

# Industriell reglerteknik

## Föreläsning 3a: Modellering av industriella system

Martin Enqvist

Reglerteknik  
Institutionen för systemteknik  
Linköpings universitet

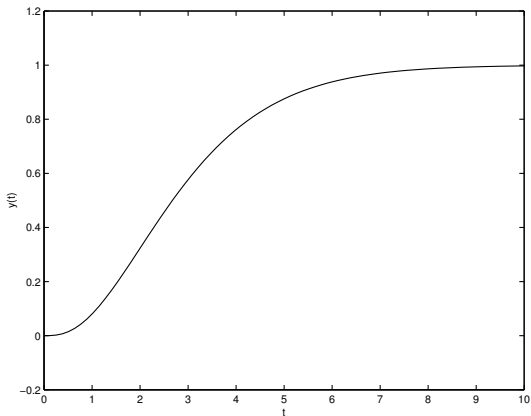
# Typiska stegsvar

Ett typiskt (icke oscillativt) stegsvar kännetecknas av att:

- Det tar en viss tid innan stegsvaret börjar röra på sig (**dödtid**, eller derivata lika med noll initialt).
- Utsignalen stabiliseras på en viss nivå om systemet saknar integration (**statisk förstärkning**).
- Det tar en viss tid (förutom dödtiden) innan utsignalen når stationäritet (**tidskonstant**).

# Typiska stegsvar...

Typiskt stegsvar från ett system:



# Treparametermodell

En modell med tre parametrar:

$$G(s) = \frac{K_p}{1 + sT} e^{-sL}$$

$K_p$  = statisk förstärkning

$T$  = tidskonstant

$L$  = tidsfördröjning

Stegsvar:

$$y(t) = \begin{cases} 0, & t \leq L \\ K_p(1 - e^{-(t-L)/T}), & t > L \end{cases}$$

# Ziegler-Nichols modell

En modell med två parametrar:

$$G(s) = \frac{b}{s} e^{-sL}$$

$b$  = lutning hos stegsvaret

$L$  = tidsfördröjning

Stegsvar:

$$y(t) = \begin{cases} 0, & t \leq L \\ b(t - L), & t > L \end{cases}$$

# Experiment

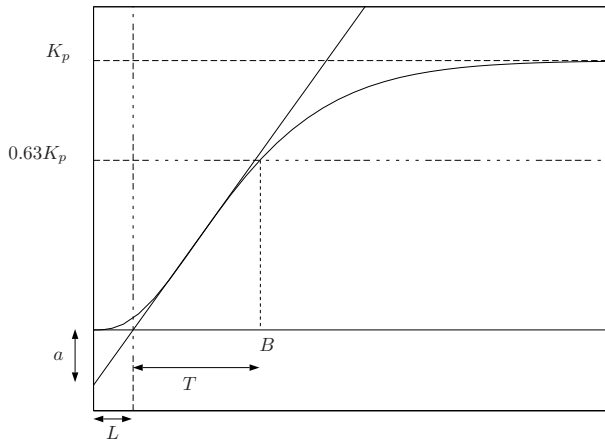
Experiment för att bestämma modellparametrarna:

- **Stegsvarsförsök (transientförsök):**

Låt  $u(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}$  och mät  $y(t)$ .

- **Självsvängningsförsök**
- **Självsvängningsförsök med relä**

# Stegsvarsförsök



# Stegsvarsförsök. . .

## Treparametermodellen:

- $K_p$  är statiska förstärkningen (avläses direkt)
- $L$  är tidsfördröjningen (avläses direkt)
- $t = T + L$  är den tidpunkt då  $y(t) = (1 - e^{-1})K_p \approx 0.63K_p$  (ger  $T$ )

## Ziegler-Nichols modell:

- $L$  är tidsfördröjningen (avläses direkt)
- $b$  är den brantaste lutningen hos stegsvaret ( $b = a/L$ )

(Andra sätt finns förstås också!)



# Självsvängningsförsök

- Koppla in en P-regulator och öka  $K$  tills systemet självsvänger.
- Detta kan göras för alla stabila system vars nyquistkurva skär negativa reella axeln.
- Vid självsvängning gäller  $K_u G(i\omega_u) = -1$ , där  $K_u$  kallas **kritisk förstärkning** och  $\omega_u = 2\pi/T_u$  **kritisk vinkelfrekvens**.  $T_u$  är den **kritiska periodtiden** (d.v.s. periodtiden för självsvängningen).
- Försöket ger oss alltså kunskap om *en* punkt på nyquistkurvan:  
 $G(i\omega_u) = -1/K_u$

# Självsvängningsförsök. . .

**Problem:** Det är ofta inte möjligt att ta ett system till stabilitetsgränsen p.g.a.:

- fysikaliska begränsningar
- begränsad styrsignal
- säkerhetsrisker

**Lösning:** Reläsjälvsvängning

# Sammanfattning

- Modell 1: Treparametermodell
- Modell 2: Ziegler-Nichols modell
- Modell 3: Skärning med negativa reella axeln
- Stegsvarsförsök
- Självsvängningsförsök med/utan relä

[www.liu.se](http://www.liu.se)