

Contents

Oppgavesamling tilbakekobling og stabilitet	1
01 Innledende oppgave om ABC tilbakekobling	1
02 Innledende oppgave om Nyquist diagram	1
03 Bodeplott og stabilitet (H94-5)	1
04 Bodediagram og stabilitet (H01-3)	2
05 b Opamp_Oppgave_Phaseshift	3
06 Nyquist Eksamen H98-4	4
07 Rotasjon (Eksamen H99 – 3)	5
08 Styring av Ovn. (H89-3)	6
09 Polplassering, Bodeplot, Nyquist	8
10 Tilbakekobling og Nyquist diagram (H02-3)	9
11 Tilbakekobling og stabilitet. (H95-3)	10

Oppgavesamling tilbakekobling og stabilitet

01 Innledende oppgave om ABC tilbakekobling

- Tegn opp et ABC blokkskjema for et generelt tilbakekoblet system.
- Hvorfor er det bare tilbakekoblingssløyfen som har betydning for stabilitet.
- Kan et system være ustabilt hvis man klipper ledningen til tilbakekoblingssløyfen. Begrunn svaret
- Hvordan vil du gå fram for å bestemme om et ABC system er stabilt eller ikke.

02 Innledende oppgave om Nyquist diagram

- Forklar hva et Nyquist diagram er og hva det brukes til.
- Er det noen sammenheng mellom Nyquist diagrammet og konturanalyse?

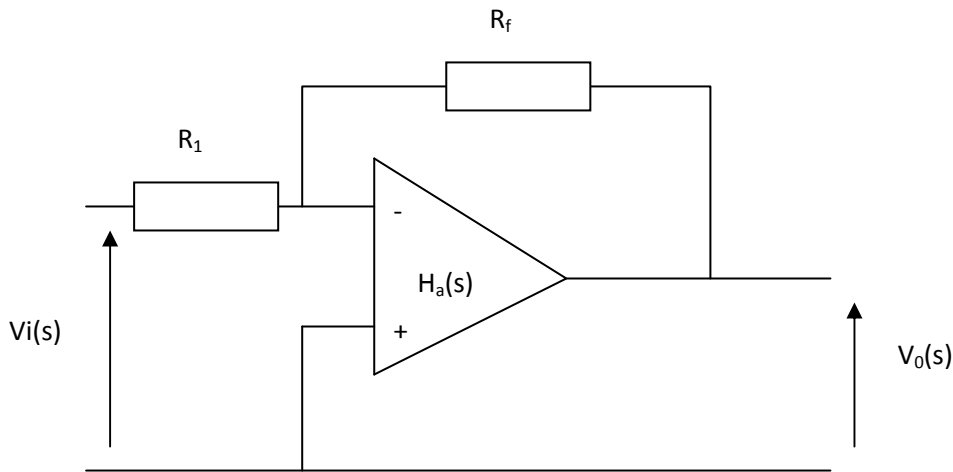
03 Bodeplott og stabilitet (H94-5)

En operasjonsforsterker har systemfunksjonen

$$H_a(s) = \frac{K}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}$$

der $T_1 = 10^{-2}$ sek, $T_2 = 10^{-5}$ sek og $K = 10^5$.

Forsterkeren kobles som vist under, der $R_1 = 100\text{k}\Omega$ og $R_f = 1\text{M}\Omega$.



- Lag et blokk-diagram over kretsen når operasjonsforsterkerens inngangsimpedans betraktes som uendelig stor. Lag Bodediagram over sløyfeforsterkningens amplitude og fasekarakteristikk.
- En mer korrekt beskrivelse av forsterkerens inngangsimpedans er at en kapasitans med verdien $C_i = 11\text{pF}$ forbinder inngangene merket "+" og "-". Finn den nye sløyfeforsterkningen, og gi en analyse av kretsens stabilitet.
- Vi kobler inn en liten kondensator, C_f , i parallell med resistansen R_f . Diskuter hvordan dette kan bedre stabiliteten.

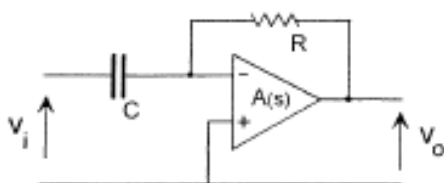
04 Bodediagram og stabilitet (H01-3)

En operasjonsforsterker har systemfunksjon gitt ved:

$$A(s) = \frac{V_0}{V_+ - V_-} = A_0 \cdot \frac{T_1 s + 1}{(T_2 s + 1)^2}$$

der $A_0 = 10^4$, $T_1 = 10^{-3}$ sek og $T_2 = 10^{-2}$ sek.

- Tegn Bodediagram over operasjonsforsterkerens amplitude- og fase-karakteristikk.

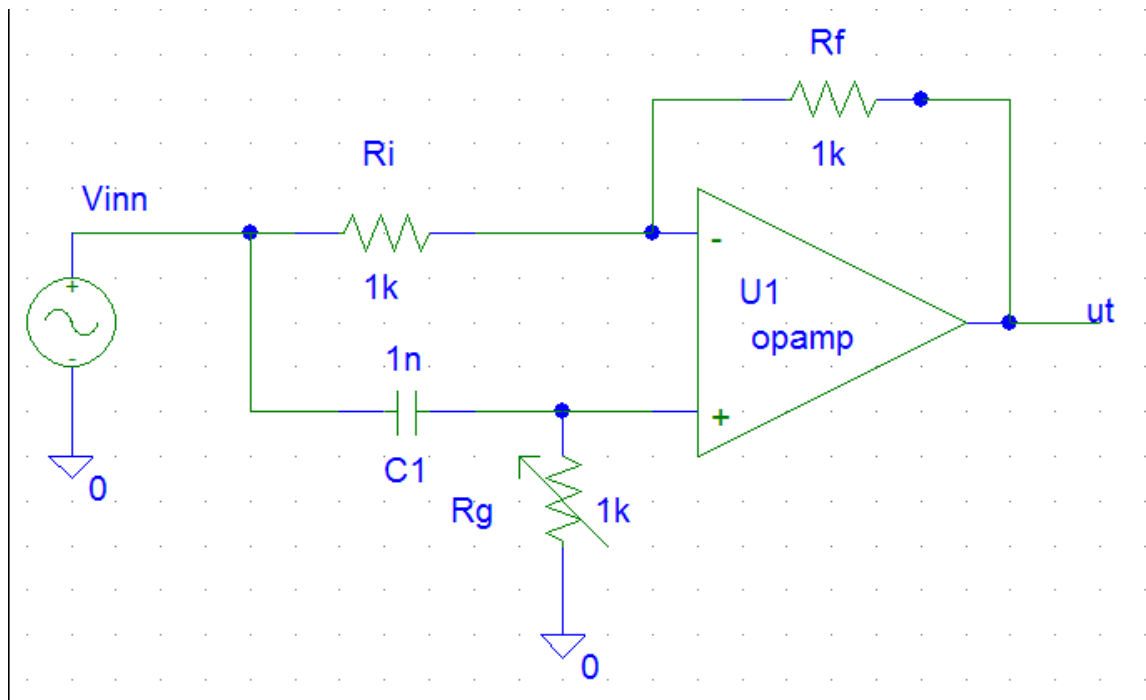


Operasjonsforsterkeren forsynes med tilbakekobling som vist på figuren over. Anta uendelig høy inngangsimpedans.

- b) Lag et blokkdiagram for det tilbakelobede systemet, og finn et uttrykk for sløyfeforsterkningen.
- c) Vurder om systemet er stabilt dersom $RC = 10^{-2}$ sek. Hva om $RC = 10^{-4}$ sek.

05 b Opamp_Oppgave_Phaseshift

Oppgaven illustrerer ideell og ikke ideell opamp samt Nyquist stabilitet og bodeplot.



Kretsen over er en faseskifter benyttet til å vende fasen til et sinussignal hvis det er over en bestemt frekvens.

- a) Anta idealbetingelser og forklar hva vi mener med det.
- b) Sett $R_s = R_f$ og finn et uttrykk for overføringsfunksjonen $H(s) = V_{ut}(s) / V_{inn}(s)$
- c) Tegn et bodediagram for amplitude og fase. Forklar hva som skjer med karakteristikene når vi endrer R_1

Anta nå at operasjonsforsterkeren ikke er helt ideell men har en forsterkning G gitt ved

$$Gain = A(s) = \frac{V_o}{V_+ - V_-} = \frac{10^4}{(Ts + 1)^2}$$

d) Beskriv kretsen med et blokkdiagram og vis at tilbakekoblingssløyfen kan beskrives som $F(s)$ uttrykket under.

$$F(s) = \frac{A(s)}{1 + R_f / R_i}$$

e) Sett $R_f = R_i$ og tegn bodediagram for tilbakekoblingssløyfen $F(s)$ med amplitude og fase plot under hverandre og med samsvarende vinkelfrekvens verdier på x-aksen

f) Tegn Nyquist diagram på grunnlag av Bode diagrammet og bruk det til å diskutere området rundt $F=1$ når $R_i = R_f$. Evaluer systemets stabilitet.

g) For hvilke verdier av forholdet R_f/R_i vil systemet være stabilt med tilstrekkelig margin i forhold til Gain $< -6\text{dB}$, $\Phi_f > 30^\circ$ regelen.

06 Nyquist Eksamen H98-4

Oppgave 4

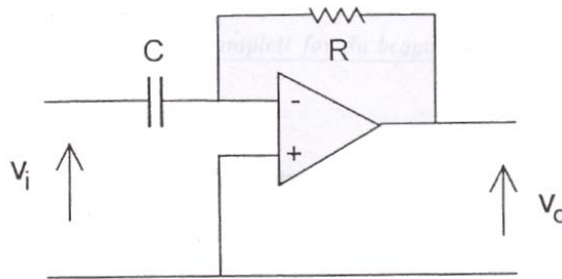
En operasjonsforsterker har systemfunksjonen

$$H(s) = \frac{K}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)} \quad , \quad K = 10^4 \quad ,$$

der $\omega_1 = 100$ rad/s og $\omega_2 = 10^5$ rad/s.

Vi antar at forsterkeren har en uendelig stor inngangsimpedans.

- a) Lag en Bode-diagram framstilling av amplitude- og fase-karakteristikken.



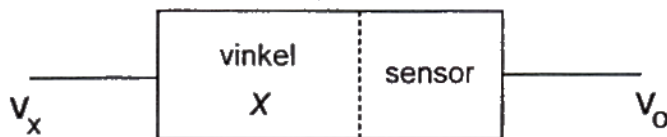
Forsterkeren koples som vist på figuren over, der $R = 1$ k Ω , og $C = 1$ μ F.

- b) Lag en blokk-diagram framstilling av kretsen, og finn et uttrykk for sløyfeforsterkningen, $F(s)$.
- c) Lag en Bode-diagram framstilling av sløyfeforsterkningen, og vurder om kretsen er stabil. Skisser Nyquist-diagrammet i nærheten av $F = 1$.
- d) La oss kreve at i Nyquist-diagrammet's 4. kvadrant skal $|F(j\omega)| \leq 0,5$. Hvilket krav stiller dette til faktoren K , dersom denne kunne varieres mens alt annet er uendret?

07 Rotasjon (Eksamen H99 – 3)

Oppgave

Vi betrakter en styrbar enhet som genererer rotasjonsbevegelse.



Anta at rotert vinkel, x , bestemmes av inngangspenningen v_x ifølge likningen

$$x''(t) + \tau^{-1}x'(t) = G \cdot v_x(t) \quad , \quad \text{hvor } \tau, G \text{ er konstanter.}$$

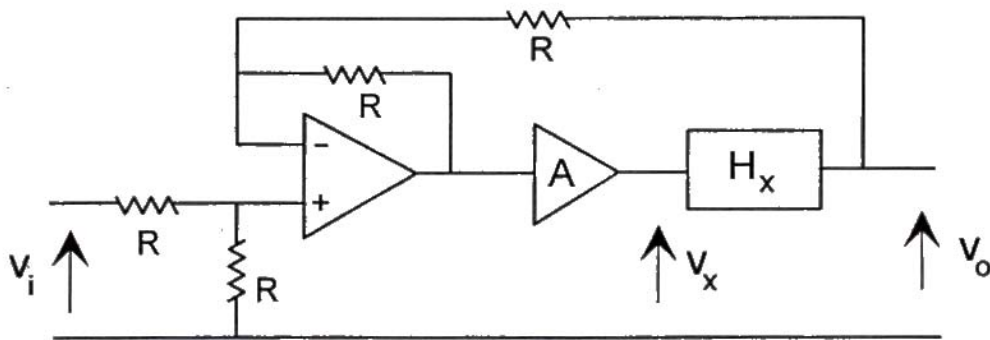
Integrert i enheten er det også en sensor som gir en utgangsspenning som er proporsjonal med vinkelen, dvs. $v_o(t) = \alpha \cdot x(t)$.

a) Vis at systemfunksjonen $H_x = V_o/V_x$ er gitt ved

$$H_x(s) = \frac{\alpha \tau G}{\tau s^2 + s}$$

b) La $v_x(t) = v \cdot u(t)$, dvs en trinn-eksitasjon.

Finn et uttrykk for responsen $v_o(t)$, og skisser forløpet i en graf.



Den styrbare enheten plasseres i en krets slik som vist på figuren over. Vi regner operasjonsforsterkerene for ideell.

c) Vis at

$$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{H_x(s) \cdot A(s)}{1 + H_x(s) \cdot A(s)},$$

der $A(s)$ er spenningsforsterkerens systemfunksjon.

Tegn blokkdiagram over systemet som helhet.

d) Anta at

$$A(s) = \frac{10}{1 + \tau s}$$

og sett $\tau = 10^{-3}$ sek, $\tau = 0.1$ sek, og $\alpha \tau^2 G = 1$.

Tegn Bodediagram (amplitude og fasekarakteristikk) av systemets sløyfeforsterkning.

Vurder stabiliteten av systemet gjennom å skissere Nyquist-diagrammet.

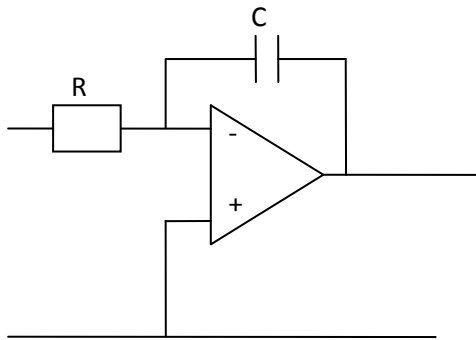
08 Styring av Ovn. (H89-3)

Reguleringsteknikk, tilbakekobling og stabilitet

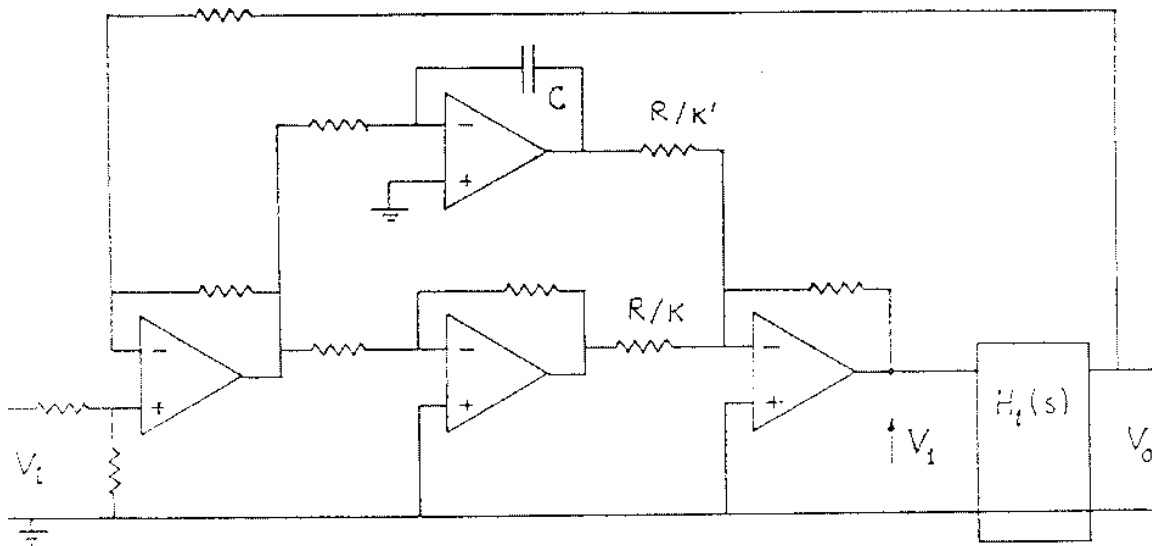
Oppgave

Hint: $\frac{1}{s(s + \alpha)^2} \leftrightarrow \frac{1 - e^{-\alpha t} - \alpha \cdot t \cdot e^{-\alpha t}}{\alpha^2}$

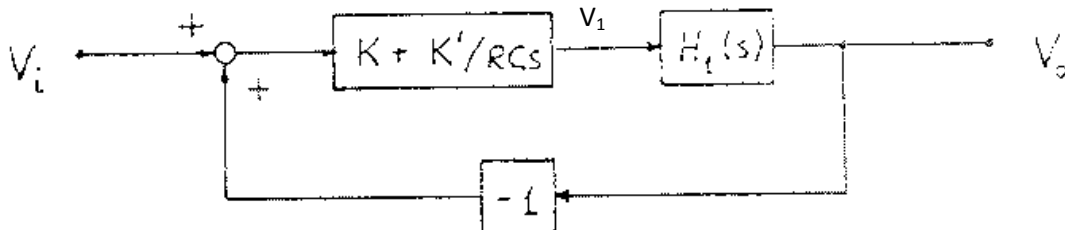
- a) En ideell operasjonsforsterker koblet slik som vist nedenfor, gir et utgangssignal proporsjonalt med integralet av signalet på inngangen. Forklar dette.



Figuren nedenfor viser et tilbakekoplet nettverk bestående av fire ideelle operasjonsforsterkere og et system som har overføringsfunksjonen $H_t(s) = V_o(s)/V_1(s)$. Alle uspesifiserte resistanser er like, og har verdien R.



- b) Finn den totale overføringsfunksjonen $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ uttrykt ved $H_t(s)$ og de øvrige komponentene i kretsen. Vis også at nettverket kan representeres ved blokk diagrammet under.



- c) Systemet H_1 er en liten ovn som er drevet av et styrbart varmeelement. Spenningen V_d bestemmer energitilførselen, mens spenningene V_0 genereres av en temperatursensor inne i ovnen. Når ovnen opereres alene, dvs. frakoplet det øvrige nettverket, finner man at en trinneksitasjon $v_1(t) = \Delta v \cdot u(t)$ gir responsen:

$$v_0(t) = \Delta v \left[1 - 1.1e^{-t/11} + 0.1e^{-t} \right] u(t), \quad t \text{ i sekunder.}$$

vis at

$$H_1(s) = \frac{1}{(s+1)(11s+1)}$$

- d) La inntil videre $K' = 0$. Bestem polene til $H(s)$, og vis med en figur hvordan deres plassering i s -planet avhenger av K . Kommenter resultatet.
- e) Hensikten med nettverket er å forbedre styringen av ovnsystemet. Finn responsen $v_0(t)$ når systemet får en trinn-eksitasjon fra nettverkets inngang; $v_1(t) = \Delta v \cdot u(t)$. Bruk så $K = 25/11$. Sammenlign denne responsen med ovnenes egen trinn-respons, likning (1). Skisser begge tidsfunksjonene i samme figur, for eksempel for $0 \leq t \leq 30$ sekunder.
- f) La nå $K' \neq 0$. Vurder om nettverket er stabilt for $K = 1$, og $K'/RC = 10 \text{ sek}^{-1}$.
- g) La $K=37/11$ og $K'=64/121 \text{ sec}^{-1}$ slik at $H(s)$ får tre sammenfallende poler. Beregn responsen $v_0(t)$ for eksitasjonen $v_1(t) = \Delta v \cdot u(t)$ i dette tilfellet. Sammenlign med de andre trinnresponsene, og kommenter nytten av kretsen.

$$H(s) = \frac{37}{121} \cdot \frac{\left(s + \frac{64}{407}\right)}{\left(s + \frac{4}{11}\right)^3}$$

Hint:

$$L^{-1} \left[\frac{s + a_0}{s(s + \alpha)^3} \right] = \frac{a_0}{\alpha^3} + \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{a_0}{\alpha} \right) t^2 - \frac{a_0}{\alpha^2} t - \frac{a_0}{\alpha^3} \right] e^{-\alpha t}$$

(L^{-1} er den invers Laplacetransformerte)

09 Polplassering, Bodeplot, Nyquist

En krets er gitt ved

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 2Rs + 1}$$

Hvor R er en variable motstand som kan ha verdier fra 0 og oppover.

- Forklar hva vi mener med poler og 0-punkt
- Sett opp et uttrykk for polenes α og β verdi
- Beregn α og β for $R=0, 1/2, 1, 2$ og 3 og før svaret i en tabell. (I en muntlig eksamen vil dere få tallene utregnet på kalkulator av sensor i følge uttrykket dere har kommet fram til. Dere fører bare tallene opp i en tabell)
- Tegn et S-plan og skisser og forklar hvordan polene beveger seg i dette planet når vi endrer R glidende fra 0 til 3
- Fortell hvordan systemet vil oppføre seg for hver av polplassene i tabellen for $R=0, 0.5, 1$ og 3 . Hva slags system får vi, og hva slags ledd eller uttrykk forventer du å se i tidsuttrykket om du hadde gjort en invers laplacetransformasjon.
- Skisser hvordan du forventer at $v_{ut}(t)$ skal se ut om du sender inn en impuls som $v_{inn}(t)$ inn i kretsen for de tre tilfellene.
- Forklar hva vi mener med, og hvordan vi bruker standard likningen .
- Bruk standard likningen og finn resonansfrekvens og Q verdi for kretsen når $R=0.005$.
- Anta nå at $H(s)$ er tilbakekoblingssløyfen i et større system slik at $H(s)=F(s)$. Tegn Bodeplot og Nyquist diagram. Fortell om kretsen er stabil eller ikke og forklar hvordan du ser dette.

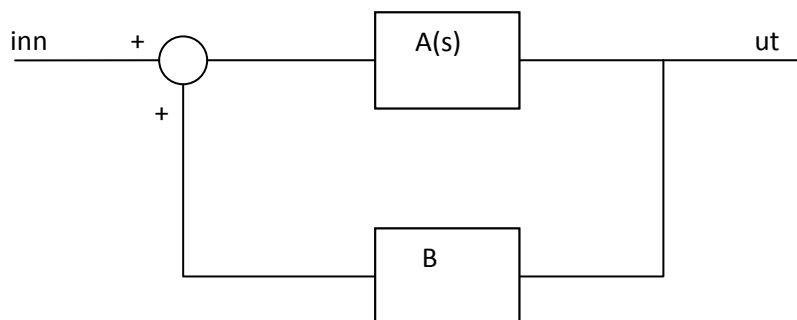
10 Tilbakekobling og Nyquist diagram (H02-3)

En forsterker har systemfunksjon gitt ved:

$$A(s) = \frac{10^4}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)^2}$$

Der $T_1 = 10\mu s$ og $T_2 = 1ms$.

- Lag Bode-diagram over amplitude- og fase-karakteristikken til forsterkeren.



b) Forsterkeren gis tilbakekoblingen som vist i blokk-diagrammet over. Anta at tilbakekoblingen er konstant (*frekvens-uavhengig*), og skisser Nyquist-diagrammet for tilfellene: (i) $B = -1$ og (ii) $B = -0.01$. Diskuter stabiliteten til systemet for de to tilfellene.

11 Tilbakekobling og stabilitet. (H95-3)

Et tilbakekoplet system har sløyfeforsterkning

$$F(s) = \frac{-K}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)(T_3s + 1)}$$

der $K = 1000$ og $T_1 = 10^{-3} \text{ sek}$, $T_2 = 10^{-4} \text{ sek}$, $T_3 = 10^{-5} \text{ sek}$.

Finn ut om systemet er stabilt.