

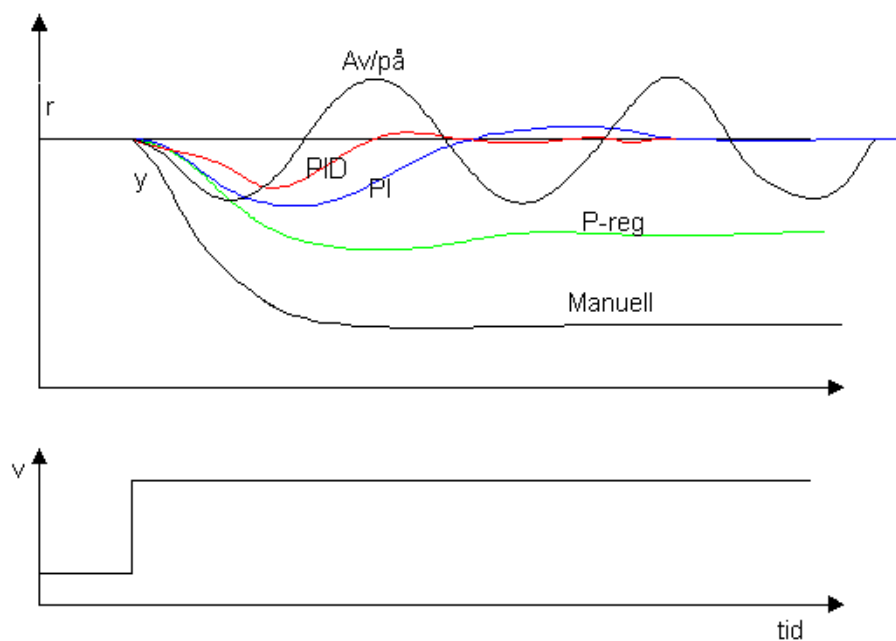
Høgskolen i Agder

Løsningforslag til eksamen i emnet MAS107 Reguleringsteknikk holdt torsdag 31. mai 2007

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

Løsningforslaget er utarbeidet av lærer Finn Haugen (finn@techteach.no).

1. (10% vekt) Se figur 1.



Figur 1:

2. (10%) Foroverkopplingsleddet finnes ved å løse prosessmodellen mht. pådraget u og sette y_r for y :

$$u_f = \frac{a\dot{y}_r - by_r - dv}{c} \quad (1)$$

Fra den oppgitte målelikningen fås

$$v = \frac{v_m}{K_m} \quad (2)$$

som settes inn for v i (1):

$$\underline{\underline{u_f = \frac{a\dot{y}_r - by_r - d\frac{v_m}{K_m}}{c}}} \quad (3)$$

3. (10%) Ut fra opplysningene i oppgaven er prosessens transferfunksjon

$$H_p(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s} \quad (4)$$

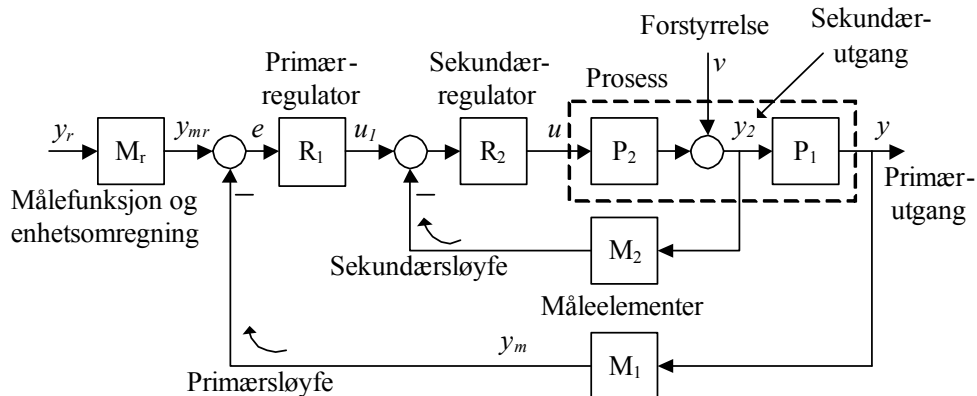
der $K = 2$, $T = 5$ og $\tau = 3$. Videre er det oppgitt at $k_1 = 1,44$ og $T_C = \tau = 3$. Ihht. Skogestads tabell fås da

$$\underline{\underline{K_p}} = \frac{T}{K(\tau + T_C)} = \frac{5}{2(3 + 3)} = \underline{\underline{\frac{5}{12}}} \quad (5)$$

og

$$\underline{\underline{T_i}} = \min [T, k_1 (\tau + T_C)] = \min [5, 1, 44 (3 + 3)] = \underline{\underline{5s}} \quad (6)$$

4. (10%) Figur 2 viser strukturen av et kaskadereguleringssystem.

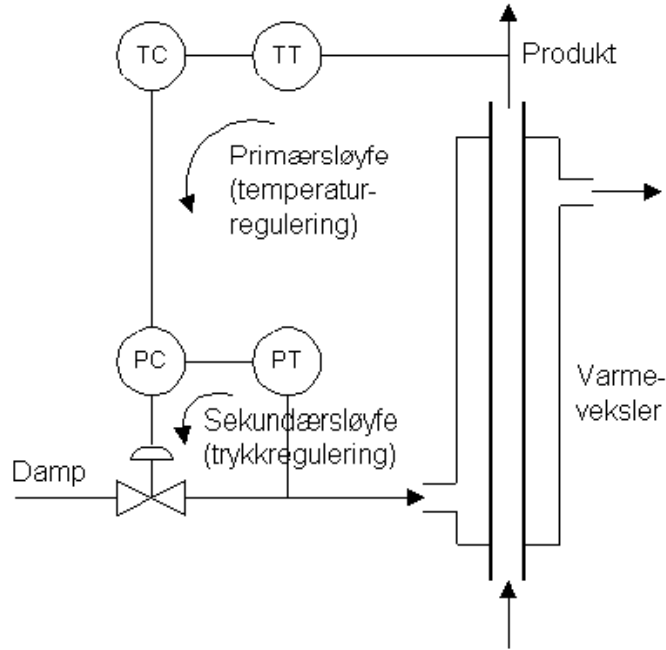


Figur 2:

Hensikten med kaskaderegulering er vanligvis å få en bedre (kraftigere, hurtigere) kompensering for prosessforstyrrelser.

Proseduren for innstilling av regulatorene: Først stiller sekundærregulatoren inn, med primærregulatoren i manuell modus. Deretter stiller primærregulatoren inn, med sekundærregulatoren i automatisk modus. (En går altså “innenfra og utover”.)

Et konkret eksempel på kaskaderegulering: Figur 3 viser et instrumenteringsskjema for et temperaturreguleringssystem for en varmeveksler basert på kaskaderegulering. Trykkreguleringssløyfen vil kompensere for trykkvariasjoner i damptilførselen. Dette vil medføre at effektilførselen blir jevnere, dvs. mindre påvirket av trykkvariasjonene, og dette vil igjen medføre at temperaturen får et jevnere forløp.



Figur 3:

5. (10%) Innfører $x_1 = y$, $x_2 = \dot{y} = \dot{x}_1$. Den opprinnelige differensiallikningsmodellen kan da skrives som følgende differensiallikning som kun inneholder 1. ordens deriverte:

$$m\dot{x}_2 = Kx_1 + Dx_2 + u \quad (7)$$

I tillegg har vi

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (8)$$

Vi får da følgende tilstandsrommodell:

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (9)$$

$$\dot{x}_2 = \frac{K}{m}x_1 + \frac{D}{m}x_2 + \frac{1}{m}u \quad (10)$$

$$y = x_1 \quad (11)$$

som skrevet på matrise-vektorform blir

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{K}{m} & \frac{D}{m} \end{bmatrix}}_A \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix}}_B u \quad (12)$$

$$\underline{y} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}}_D \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}}_E u \quad (13)$$

6. (10%) Laplacetransformasjon av

$$m\ddot{y} = Ky + D\dot{y} + u \quad (14)$$

gir

$$ms^2y(s) = Ky(s) + Dsy(s) + u(s) \quad (15)$$

som gir transferfunksjonen

$$\underline{H(s)} = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{1}{ms^2 - Ds - K} \quad (16)$$

7. (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 "kjempestor". 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:
 $K_p = 0,6K_{pk}$, $T_i = T_k/2$, $T_d = T_k/8$.

8. (10%) Figur 4 viser teknisk flytskjema.

Regulatoren skal ha direktevirkning fordi prosessen har negativ forsterkning (økning av pådraget gir reduksjon av målingen).

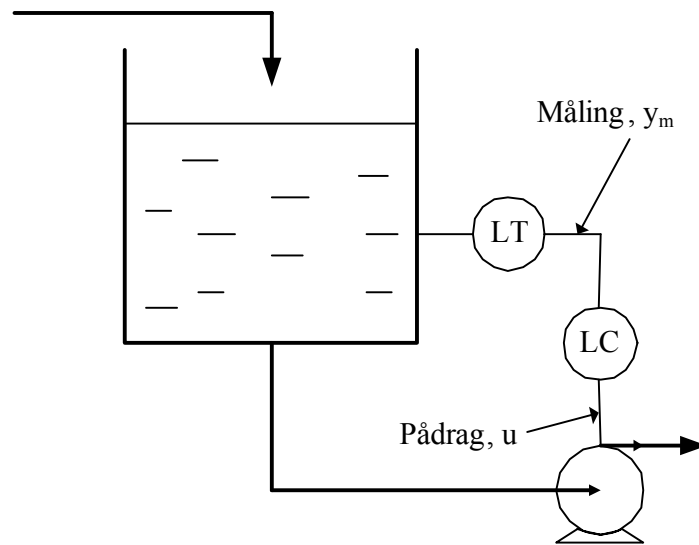
9. (10%) Se figur 5.

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

10. (10%) Frekvensresponsen er

$$H(j\omega) = \frac{a}{j\omega + a} = \frac{a}{a + j\omega = \text{Re} + j\text{Im}} \quad (17)$$

$$= \frac{a}{\sqrt{a^2 + \omega^2} e^{j \arctan(\omega/a)}} \quad (18)$$



Figur 4:

Amplitudeforsterkningsfunksjonen blir da

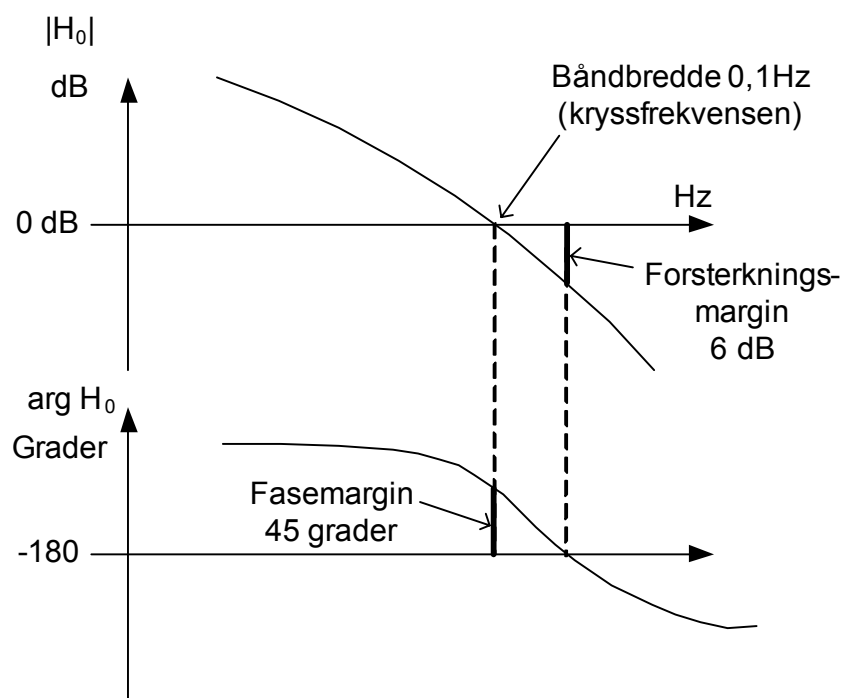
$$|H(j\omega)| = \frac{a}{\sqrt{a^2 + \omega^2}} \quad (19)$$

som settes lik $1/\sqrt{2}$ for $\omega = \omega_b$:

$$\frac{a}{\sqrt{a^2 + \omega_b^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (20)$$

som løst mhp. ω_b gir

$$\underline{\underline{\omega_b = a}} \quad (21)$$



Figur 5: