

Föreläsning 10

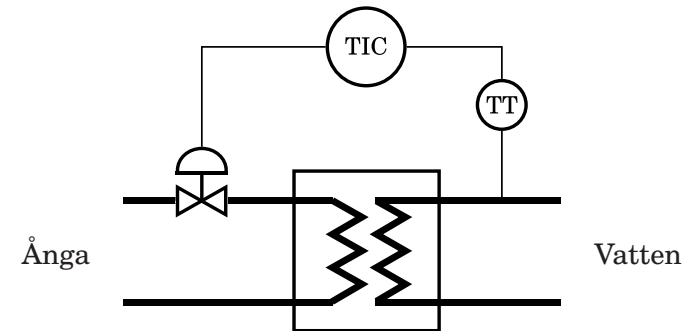
Regulatorstrukturer

- Kaskadreglering (*cascade control*)
- Framkoppling (*feedforward*)
- Mitthållning (*mid-range control*)
- Kvotreglering (*ratio control*)
- Dödtidskompensering (*deadtime compensation*)

Rekommenderad läsning: *Process Control*: 6.1–6.6

Kaskadreglering

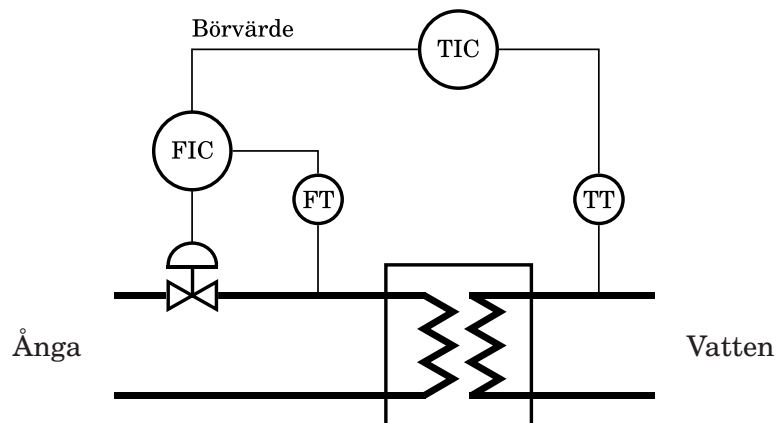
Exempel: reglering av värmeväxlare



Regleringen kan bli dålig om

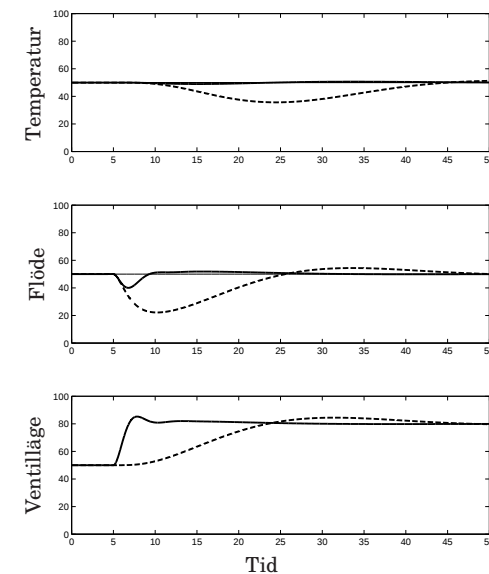
- ventilen är olinjär
- ångtrycket på primärsidan varierar

Med kaskadreglering:

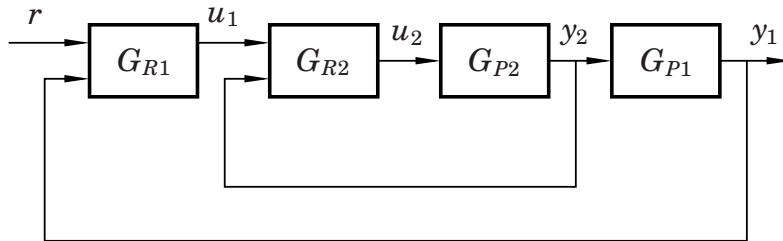


- Den inre reglerkretsen ser till att ångflödet regleras
- Börvärdet till flödesregulatorn ges av styrsignalen från temperaturregulatorn

Simulering med kaskadreglering (heldragen) och utan (streckad); störning i ångtrycket vid $t = 5$:



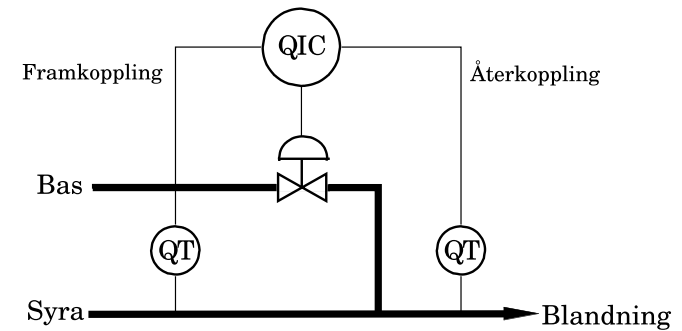
Kaskadreglering – blockschema



- Primärregulatorn G_{R1} reglerar y_1
- Sekundärregulatorn G_{R2} reglerar y_2
 - Inre loopen görs typiskt snabb i förhållande till yttre loopen
 - Räcker ofta med P-regulator i inre loopen

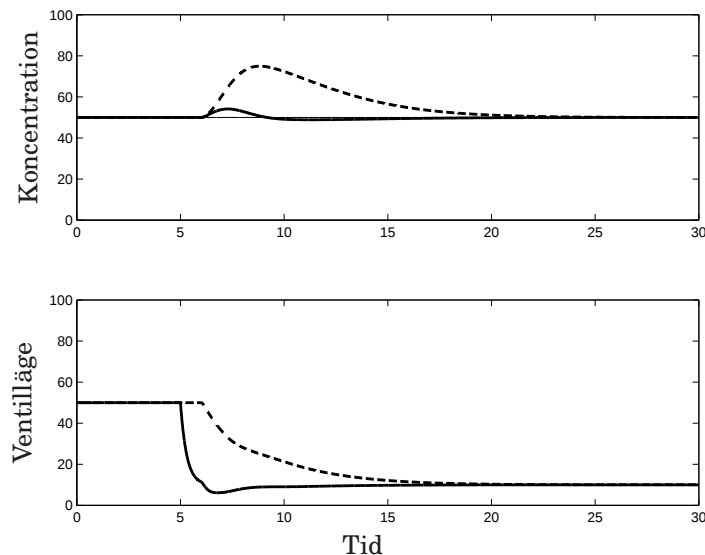
Framkoppling

Exempel: koncentrationsreglering

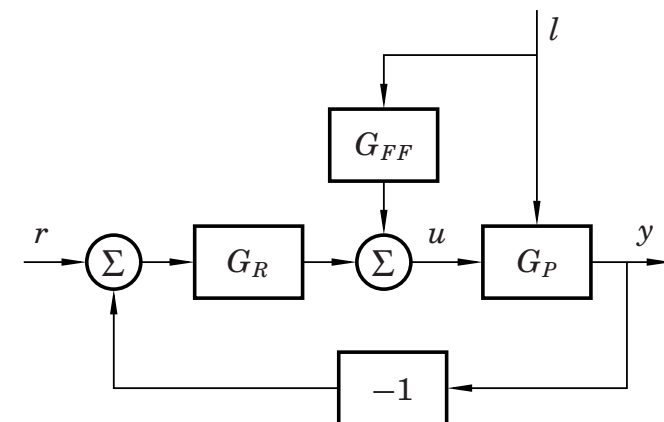


- Framkopplingen kan kompensera för plötsliga ändringar i syrakoncentrationen

Simulering med framkoppling (heldragen) och utan (streckad); störning i syrakoncentrationen vid $t = 5$:

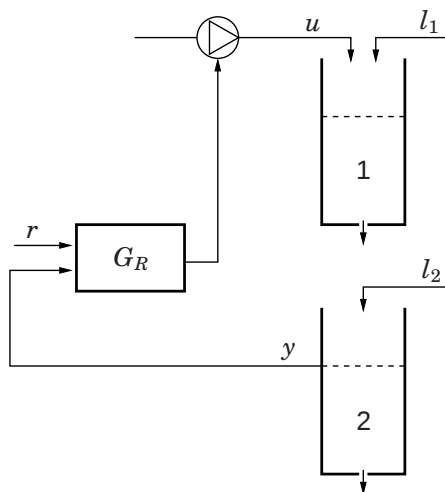


Framkoppling – blockschema

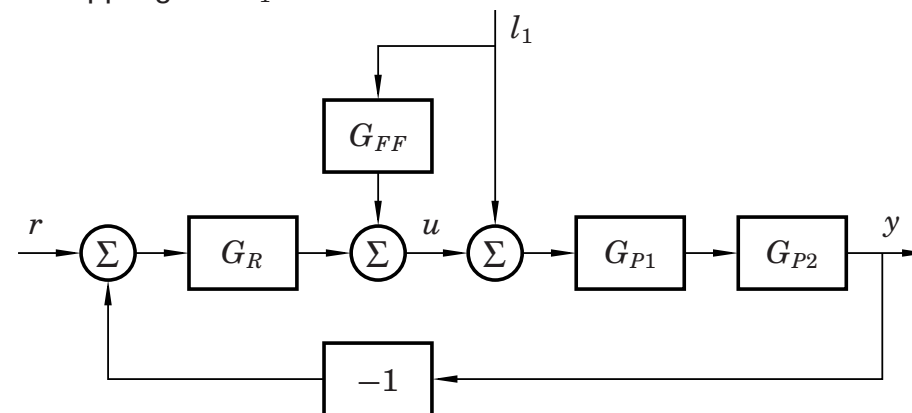


Hur välja G_{FF} ? Beror på var i processen störningen kommer in.

Exempel: reglering av undre tanken

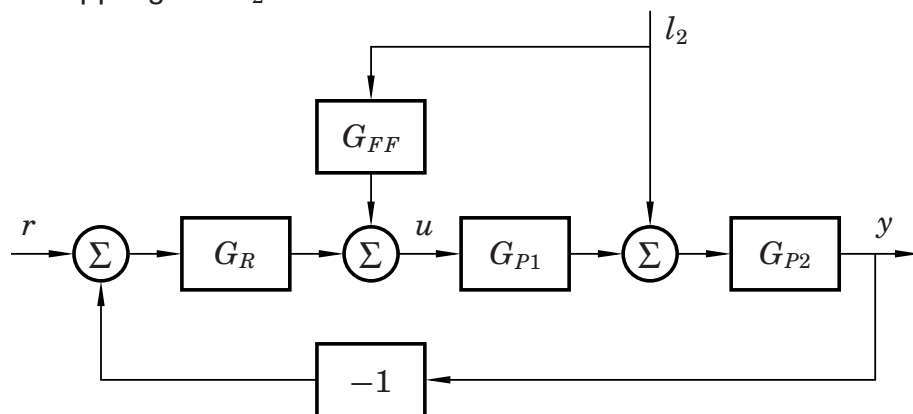


Framkoppling från l_1 :



Välj $G_{FF} = -1$ för att eliminera inverkan av störningen

Framkoppling från l_2 :



Välj $G_{FF} = -\frac{1}{G_{P1}}$ för att eliminera inverkan av störningen

Implementering av framkoppling

Inversen $\frac{1}{G_{P1}}$ kan vara problematisk att implementera

Exempel:

$$G_{P1} = \frac{1}{1 + sT}$$

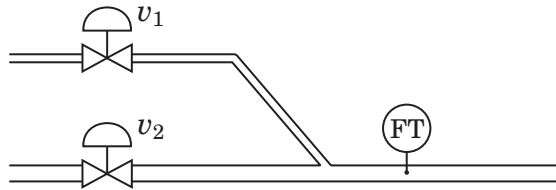
$$\frac{1}{G_{P1}} = 1 + sT \quad (\text{innehåller en derivering})$$

Vanliga lösningar:

- Inför ett lågpasfilter (jmf D-delen i PID-regulatorn)
- Implementera bara den statiska förstärkningen

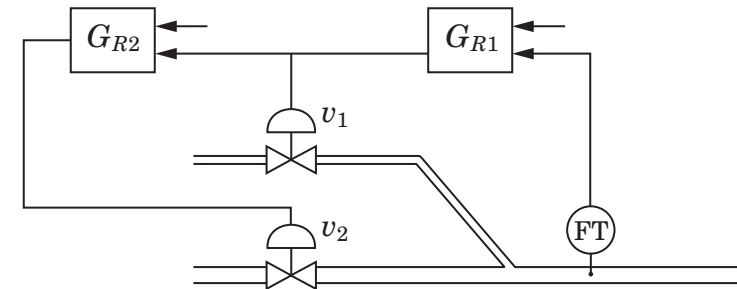
Mitthållning

Exempel: flödesreglering med två styrventiler



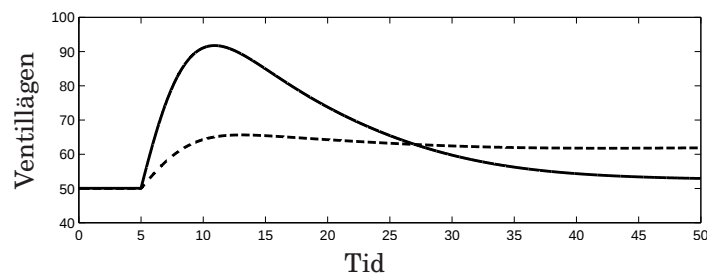
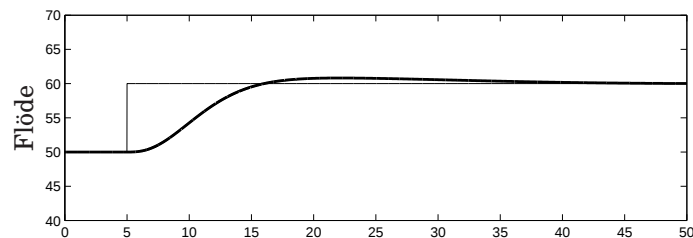
- Ventilen v_1 är liten och har stor noggrannhet
 - stor risk för mättning
- Ventilen v_2 är stor men har sämre noggrannhet
- Hur låta dem samarbeta på bästa sätt?

Mitthållning:

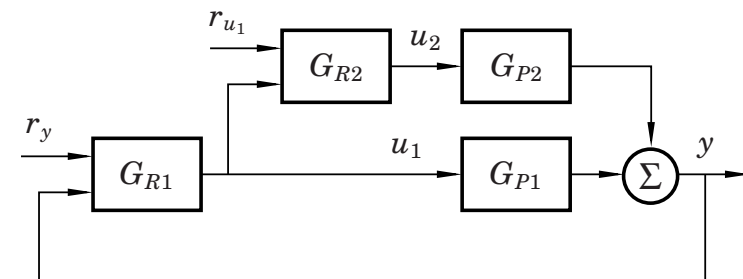


- Snabb regulator G_{R1} reglerar flödet med lilla ventilen v_1
- Långsam regulator G_{R2} justerar stora ventilen v_2 så att v_1 hålls i mitten av sitt arbetsområde

Simulering av mitthållning: stora ventilen (streckad) hjälper till att hålla lilla ventilen (heldragen) vid 50% och undvika mättning



Mitthållning – blockschema



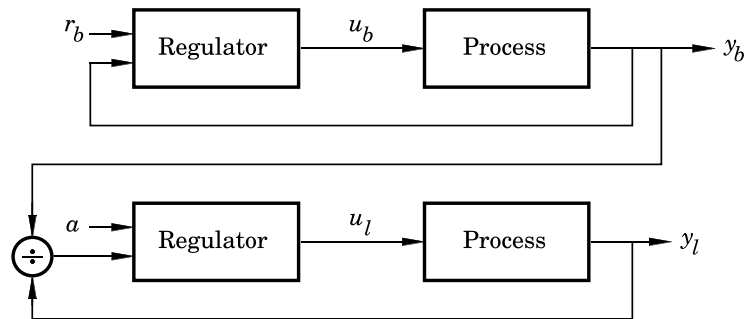
- G_{R1} och G_{P1} bildar snabb och noggrann reglerkrets
- Styrsignalen från G_{R1} fungerar som mätsignal till G_{R2}
 - r_{u_1} väljs till mitten av u_1 :s arbetsområde

Kvotreglering

Exempel: hålla konstant luft/bränsle-förhållande

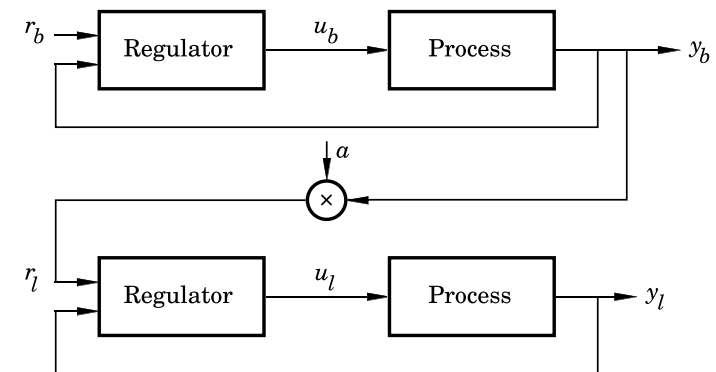
Antag att vi vill ha $y_l/y_b = a$

Naiv lösning:



Olinjärt, förstärkningen i andra kretsen varierar med y_b

Bättre lösning (kvotstation):



- Börvärdet på flödet går till första kretsen som antas långsam
- Andra kretsen görs snabb och upprätthåller den önskade kvoten

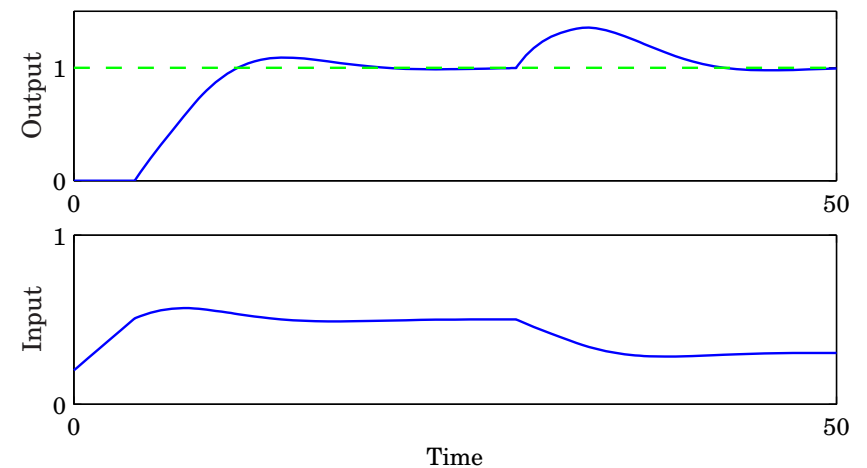
Dödtidsprocesser

- Dödtider uppkommer ofta i samband med materialtransporter, i rör eller på band
 - Ställdon eller mätdon på avstånd från själva processen
- Kraftig försämring av prestandan om dödtiden L större än processens dominerande tidskonstant T
- Lösningar:
 - Använd mycket försiktig regulator (PI med låg förstärkning)
 - Använd vanlig regulator + Smith-prediktor

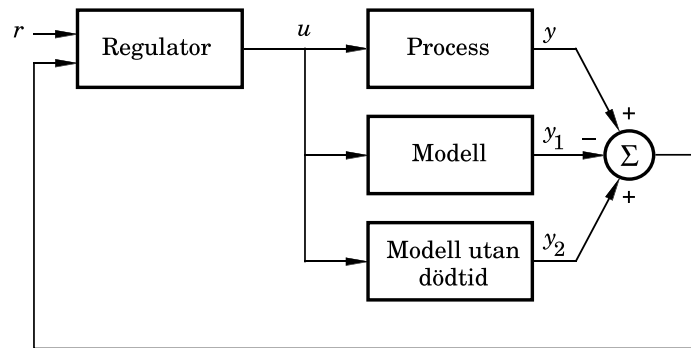
Exempel: Reglering av en pappersmaskin (fördröjd mätning):

$$G_p(s) = \frac{2}{s+2} e^{-4s}$$

Simulering med försiktig PI-regulator ($K = 0.2$, $T_i = 2.6$); laststörning vid $t = 25$:



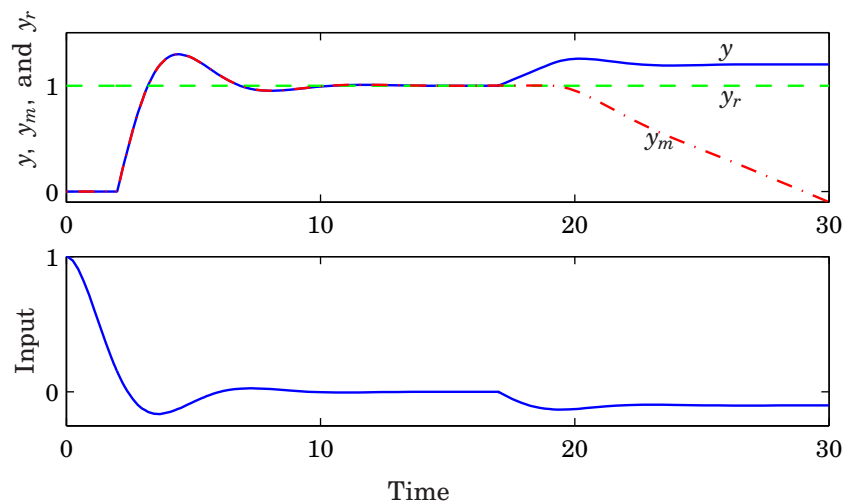
Dödtidskompensering med Smith-prediktor



Regulatorn utformas efter modellen utan dödtid. Modellen måste vara

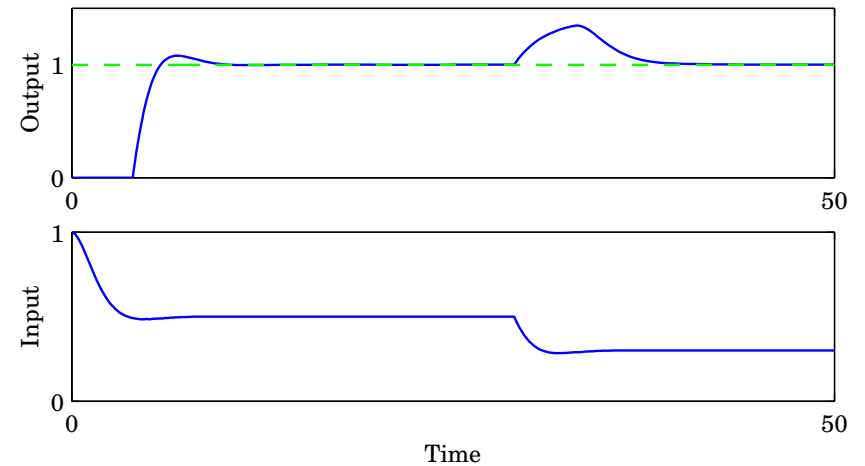
- asymptotiskt stabil
- tillräckligt noggrann

Exempel: Reglering av icke asymptotiskt stabil process, $G_p(s) = \frac{1}{s}e^{-2s}$, med PI-regulator och Smith-prediktor med perfekt processmodell; last-störning vid $t = 15$:



Pappersmaskinexemplet: Modell utan dödtid: $G_1(s) = \frac{2}{1+2s}$

Simulering med aggressiv PI-regulator ($K = 1$, $T_i = 1$) och Smith-prediktor med perfekt processmodell:



Nästa föreläsning (Processreglering)

Onsdag kl 10-12, K:P: Multivariabel reglering

Rekommenderad läsning: *Process Control*: 9.1–9.6

Nästa föreläsning (Systemteknik)

Måndag kl 13-15, K:A: Repetition