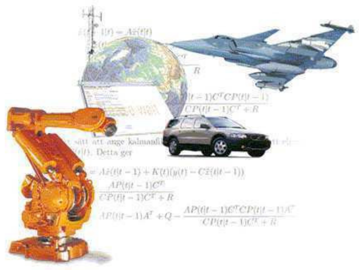
# TTIT62: Föreläsning 2



Martin Enqvist

Reglerteknik
Institutionen för systemteknik
Linköpings universitet



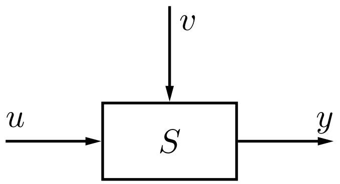
## Återkoppling, PID-reglering, specifikationer



## Repetition: Reglerproblemet



Välj **styrsignalen** $u(t)$ så att **systemet** $S$ (enligt **mätsignalen** $y(t)$) beter sig som önskat (**referenssignalen** $r(t)$) trots inverkan av **störningar** $v(t)$.




Här tittar vi i första hand på **linjära, dynamiska system**.



## Exempel: Farthållare i en bil



Modellen av en bil från föreläsning 1:

$$m\dot{y}(t) = u(t) - \alpha y(t) - v(t)$$

Här är

$$\begin{aligned} y(t) &= \text{bilens hastighet [m/s]} \\ u(t) &= \text{drivande/bromsande kraft från motor/bromsar [N]} \\ \alpha y(t) &= \text{bromsande kraft p.g.a. luftmotståndet [N]} \\ v(t) &= \text{störning som beror på vägens lutning [N]} \\ m &= \text{bilens massa [kg]} \end{aligned}$$

# Repetition: Öppen styrning & P-reglering

**Öppen styrning (styrning utan hjälp av mätningar):**

- Är känslig för störningar och modellfel.

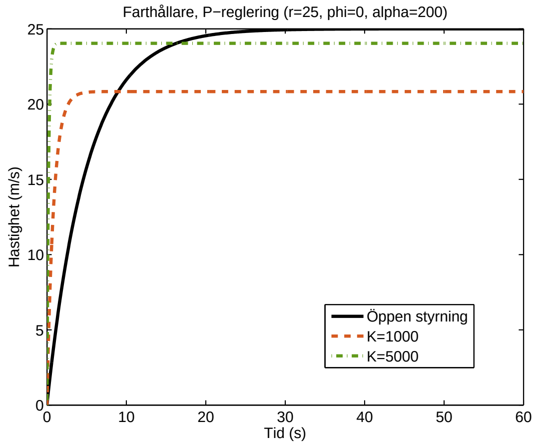
**P-reglering** $u(t) = K(r(t) - y(t))$**:**

- Fungerar skapligt och kan t.ex. göra systemet snabbare.
- Ger ofta ett stationärt fel.
- Om detta fel ska bli litet måste $K$ vara stort (stora styrsignaler krävs).





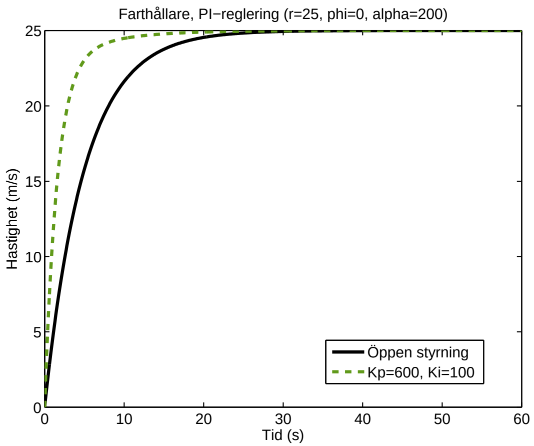
# Repetition: P-reglering: Plan mark







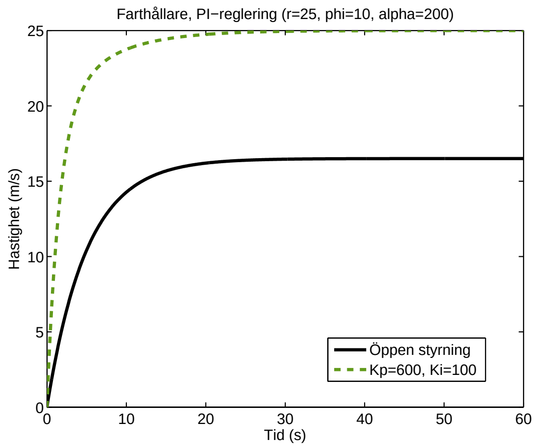

# PI-reglering: Plan mark



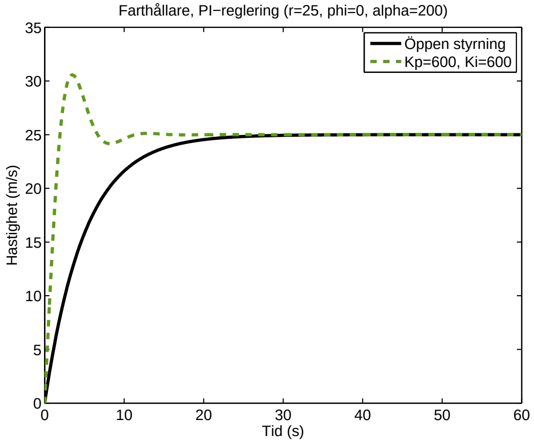





# PI-reglering: Uppförsbacke



## PI-reglering: Plan mark








## PI-reglering

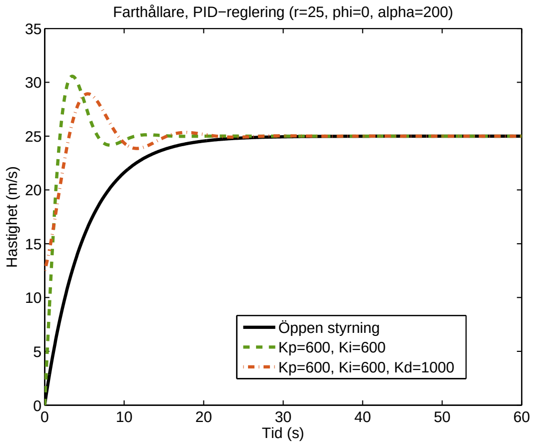
**I-delen:**

- Eliminerar ofta stegstörningar och stationära fel.
- Kan göra systemet mer oscillativt.





## PID-reglering: Plan mark








## PID-reglering

**D-delen:**

- Minskar ofta överslängen i stegsvaret.
- Gör systemet mer känsligt för mätbrus.
- Kan inte implementeras exakt.

## Stegsvar och rampsvar

Ett systems **stegsvar** är den utsignal som man erhåller då insignalen är ett steg:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

Ett systems **rampsvar** är den utsignal som man erhåller då insignalen är en ramp:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ t, & t \geq 0 \end{cases}$$





## Inställningsregler för PID-regulatorer

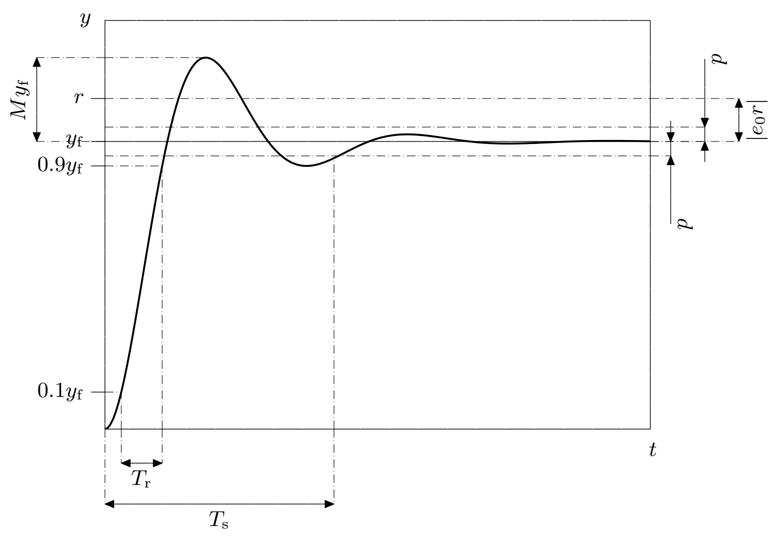
Man kan ställa in PID-regulatorer även om man inte har en matematisk modell eller förkunskaper om systemet:

1. Bestäm en enkel modell m.h.a. ett experiment:
   - Stegsvarsexperiment
   - Självsvängningsexperiment (P-reglering med så stort $K_P$ att systemet självsvänger)
2. Ställ in PID-parametrarna genom att använda någon inställningsregel, t.ex.:
   - Ziegler-Nichols
   - Cohen-Coon





## Stegsvarsspecifikationer








## Två typer av reglerproblem

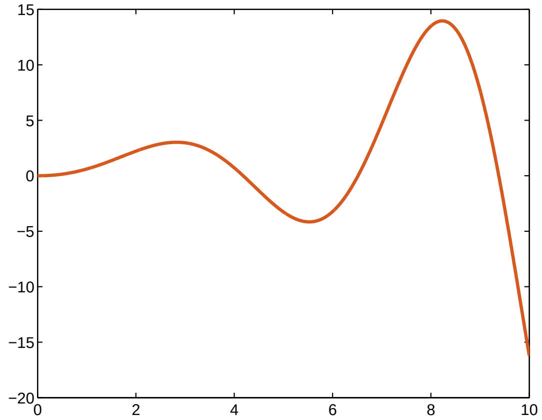
- **Servoproblemet:** Systemets utsignal ska följa en given referenssignal så bra som möjligt. (T.ex.: Industrirobotar)
- **Regulatorproblemet:** Systemets utsignal ska hållas konstant trots att det finns störningar som påverkar systemet. (T.ex.: Temperaturreglering i ett hus)

Specifikationer på stegsvaret används framförallt i samband med servoproblemet.

## Instabilitet



Ett försök till PI-reglering av en satellits position:






## Stabilitet



Ett system är **insignal-utsignalstabilt** om en begränsad insignal ger en begränsad utsignal.



## Laplacetransformen



Ett alternativ till att arbeta direkt med differentialekvationer är att använda **laplacetransformen**:

$$\boxed{Y(s) = \mathcal{L}[y(t)](s) = \int_0^\infty y(t)e^{-st}\,dt}$$

$(s = \sigma + i\omega)$

Fördel: Underlättar många beräkningar som t.ex. derivering, integrering och faltning.



## Överföringsfunktion



Betrakta en differentialekvation

$$\frac{d^n}{dt^n}y(t) + a_1\frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}}y(t) + \ldots + a_n y(t) = b_0\frac{d^m}{dt^m}u(t) + \ldots + b_m u(t)$$

Laplacetransformering ger (om alla initialvillkor är noll)

$$Y(s) = \frac{b_0 s^m + \ldots + b_m}{s^n + a_1 s^{n-1} + \ldots + a_n}U(s)$$

där

$$G(s) = \frac{b_0 s^m + \ldots + b_m}{s^n + a_1 s^{n-1} + \ldots + a_n}$$

är systemets **överföringsfunktion**.

Överföringsfunktion:

$$G(s) = \frac{b_0 s^m + \ldots + b_m}{s^n + a_1 s^{n-1} + \ldots + a_n} = \frac{B(s)}{A(s)}$$

Systemets **poler**: Rötterna till $A(s) = 0$

Systemets **nollställen**: Rötterna till $B(s) = 0$