

## Totankøving 4

Bestemmelse av regulatorparametre  
og regulering av totankprosessen<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tilhørende filer: totank4\_regulering.zip

## 1 Innledning

Anta at prosessen som skal reguleres er en 1. ordens prosess, som følger:

$$H_p(s) = \frac{H_p(0)}{1 + s\tau} \quad (1)$$

og at vi bruker en PI-regulator med transferfunksjon:

$$H_r(s) = K_p \frac{1 + sT_i}{sT_i} \quad (2)$$

Da blir den lukketsløyfe transferfunksjonen:

$$H_{cl}(s) = \frac{\frac{K_p H_p(0)}{T_i \tau} (1 + sT_i)}{s^2 + \frac{K_p H_p(0) + 1}{\tau} s + \frac{K_p H_p(0)}{T_i \tau}} = \frac{\frac{K_p H_p(0)}{T_i \tau} (1 + sT_i)}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega_0^2} \quad (3)$$

der  $\omega_0$  er udempet resonansfrekvens og  $\xi$  er relativ dempningsfaktor.

Sammenlikning av polynomene i (3) gir følgende formlere for regulatorparametrene:

$$K_p = \frac{2\xi\omega_0\tau - 1}{H_p(0)} \quad (4)$$

$$T_i = \frac{2\xi\omega_0\tau - 1}{\omega_0^2\tau} \quad (5)$$

Et anslag for reguleringsystemets responstid  $T_r$  (tiden det tar før sprangresponsen i  $y$  er nådd 63% av sin stasjonærverdi) er:

$$T_r \approx \frac{1}{\omega_0} \quad (6)$$

som kan brukes som utgangspunkt for en spesifikasjon av  $\omega_0$ . Da kan  $\xi$  velges basert på ønskede svingninger. Husk at dempningsfaktoren  $\xi$  er relatert til den prosentvise oversving (PO) ved:

$$PO = 100e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \quad (7)$$

## 2 Bestemmelse av regulatorparametre

I totankøving 3 fant du prosessens transferfunksjon for tank 1 som

$$H_{p,1}(s) = \frac{\delta h_1(s)}{\delta u_{LV001}(s)} = \frac{-3.12}{43.4s + 1} \quad (8)$$

og prosessens transferfunksjon for tank 2 som

$$H_{p,2}(s) = \frac{\delta h_2(s)}{\delta u_{LV002}(s)} = \frac{-2.396}{61s + 1} \quad (9)$$

som gjelder i følgende arbeidspunkt

- $u_{PA001,A} = 0.8$  [-].
- $u_{LV001,A} = 0.53125$  [-].
- $u_{LV002,A} = 0.56765$  [-].
- $h_{1,A} = 0.5$  [m]
- $h_{2,A} = 0.2$  [m]

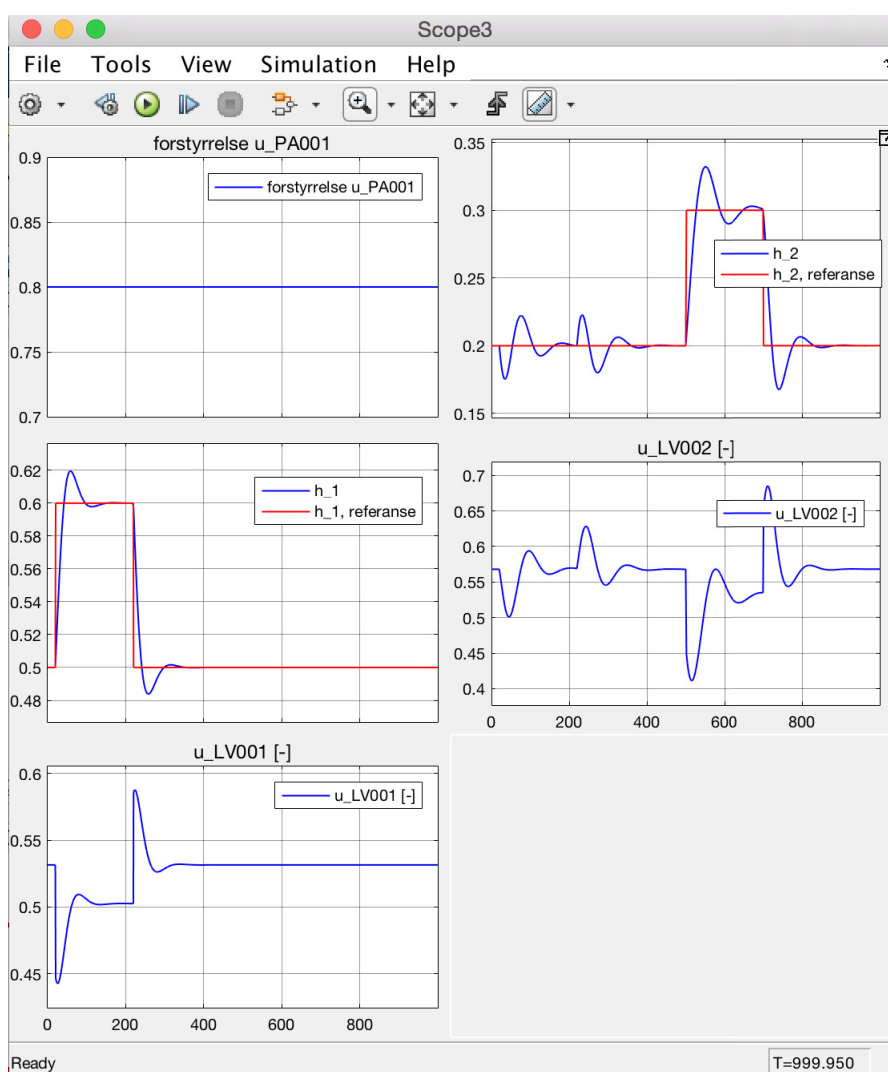
- a) Benytt polplasseringsmetoden, dvs. (4)-(5), og finn en PI-regulator for nivåregulatoren for tank 1. La reguleringsystemets responstiden  $T_{cl,1}$  være 3 ganger raskere enn prosessens tidskonstant og la responsen kunne ha inntil 10% oversving.
- b) Benytt samme metode for tank 2. La reguleringsystemets responstiden  $T_{cl,2}$  være 4 ganger raskere enn prosessens tidskonstant og la responsen kunne ha inntil 20% oversving.
- c) Last ned filen `totank4_regulering.zip` fra Canvas, og åpne enten `totank4_regulering_offline_2016b.zip` eller `totank4_regulering_offline_2018b.zip`. Sett inn regulatorparameterene du har beregnet og kjør datafilen `totank_data.m`. Sjekk at initialverdiene til integratoren i regulatoren er arbeidspunktverdiene  $u_{LV001,A}$  og  $u_{LV002,A}$ .

### 3 Regulering av totankprosessmodell offline

Du skal først teste ut på offlinemodellen at regulatorparametrene gir forventet respons, og deretter bekrefte resultatet på selve totanken i neste kapittel..

#### 3.1 Følgeegenskaper

- Dobbelklikk på bryterne slik at sprangene i referansene velges. La pumpen gå med "konstant turtall".
- Simuler modellen. Da bør du få en respons som ligner på figur 1.

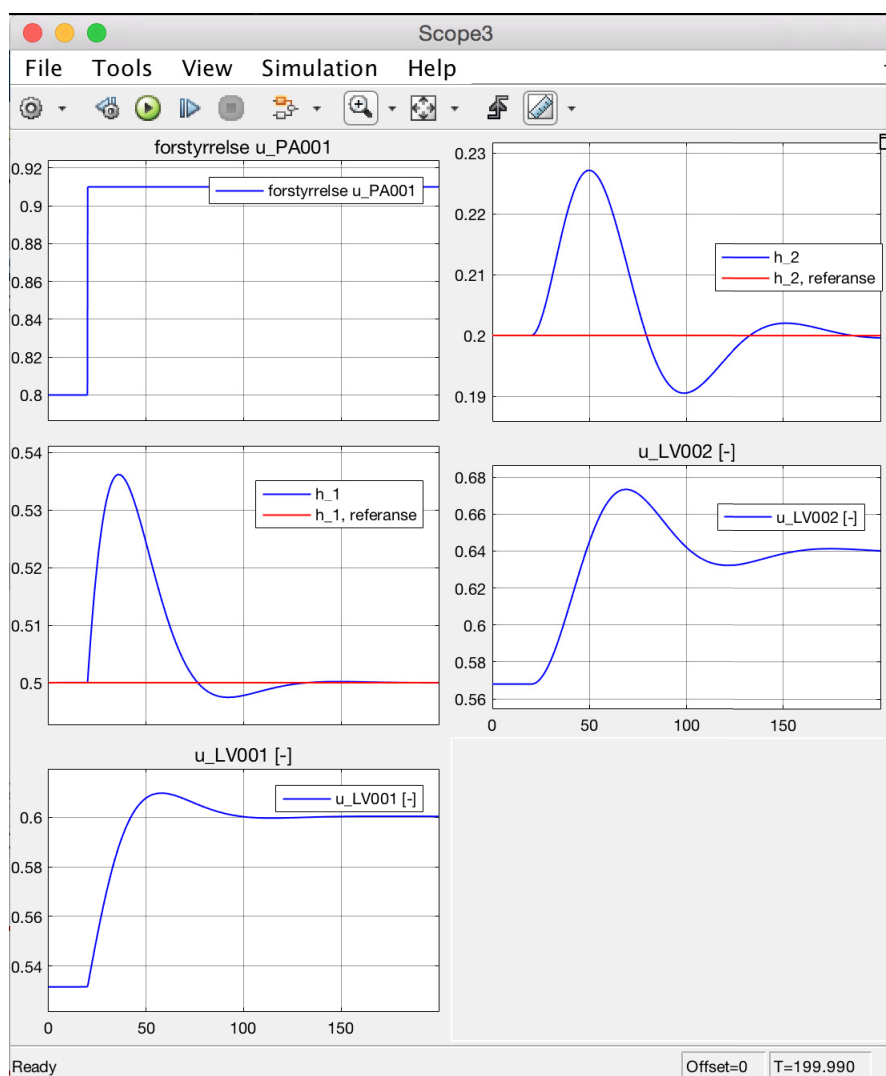


Figur 1: Respons fra modellen i høydene  $h_1(t)$  og  $h_2(t)$  ved sprang i referansene.

- c) Regn ut de lukkede sløyfe transferfunksjonene  $H_{cl,1}(s)$  for tank 1 og  $H_{cl,2}(s)$  for tank 2.
- d) Er responstidene  $T_{cl,1}$  og  $T_{cl,2}$  og oversvingene som forventet? Hvorfor stemmer det ikke helt? Tips: Løsningen ligger i strukturen i  $H_{cl,1}(s)$  og  $H_{cl,2}(s)$ .

### 3.2 Kompenseringsegenskaper

- a) Dobbelklikk på bryterne slik at høyde-referansene er konstante. La pumpens pådrag være som et sprang. Endre stopptiden for simuleringen til 200 sekund.
- b) Simuler modellen. Da bør du få en respons som ligner på figur 2.



Figur 2: Respons fra modellen i høydene  $h_1(t)$  og  $h_2(t)$  ved sprang i forstyrrelsen.

## 4 Regulering av totankprosess i sanntid (online)

Nå som du har funnet gode regulatorparametre offline, er det på tide å sjekke at du får samme respons online.

### 4.1 Følgeegenskaper

- a) Start opp totankprosessen på E-459 og åpne filen `totank4_regulering_online_2018b.slx`. Denne er identisk med offline-varianten, men er tilrettelagt for kommunikasjon med prosessen.
- b) Sett inn regulatorparameterene du har beregnet.
- c) Dobbelklikk på bryterne slik at begge referansene samt pumpepådraget er konstant. Trykk play-knappen.
- d) Siden tankene er tomme, må tankene fylles opp først. Det betyr i praksis at prosessen enda ikke er kommet i arbeidspunktet, men vi ønsker at spranget i referansen for tank 1 skal gå ved  $t = 20$  sekund. For å få dette til, må du restarte kjøringen når prosessen har stabilisert seg på referanseverdiene. Dette vil fungere fordi pumpen går og ventilene står i ro selv når du koplek fra.  
Når nivåene har stabilisert seg, avles stasjonært pådrag  $u_{LV001,A}$  og  $u_{LV002,A}$  og stopp kjøringen. Sett de stasjonære pådragene som initialverdi i PID-blokkene (slik at du unngår at det begynner å svinge når du koplek til igjen).
- e) Kople til og start prosessen på ny. Dobbelklikk på bryterne slik at sprangene i referansene kjøres. Du har 20 sekund på deg før spranget i referanse til tank 1 går. Sammenlign responsen med figur 1. Blir det som forventet? Ta med utskrift av scopet i innleveringen.
- f) Etter at spranget i referansen til  $h_2(t)$  er gitt (etter 500 sekund), hender det av og til at en nivåendring i tank 2 påvirker nivået i tank 1. Dersom du opplever dette, kan du finne en forklaring på hvorfor? Avhengigheten mellom nivåene er jo egentlig motsatt vei.

### 4.2 Kompenseringsegenskaper

- a) Endre stopptidspunktet til 200 sekund. Gjenta prosedyren over, men la referansene være konstante mens du benytter et sprang i pumpen for å verifisere resultatet kompenseringsegenskapene i figur 2.