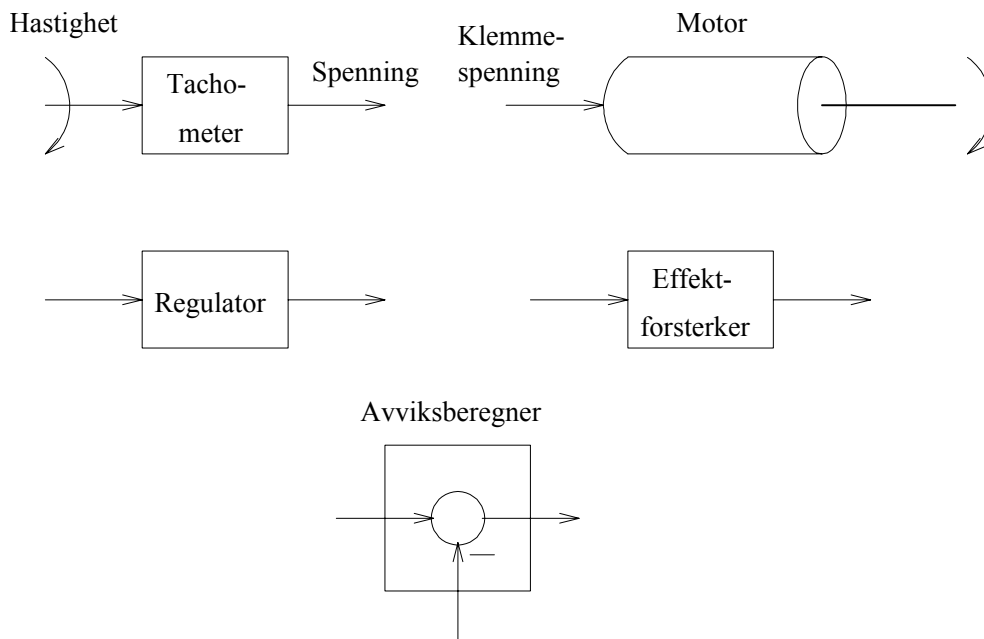


Oppgave 0.1 Hvilke variable skal reguleres?

Nevn 5 variable som du vet eller antar kan være gjenstand for regulering i industrianlegg.

Oppgave 0.2 Blokkdiagram for turtallsreguleringssystem

Figur 1 viser de delene som et hastighetsreguleringssystem for en elektrisk motor kan bestå av. (Det er motorens vinkelhastighet som skal reguleres.)



Figur 1: Oppgave 0.2: Hastighetsreguleringssystemets deler

“Sy” delene sammen slik at de utgjør et (tilbakekoplet) hastighetsreguleringssystem.

Oppgave 0.3 Teknisk flytskjema og blokkdiagram for reguleringssystemer

Tegn blokkdiagram for et reguleringssystem for hver av prosessene angitt nedenfor. Tegn også teknisk flytskjema (TFS) i de oppgavene dette er angitt. Prosessutgangen (den variabelen som skal reguleres) er angitt i parentes. Gjør selv nødvendige antakelser.

1. Robotarm drevet av en elektrisk motor (armens posisjon).

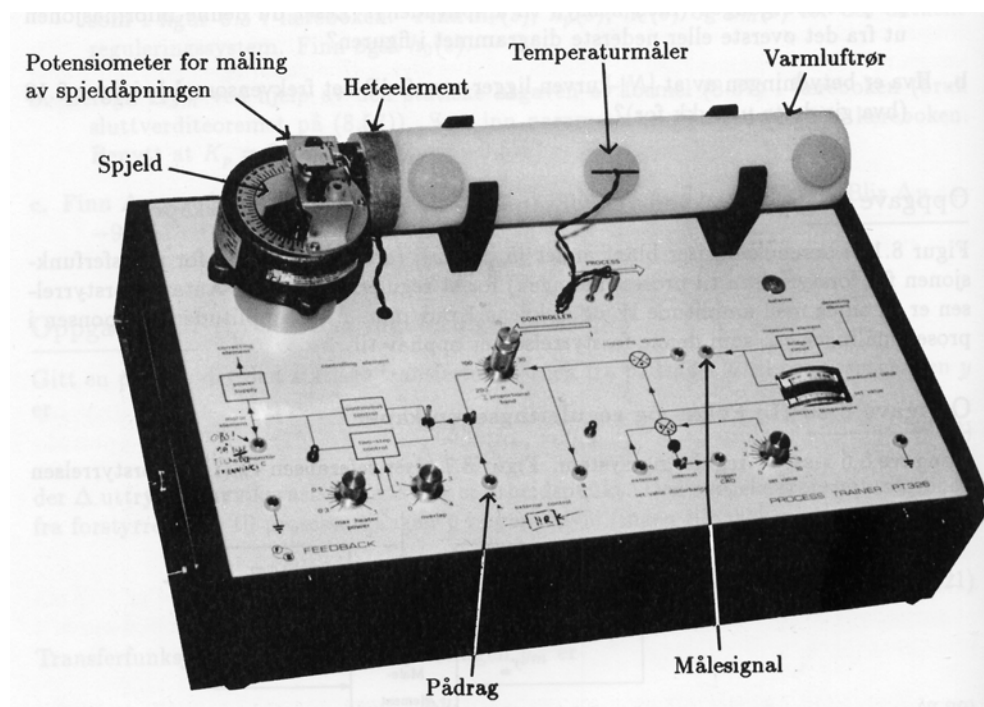
2. Varmeveksler der produktet skal varmes opp av damp (bruk instrumenteringssymboler vist i vedlegg A i læreboken).
3. Undervisning (studenters kunnskaper, holdninger og ferdigheter). Tegn kun blokkdiagram.

Oppgave 0.4 *Fra PB til K_p*

Det er oppgitt at en regulator er innstilt med proporsjonalbånd lik 250%. Hva er verdien av regulatorens forsterkning K_p ?

Oppgave 0.5 *Statisk ytelse for temperaturreguleringssystem*

Figur 2 viser et varmluftrør. En vifte med konstant hastighet blåser luft

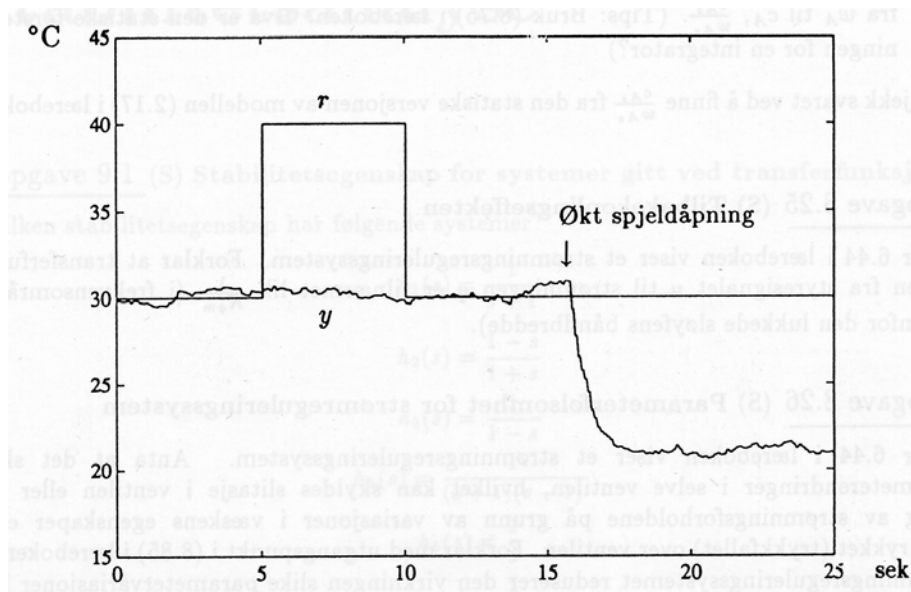


Figur 2: Oppgave 0.5: Varmluftrør. (Process Trainer PT 326, Feedback Systems)

gjennom røret. Spjeldåpningen kan varieres manuelt. Luften varmes opp av et heteelement. Prosessens pådrag u er spenningssignalet som styrer effekten tilført heteelementet. Temperaturen måles med en termistor, som er en varmfølsom motstand. Som regulatoren kan man benytte den

interne (analoge) regulatoren på selve prosessboksen eller man kan kople en ekstern regulator til bøsningene for “pådrag” og “målesignal”.

Figur 3 viser responsen i temperaturen y etter et sprang i referansen og etter et sprang i spjeldåpningen, som vi kan betrakte som en forstyrrelsesendring. I dette eksperimentet er det *ikke* brukt regulering med



Figur 3: Oppgave 0.5: Responsen i temperaturen y etter et sprang i referansen r og et sprang i spjeldåpningen. Prosessen styres med fast pådrag (uten tilbakekopling).

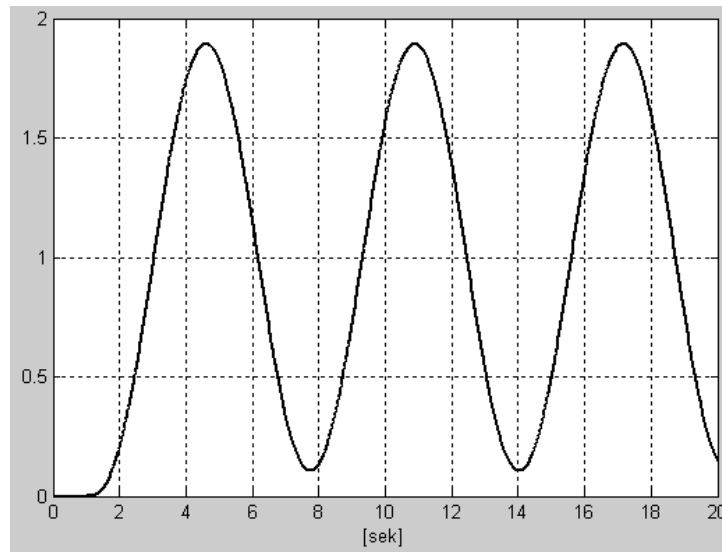
tilbakekopling. I stedet består pådraget kun av pådragsbiasen u_0 som er manuelt innstilt slik at det initielt er tilnærmet null reguleringsavvik. u_0 holdes konstant.

1. Tegn et blokkdiagram av reguleringssystemet.
2. Forklar hvorfor det ikke er noen respons i y etter spranget i referansen i eksperimentet beskrevet ovenfor. Og hvorfor *er* det en respons etter spranget i spjeldåpningen?
3. Anta at temperaturen reguleres med en P-regulator. Skisser den prinsipielle responsen i y etter sprang i referansen og i spjeldåpningen. (Hint: Det nominelle pådraget har ikke en korrekt verdi etter spranget i temperaturreferansen, og heller ikke etter spranget i spjeldåpningen/forstyrrelsen. Hva blir da det statiske reguleringsavviket?)

4. Som i deloppgave 3, men la nå regulatoren være en PID-regulator.

Oppgave 0.6 Ziegler-Nichols' lukket sløyfe-metode

En prosess skal reguleres ved hjelp av tilbakekopling og PID-regulator. Figur 4 viser de stående svingningene i prosessmålingen ved Ziegler-Nichols' lukket-sløyfe-metode. Regulatorforsterkningen er da



Figur 4: Oppgave 0.6: Stående svingninger ved Ziegler-Nichols' lukket-sløyfe-metode

$$K_p = 2,0.$$

Finn parametrene i PID-regulatoren ut fra Ziegler-Nichols' lukket-sløyfe-metode.

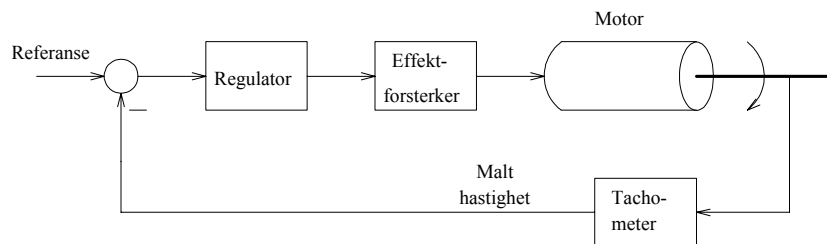
Løsninger

Løsning 0.1

- Trykk
- Temperatur
- Nivå
- Kvalitet (gjerne i form av konsentrasjon)
- Turtall (rotasjonshastighet)

Løsning 0.2

Figur 5 viser hastighetsreguleringsystemet.



Figur 5: Løsning 0.2: Komponent-blokkdiagram for hastighetsregulerings-systemet

Løsning 0.3

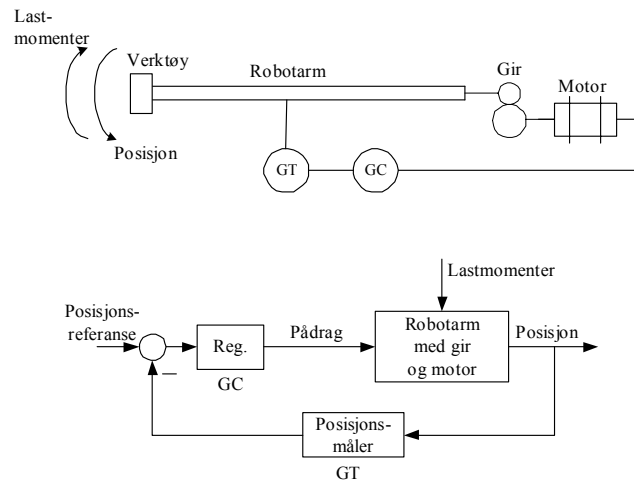
1. Robotarm: Se figur 6.
2. Varmevexler: Se figur 7.
3. Forelesninger: Se figur 8.

Løsning 0.4

$$\underline{\underline{K_p}} = \frac{100}{PB} = \frac{100}{250} = \underline{\underline{0,4}} \quad (1)$$

Løsning 0.5

1. Blokkdiagrammet er vist i figur 9.



Figur 6: Løsning 0.3: Posisjonsservo for motor

2. Siden u_0 , som er konstant, ikke påvirkes av referansen, blir pådraget konstant, og referansen kan da ikke påvirke temperaturen. Endringen (økningen) av spjeldåpningen derimot vil påvirke temperaturen da det med økt åpning slippes inn mer kald luft slik at temperaturen synker.
3. P-regulatoren reduserer det statiske avviket sammenliknet med åpen sløyfe-regulering, men avviket blir forskjellig fra null, se figur 10.
4. PID-regulatoren gir null statisk (midlere) avvik, se figur 11.

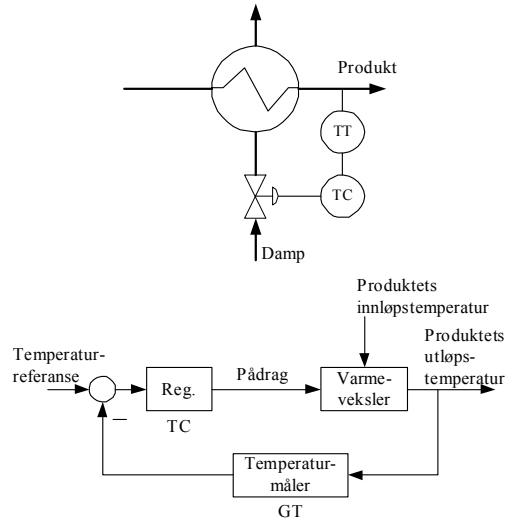
Løsning 0.6

Kritisk forsterkning er $K_{pk} = 2,0$. Avlesning i figur 4 viser at kritisk periode T_p er ca. 6,3 sek. PID-parametrene blir da som følger (jf. tabell 4.1 side 97 i læreboka):

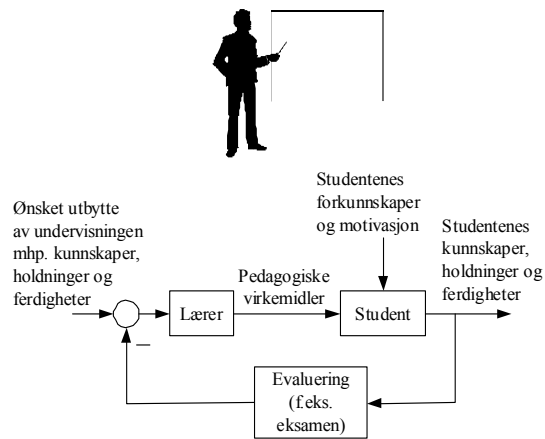
$$\underline{\underline{K_p}} = 0,6 \underline{\underline{K_{pk}}} = \underline{\underline{1,2}} \quad (2)$$

$$\underline{\underline{T_i}} = \frac{T_p}{2} = \underline{\underline{3,15s}} \quad (3)$$

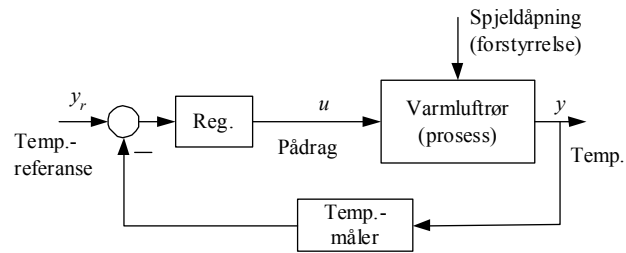
$$\underline{\underline{T_d}} = \frac{T_p}{8} = \underline{\underline{0,79s}} \quad (4)$$



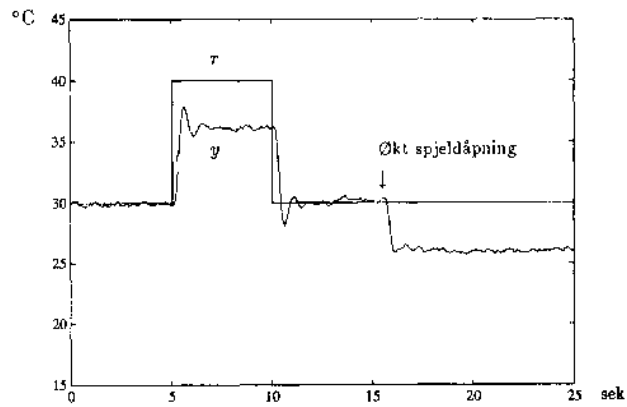
Figur 7: Løsning 0.3: Regulert varmeveksler



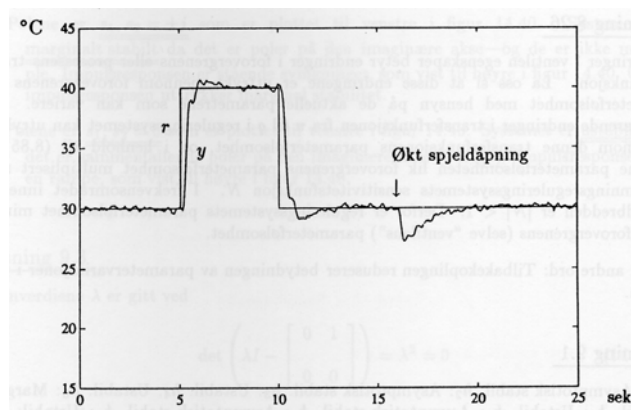
Figur 8: Løsning 0.3: Regulering av undervisningsprosessen



Figur 9: Løsning 0.5: Blokkdiagram av temperaturreguleringssystem



Figur 10: Løsning 0.5: Responser i temperaturen y med P-regulator



Figur 11: Løsning 0.5: Responser i temperaturen y med PID-regulator