra mange nyttige konklusjoner fra denne tilsynelatende enkle modellen.



Figur 4: To spenningskilder koblet sammen via en reaktans

NB: E_a, V_s er her absoluttverdien til spenningene, og er dermed ikke komplekse størrelser. Vi definerer vinkelen til V_s til å være lik 0 (referansevinkel), og kaller vinkelen til E_a for δ (som vist i figuren)

Bruk følgende tallverdier:

$$V_s = 10 \text{ kV}$$

$$P_s = 5 \text{ MW}$$

$$Q_s = 2 \text{ MVar}$$

$$X_a = 5 \Omega$$

- Hva blir effekt faktoren til spenningskilden V_s til dette driftstilfellet? Er den induktiv eller kapasitiv?
- Finn I_s (med vinkelen φ), og E_a (med vinkelen δ) i dette driftstilfellet
- Tegn et viserdiagram hvor V_s, E_a, I_a inngår.
- Vis at generelt så er $P_s = \frac{E_a V_s}{X_a} \sin \delta$ for denne kretsen, hvor P_s er definert i figuren. Du skal ikke sette inn tallverdier.

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

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

Laplaceformasjon

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

$$\text{Rampe: } \mathcal{L}(t \cdot u(t)) = \frac{1}{s^2}$$

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