

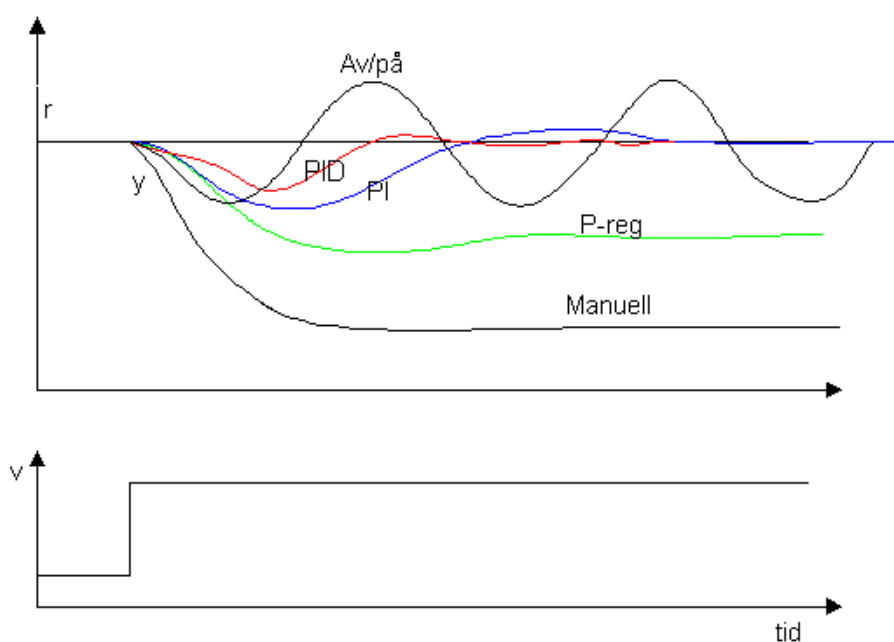
Høgskolen i Agder

Løsning til eksamen i emnet MAS107 Reguleringssteknikk
tirsdag 6. juni 2006

Varighet: 4 timer. Hjelpemidler: Ingen (heller ikke kalkulator).

Kontaktperson: Finn Haugen (emnets lærer), tlf. 97019215.

1. (10% vekt) Se figur 1.



Figur 1:

2. (15%) Massebalanse:

$$\underline{\underline{\rho A \dot{h}(t)}} = w_{inn}(t) - w_{ut}(t) \quad (1)$$

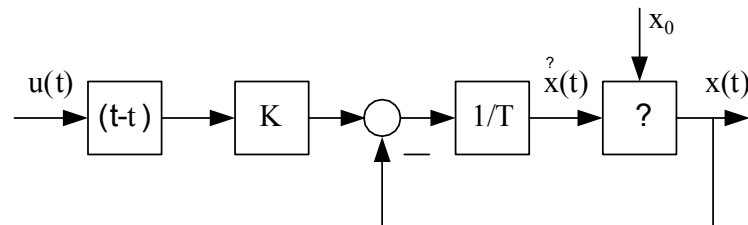
$$= w_s(t - \tau) - w_{ut}(t) \quad (2)$$

$$= \underline{\underline{K_s u(t - \tau) - w_{ut}(t)}} \quad (3)$$

3. (10%) Vi starter med å skrive modellen på tilstandsromform, dvs. med den deriverte alene på venstre side:

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{T} [-x(t) + K u(t - \tau)] \quad (4)$$

Så tegner vi en integrator for tilstandsvariabelen x . Integratorens utgang er x , og inngangen er $\dot{x}$. Så tegnes blokker og signalledninger slik at integratorinngangen $\dot{x}$ blir lik høyresiden av (4). Figur 2 viser resultatet.



Figur 2:

4. (10%)

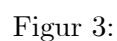
- Prosessen bringes til eller nær det nominelle arbeidspunktet ved å justere det nominelle pådraget mens regulatoren står i manuell modus.
- T_i settes lik ∞ eller så stor som mulig eller "kjempetor". T_d settes lik 0. K_p settes lik null.
- Regulatoren settes i automatisk modus.
- K_p økes inntil det oppstår stående svingninger i reguleringssløyfen. Denne K_p -verdien betegnes K_{pk} . Det kan være nødvendig å eksitere reguleringssystemet med et lite sprang i settpunktet for å få tilstrekkelig tydelige (observerbare) responser. Periodetiden T_k på svingningene i prosessmålingen (evt. i pådraget) leses av.
- PID-parametrene beregnes ut fra de oppgitte formlene:
 $K_p = 0,6K_{pk}$, $T_i = T_k/2$, $T_d = T_k/8$.

5. (10%) Ved gain scheduling er PID-parametrene funksjoner av en gain scheduling (GS)-variabel som representerer prosessens varierende dynamiske egenskaper. GS-variabelen brukes til oppslag i en PID-parametertabell (gain schedule). Parametertabellen inneholder et sett av PID-parameterverdier funnet ved regulatorinnstilling ved forskjellige verdier av GS-variabelen. Tabelloppslaget baseres på en eller annen form for interpolering, f.eks. stykkevis konstant, stykkevis lineær, minste kvadraters eller polynombasert interpolering.

Et konkret eksempel der gain scheduling er fordelaktig er temperaturregulering av en blandetank der massegjennomstrømningen, F (flow),

PID-parametertabellen kan da baseres på PID-innstilling ved et antall forskjellige F-verdier. PID-parameterverdien blir en funksjon av F-verdien.

- (a) (5%) Se figur 3.



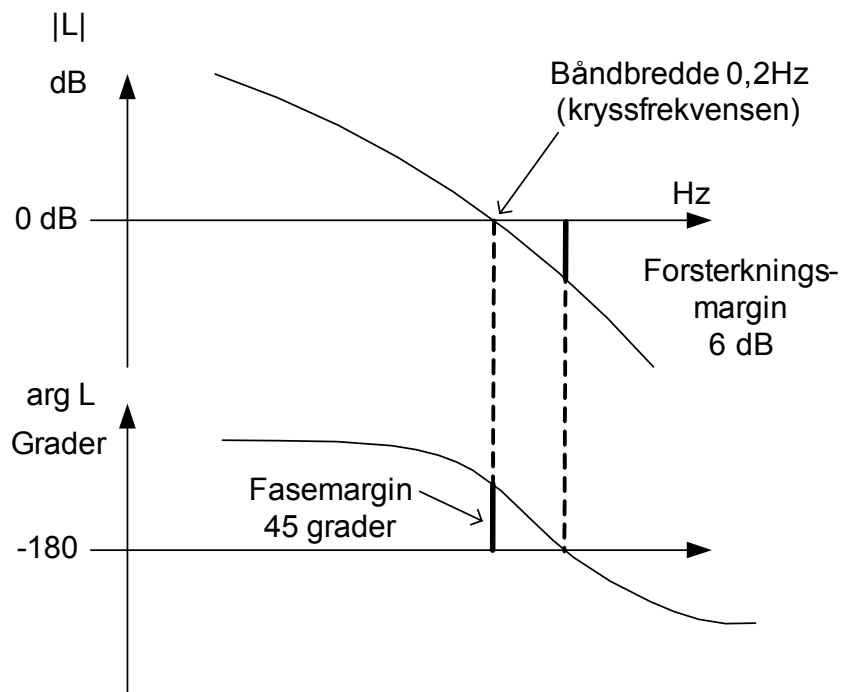
(b) (5%) Vi skriver først $H(s)$ på standardform:

$$H(s) = \frac{8}{4s + 8} = \frac{1}{0,5s + 1} = \frac{K}{Ts + 1} \quad (5)$$

$$= \frac{1}{\frac{s}{2} + 1} = \frac{1}{\frac{s}{\omega_b} + 1} \quad (6)$$

Vi får dermed: Forsterkningen er $K = 1$, tidskonstanten er $T = 0,5$, og -3 dB-båndbredden er $\omega_b = 2$ rad/s.

8. (10%) Se figur 4. (I figuren er L sløfetransferfunksjonen (loop transfer function).)



Figur 4:

Rimelige verdiorråder for forsterkningsmarginen er 6 – 12dB og for fasemarginen 30 – 60 grader.

9. (10%) Frekvensresponsen er

$$H(j\omega) = \frac{K}{Tj\omega + 1} e^{j(-\tau\omega)} \quad (7)$$

$$= \frac{K}{1 + jT\omega = \text{Re} + j\text{Im}} e^{j(-\tau\omega)} \quad (8)$$

$$= \frac{K}{\sqrt{1 + (T\omega)^2}} e^{j(-\tau\omega)} \quad (9)$$

$$= \frac{K}{\sqrt{1 + (T\omega)^2}} e^{j[-\tau\omega - \arctan(T\omega)]} \quad (10)$$

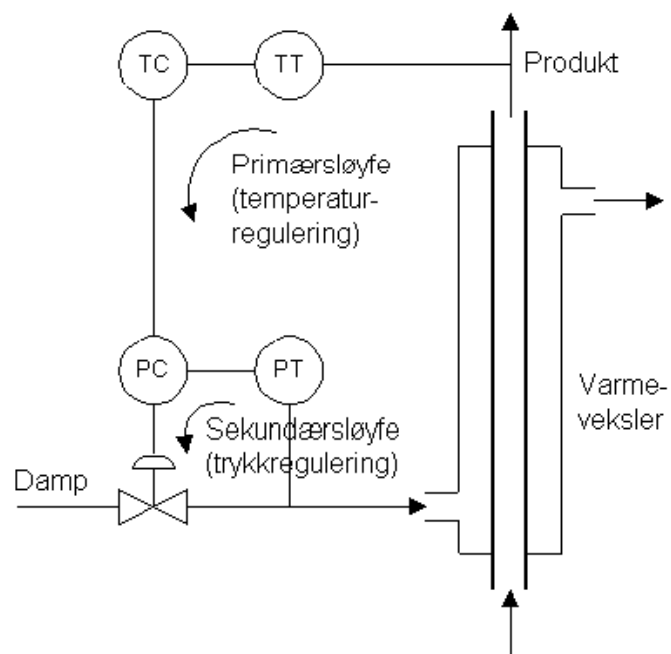
Amplitudedefunksjonen blir

$$\underline{\underline{|H(j\omega)| = \frac{K}{\sqrt{1 + (T\omega)^2}}}}$$

Fasefunksjonen blir

$$\underline{\underline{\arg H(j\omega) = -\tau\omega - \arctan(T\omega) \text{ [rad]}}} \quad (11)$$

10. (10%) Et eksempel: Figur 5 viser et instrumenteringsskjema for et temperaturreguleringssystem for en varmeveksler basert på kaskaderegulering. Trykkreguleringssløyfen vil kompensere for trykkvariasjoner i damptilførselen. Dette vil medføre at effekttilførselen blir jevnere, dvs. mindre påvirket av trykkvariasjonene, og dette vil igjen medføre at temperaturen får et jevnere forløp.



Figur 5: