1-1

PROSEDYRE FOR DESIGN AV REGULERINGSSYSTEM.

1. Definere reguleringsønsket (Hvorfor regulere?)

2. Klassifisere variable
   Pådrag (u)
   Forstyrrelser (d)
   Utganger (y) + målinger

3. Prosessbeskrivelse
   - flytskjema
   - prosessmatrise (kvalitativ)
   - transfermatrise (kvantitativ, med tall, se fag 52041)

		UTGANGER: T	q
PÅDRAG	q_c	−	+
	q_H	+	+

Eksempel dusj

4. Reguleringsstruktur
   - foroverkobling | tilbakekobling
   - parring av variable
   - evt. kaskader (utgang fra en sløyfe er setpunkt for en annen)

5. Reguleringsalgoritme
   - f.eks. PID, av/på-regulator, modellbasert prediktiv regulering (MPC), etc

6. Implementasjon
   - I dag: Vanligvis datamaskin + "koble sammen" målinger og aktuatorer

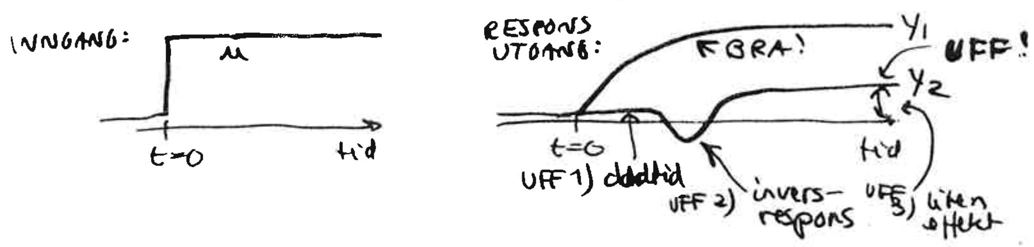
KJEMI-INGENIØREN: PKT. 1-4
Det viktigste: prosessforståelse

1-2 ARK 1

REGLER FOR PARRING AV VARIABLE / REG. STRUKTUR.

HOVEDREGEL: "PARR NÆRT"

a) Responsen (mellom variablene) bør være <u>rask</u>, <u>kraftig</u> og <u>entydig</u> (UNNGÅ dødtid og inversrespons!)



b) Pådraget bør helst gi respons kun i <u>en</u> utgang (for å unngå <u>interaksjon</u> mellom sløyfene)

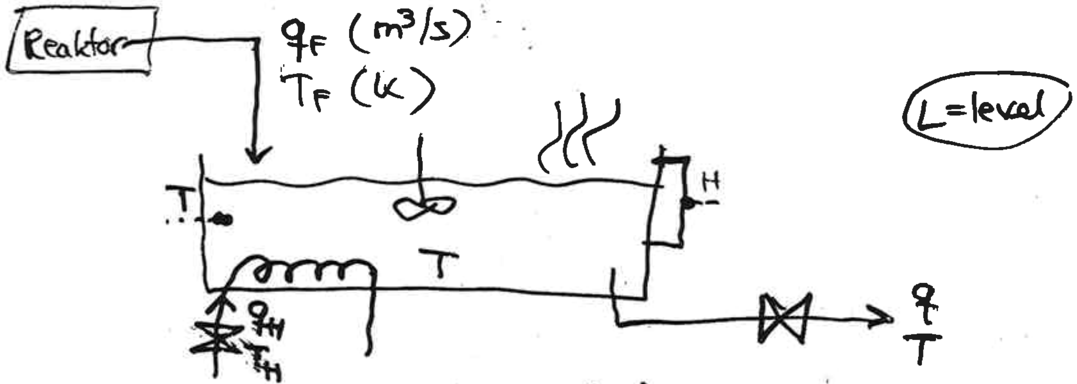
c) Målingen av utgangen må være <u>rask</u> og <u>nøyaktig</u>. Det bør ligge så nær pådrag og viktige forstyrrelser som mulig (bruk evt. kaskade basert på <u>ekstra</u> lokale målinger).

d) Systemet bør være enkelt (<u>ikke</u> overdriv foroverkobling og kaskade)

e) "Opplagte" sløyfer (f.eks. for nivå og trykk) bør lukkes først (eliminasjonsmetoden) før du bruker for mye tid på å lage prosessmatriser etc.

Eksempel 2.

Oppvarming / buffertank.



1. Ønske: Holde nivå (H) ≈ konstant
   + holde temp (T) på gitt verdi

2. Klassifisere variable

   uavh. var { Pådrag (u):
   Forstyrrelser (d)

   avh. var. { Utganger (y): ← Variable med ønsket setpunkt (
   { Målinger:

3. Prosessmatrisen

	Utgang
Pådrag	

4. Reguleringsstruktur. (tilbakekobling)

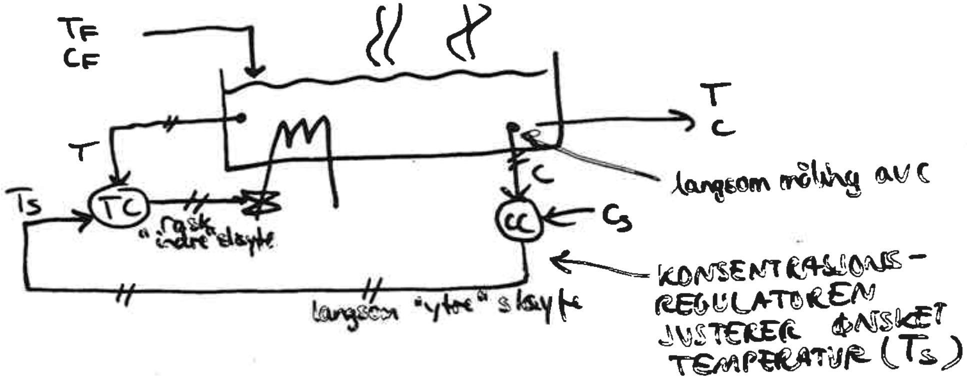
   "Parring" er opplagt pga. 0'er i prosessmatrisen.

   $q_H \leftrightarrow T$

   $q \leftrightarrow H$

Eksempel 2: Kaskaderegulering

- Anta at det skjer en samtidig avdampning i tanken, dvs. man har en oppkonsentrering
- Det virkelige reguleringsønsket (primær utgang) er $y = c$ [mol/l] (og ikke temperatur)
- Men målingen av c er langsom.
- Derimot er målingen av $y' = T$ (°C) rask, og siden det er en nær sammenheng mellom T og c, kan man bruke $y' = T$ som en sekundær måling og innføre kaskaderegulering:



Generelt prinsipp kaskade

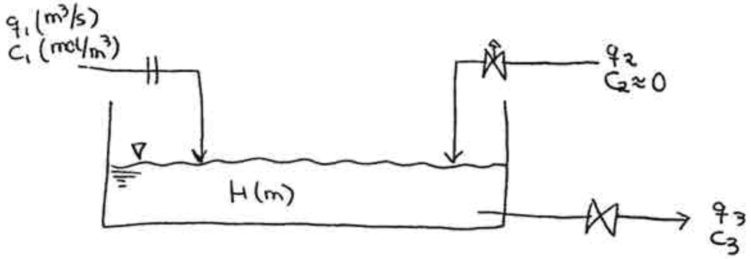
A. Rask indre sløyfe der sekundær utgang y' (temperatur i eksempelet) holdes konstant. Denne sløyfen kompenserer virkningen av raske forstyrre

B. Langsommere ytre sløyfe som justerer setpunktet i den indre sløyfen (setpunkt for temperatur T_s i (ved å justere y_s' kan det primære reguleringsønsket oppfylles, $y = y_s$). ($c = c_s$ i eksempelet).

LØSNING

Eksempel 3. Blanding av strømmer
=OPPG. 1 PÅ ØVING

①



1. Ønske: Holde utkonsentrasjon (c_3) og nivå (H) på gitt verdi
2. Klassifisering variable:
   Pådrag:
   Forstyrrelser:
   Utganger:
   Målinger:
3. Prosessmatrise

Pådrag	
Forst.	

4. Reguleringsstruktur

A) Bruk av tilbakekobling:
- Må opplagt parre med (har ingen effekt på)
- Må da parre med .
- Se figur (tegn inn!)

②

Kommentarer

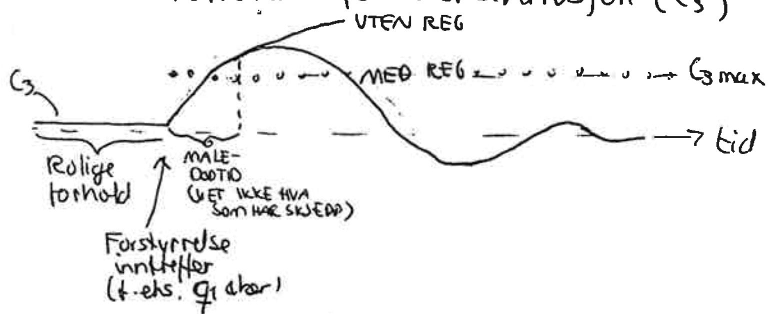
1. Interaksjon.

	H	c_3
q_2	+	(−)
q_3	(−)	0

For interaksjon dersom koblingsleddene er stor. Her: Ett element er null, dvs. kun "enveis" interaksjon (Ufarlig). "Toveis" interaksjon kan gi ustabilitet.

2. Interaksjonen vil være liten dersom q_2 er en liten strøm, siden q_2 da har liten effekt på H:
$$q_2 \xrightarrow{(+)} H$$

3. Systemet fungerer dårlig dersom det er dødtid i måleinstrumentet for konsentrasjon (c_3)



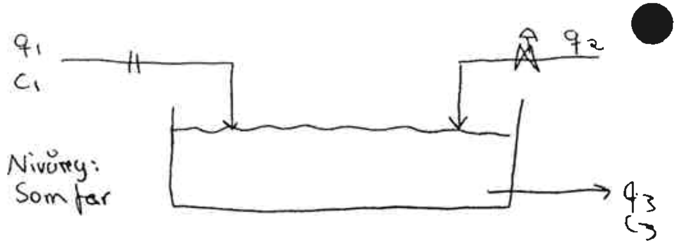
Tiltak: Bruke foroverkobling (Perfekt modell: c_3 endres ikke)

B) Foroverkobling (her: forholdsregulering)

Idé: q_2/q_1 må holdes tilnærmet konstant $(= (q_2/q_1)_s)$
Siden q_1 kan måles kan vi bruke foroverkobling:

(kommentar: Hvis også c_1 kan variere og kan måles bør mer komplisert foroverkobling basert på å holde $c_3 = \frac{q_1 c_1 + q_2 c_2}{q_1 + q_2} = \frac{c_1}{1 + \frac{q_2}{q_1}}$ ($c_2 \approx 0$) konstant benyttes)

2-3 (3)



Problem med kun foroverkobling: Ikke selvkorrigerende, dvs. c_3 vil etter hvert "drive vekk" pga. umålte forstyrrelser

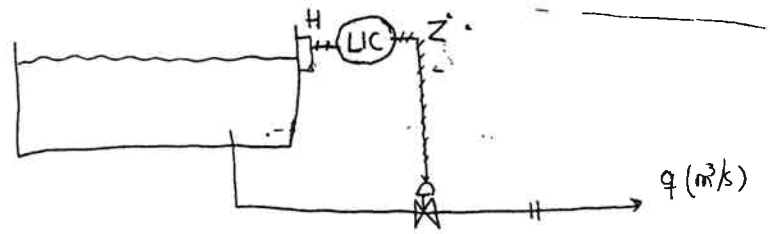
Løsning: Bruk også tilbakekobling basert på å måle c_3. Det enkleste er å bruke denne sløyfen til å oppdatere $(q_2/q_1)_{ønske}$ $(=(q_2/q_1)_s)$.

Dette er et eksempel på kaskaderegulering:

- En indre sløyfe (her foroverkoblingen) brukes for rask respons
- En ytre sløyfe (her tilbakekoblingen) justerer/oppdaterer parametrene i den indre sløyfen
- Kaskade brukes generelt når vi har flere målinger (her: c_3 og q_1) og ett pådrag (her: q_2).

C) Kaskade brukes ofte med kun tilbakekoblinger

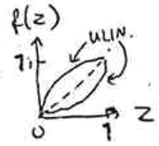
eks: Nivåreg.



(1) 2-4

- Som tegnet her er det ventilposisjon (z) som er pådraget, mens utstrømmen er gitt ved

$$\underset{(m^3/s)}{q} = \underbrace{C_V}_{\text{Ventilkonstant}} \cdot \underbrace{f(z)}_{\text{Ventilkarakteristikk}} \cdot \sqrt{\Delta p_V}$$



Problem: 1) $f(z)$ ofte ulineær; dvs. effekt av z på q er funksjon av last (mengde)

2) Δp_V (= trykkfall ventil) påvirkes av oppstrøms trykk (f. eks. nivå) samt nedstrøms trykk. Gir uønskede forstyrrelser i q.

- Vi ønsker egentlig å ha q som "pådrag"
- Løsning: Mål q og bruk kaskade. Den ytre 'Nivåsløyfen "setter" da q_s (istedet for z).
  q_s ← ønsket

(se figur)

Den indre mengdesløyfen sørger for at $q \approx q_s$.

- I eksemplet over bør slik kaskade benyttes både for q_2 og q_3.
- kommentar: Kaskader er basert på "desentralisert indre! selvstyre" prinsippet om "desentralisert" med visse "langsiktige" ønsker gitt utenfra.
- Effektiv måte å "isolere" forstyrrelser og kvitte seg med ulinearitet.
- MERK: Når en sløyfe lukkes brukes en frihetsgrad (pådrag) opp. ← z_3 i eks. over
  Samtidig blir settpunktet (ønsket verdi) for utgangen ny fri variabel. ← q_{3s} i eks. over
  Denne "fri variablen" kan da sees på som et "pådrag" for sløyfen over.
  Slik kan mange nivåer av kaskade bygges opp: Man starter med "raske indre sløyfer" og bygger på med mer langsomme "høyverdige" sløyfer.

DYNAMIKK AV 1.ORDENS SYSTEM (SPRANGRESPONS)

Differensiallігning på formen

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{y}{\tau} + b \quad , \quad y(0) = y_0 \qquad (*)$$

Som oftest beskriver dette et system som er "i ro" frem til $t=0$ hvor det skjer en sprangvis endring i konstanten b. Ofte er $b\tau = ku(t) + y_0$ og endringen i b skyldes et sprang i u: $u(t)$ Δu $t=0$

Løsning av $(*)$

$$y(t) = y(0)\,e^{-t/\tau} + b\tau\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

eller i "avviksvariable" (merk at $y(\infty) = b\tau$)

$$\underbrace{\Delta y(t)}_{y(t)-y(0)} = \underbrace{\Delta y(\infty)}_{y(\infty)-y(0)} \left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

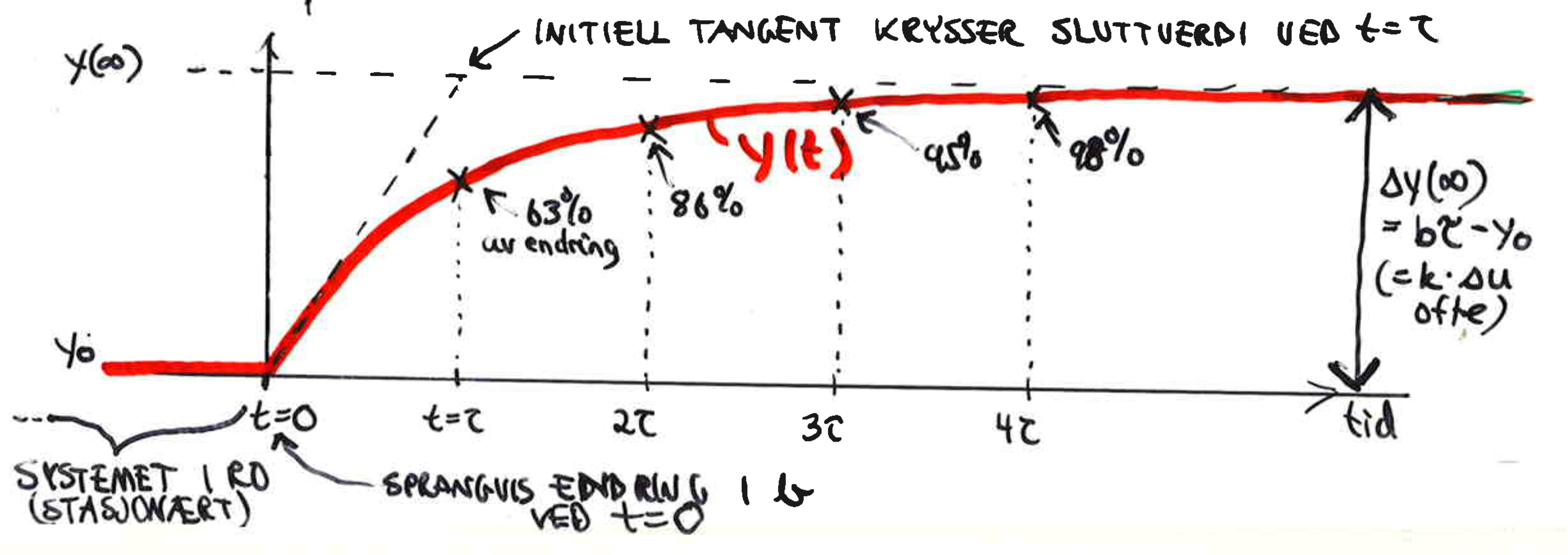
Bevis v/ sep. av variable: $\frac{dy}{dt} = -\frac{y}{\tau} + b \Rightarrow \frac{dy}{y-b\tau} = -\frac{dt}{\tau}$

$\Rightarrow \int_{y_0}^{y} \frac{dy}{y-b\tau} = -\int_0^t \frac{d\tau}{\tau} = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \ln\frac{y-b\tau}{y_0-b\tau} = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow y = y_0 e^{-t/\tau} + b\tau\left(1-e^{-t/\tau}\right)$ q.e.d.

t/τ	$\left(1-e^{-t/\tau}\right)$
0	$1-e^{0} = 0$
1	$1-e^{-1} = 0.63$
2	$1-e^{-2} = 0.86$
3	$1-e^{-3} = 0.95$
4	$1-e^{-4} = 0.98$
∞	1

← 63% av endringen nås når $t=\tau$ (tidskonstanten)

← 98% av endringen nås når $t=4\tau$



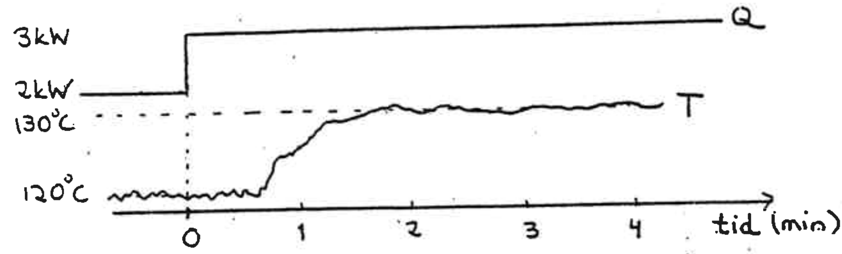
4-3

EKSTRA-OPPGAVE

Eksamen i fag 520 20 Kjemiteknikk 2, 31. mai 1991

INNSTILLING ("TUNING") AV PID-REGULATOR

d)



Du har fått i oppgave å stille inn en regulator for å holde temperaturen (T) i en tank konstant ved bruk av elektrisk effekt (Q). Resultatet av et sprangresponsforsøk er vist i figuren.

a) Bestem prosessens dødtid (θ), tidskonstant (τ) og forsterkning (k).

b) For slike prosesser med dødtid brukes ofte PID-regulatorer.

Hva kalles parametrene τ_I, τ_D, k_c? Bestem rimelige verdier i ditt tilfelle.

Kommentar: Det tar tiden $\tau + \theta$ før responsen når 63% av sin endelige verdi. Forsterkning: $k = \Delta T(t = \infty)/\Delta Q$.