

Høgskolen i Buskerud/Finn Haugen

Løsning til skriftlig eksamen i emnet EMAR2101 Reguleringssystemer 1

Eksamensdato: Mandag 8. desember 2008.

Obs: Dette oppgavesettet utgjør en del av det komplette eksamenssettet i emnet (den andre delen gjelder mikroprosessorprogrammering). Hele eksamen varer 4 timer. Foreliggende del er ment å utgjøre ca. halvparten av hele eksamen mht. tiden kandidatene bruker.

Hjelpemidler: Ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler, men en formelsamling er gitt som vedlegg til oppgaven. Kalkulator ikke tillatt.

Hvis du mener at det i en oppgave mangler forutsetninger for løsning, skal du selv definere disse forutsetningene slik at du allikevel kan løse oppgaven.

1. (20%) Kraftbalanse (Newtons 2. lov):

$$\underline{\underline{m\ddot{x}}} = F_p + F_v - F_h \quad (1)$$

$$= \underline{\underline{Kz + F_v - D|\dot{x} - u_C|(\dot{x} - u_C)}} \quad (2)$$

Nytte av matematisk modell av et fysisk system:

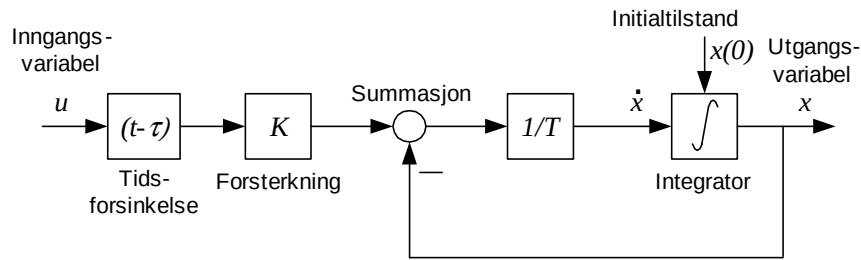
- Analyse og design basert på simulering (viktigste punkt)
 - Analyse og design basert på beregninger, manuelle eller med egnet programvare
2. (15%) Vi kan starte med å skrive differensiallikningen slik at den deriverte står alene på venstre side:

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{T} [-x(t) + Ku(t - \tau)] \quad (3)$$

Så tegner vi inn en integrator for x , dvs. at $x(t)$ er integratorens utgang og $\dot{x}$ er integratorens inngang. Så kompletterer vi blokkdiagrammet ihht. differensiallikningen. Figur 1 viser blokkdiagrammet.

Nytte av blokkdiagram av matematisk modell:

- Simulere systemet i et blokkdiagrambasert simuleringsverktøy som Simulink eller LabVIEW. (Dette er den viktigste anvendelsen.)
- Se og forstå strukturen av modellen.



Figur 1:

3. (15%) Laplacetransformasjon av den gitte modellen:

$$T[sx(s) - x_0] + x(s) = Ke^{-\tau s}u(s) \quad (4)$$

Her neglisjerer vi initialverdien x_0 , dvs. setter den lik null, når vi skal finne transferfunksjonen. Fra modellen ovenfor finner vi

$$(Ts + 1)x(s) = Ke^{-\tau s}u(s) \quad (5)$$

som gir

$$x(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1}u(s) \quad (6)$$

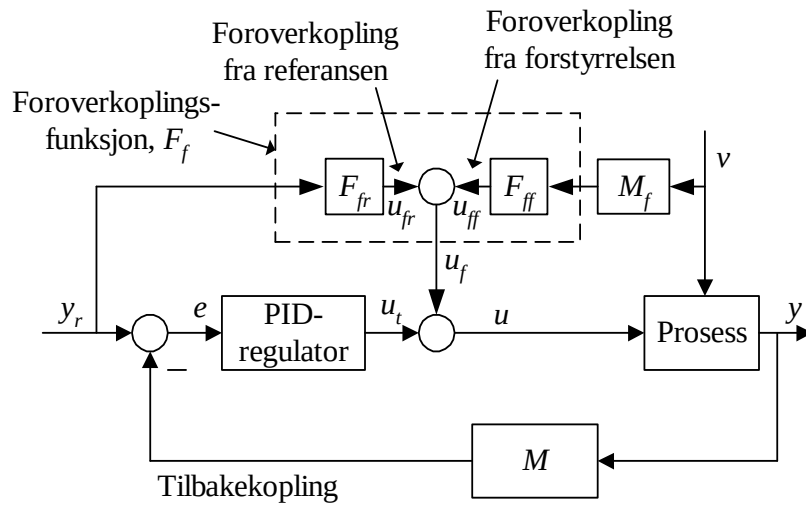
Transferfunksjonen er da

$$\underline{\underline{H(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1}}} \quad (7)$$

4. (15%) Prinsippet for foroverkopling: Ved foroverkopling er det kopling fra referansen og/eller fra forstyrrelsen direkte til pådraget, dvs. at det er kopling fra reguleringsystemets inngangssignaler til pådraget, slik at pådraget får akkurat den riktige verdien som skal til for å følge referansen og kompensere for forstyrrelser, slik at reguleringsavviket blir null (ideelt sett). Denne pådragsjusteringen er ikke avviksbasert, som ved tilbakekoplet regulering, men basert på kjennskap til prosessens egenskaper i form av en matematisk modell samt kjente (målte) verdier av referansen og forstyrrelsene. Figur 2 viser strukturen av et reguleringsystem med foroverkopling, i tillegg til tilbakekopling. (Hensikten med tilbakekoplingen er å kompensere for at foroverkoplingen i praksis ikke kan beregne perfekt pådrag, hvilket skyldes modellfeil og unøyaktige målinger.)

Eksempler på foroverkopling:

- Dynamisk posisjonering av skip (jf. prosjektoppgaven i dette faget): Foroverkopling fra målt vindstyrke (hastighet) og -retning og fra målt (eller estimert) vannstrømhastighet.



Figur 2:

- Nivåregulering (jf. eksempelet gjennomgått i forelesningene):
Anta at forstyrrelsen er væskestrømning ut av tanken, mens nivåregulatoren styrer innstrømningen via en pumpe.
Foroverkopling fra forstyrrelsen innebærer da justering av pumpe i takt med målingen av utstrømningen.

5. (20%)

- Sett regulatoren i manuell modus. Bring prosessen til eller nær ønsket arbeidspunktet ved å justere pådraget (manuelt).
- Sett $K_p = 0$, $T_i = \infty$, $T_d = 0$.
- Sett regulatoren i automatisk modus.
- Øk K_p inntil det oppstår stående svingninger i reguleringssløyfen. Denne K_p kalles kritisk forsterkning, K_{pk} . Les av periodtiden i svingningene, og kall den T_p .
- Beregn K_p og T_i ihht. Ziegler-Nichols' formel for PI-regulator:

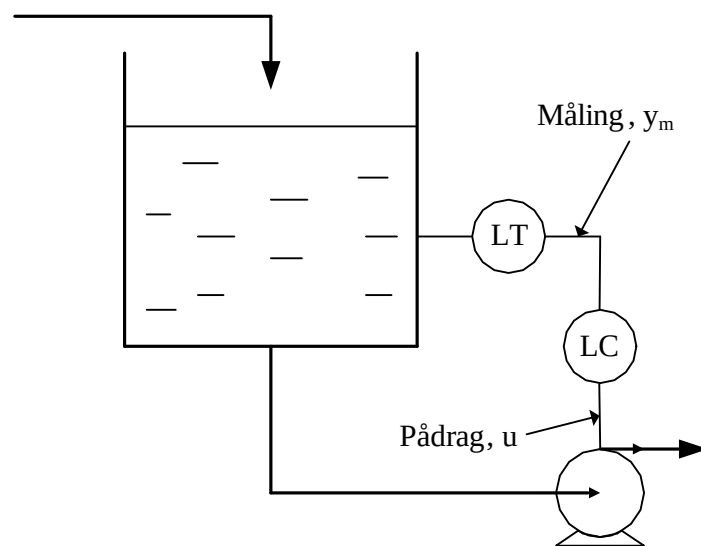
$$K_p = 0,45K_{pk} \quad (8)$$

$$T_i = \frac{T_p}{1,2} \quad (9)$$

og bruk disse parametrene i regulatoren.

6. (15%) Figur 3 viser teknisk flytskjema.

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



Figur 3: