

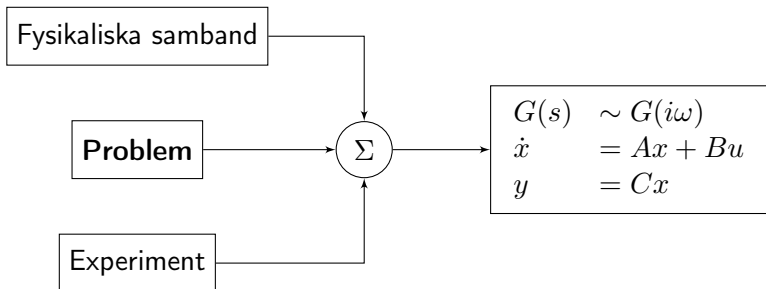


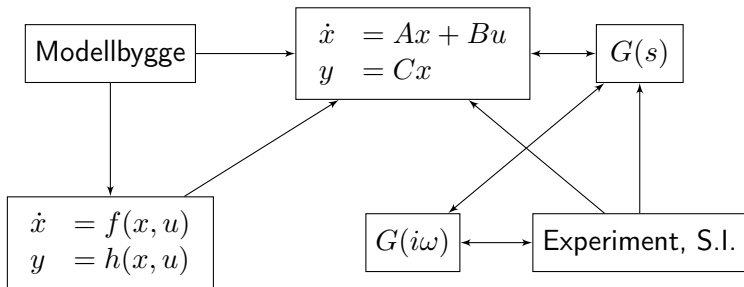
Föreläsning 12

Reglerteknik AK

©Bo Wahlberg
Avdelningen för Reglerteknik, KTH

6 oktober, 2016

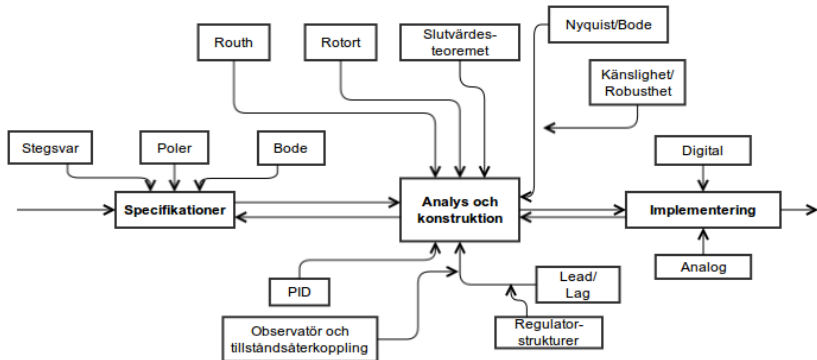




Verkliga system är komplicerade:

$$G^0(s) = G(s)[1 + \Delta_G(s)], \quad |\Delta_G(i\omega)| \leq g(\omega) \quad \forall \omega$$

Sammanfattning





Sammanfattning - Rotort

Rotort:

- I. n Startpunkter ($K = 0$)
- II. m Ändpunkter ($K = \infty$)
- III. Var ligger ∞ ? (Asymptoter)
Riktning: $\frac{\pi}{n-m} + k \cdot \frac{2\pi}{n-m}$
Skärningspunkt: $\frac{1}{n-m} (\sum p_i - \sum q_j)$
- IV. Skärning med reella axeln. "*Udda summa*"
- V. Skärning med imaginära axeln. Ansätt $s = i\omega$
- VI. Rita rotort och **dra slutsats**



Sammanfattning - Slutvärdesteoremet

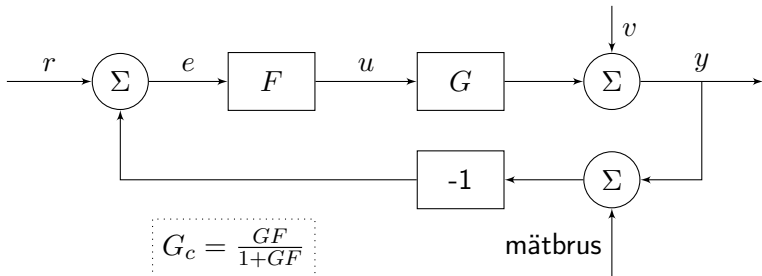
Slutvärdesteoremet:

Kom ihåg att kolla att slutvärdet existerar! (slutna systemets poler strikt i V.H.P.)

Steg $\frac{1}{s}$

Ramp $\frac{1}{s^2}$

Sammanfattning - Specifikationer



Tidsdomänen:

Stigtid: T_r

Insvängningstid: T_s

Översläng: M

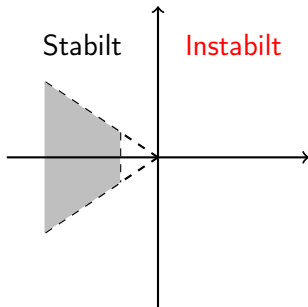
Frekvensdomänen:

Bandbredd: ω_B

Resonanstopp: M_p

Resonansfrekvens: ω_r

Sammanfattning - Poler



Avstånd till origo $\approx$ snabbhet

Vinkel $\approx$ svängighet



Sammanfattning - Poler

Nyquist:

$$G_o(i\omega)$$

Bode:

$$|G_o(i\omega)|, \arg [G_o(i\omega)]$$

Tolkning $\leftrightarrow$ rita

$$\left. \begin{array}{l} \text{skärfrekvens: } \omega_c \\ \text{fasmargin: } \varphi_m \end{array} \right\} \longleftrightarrow |G(i\omega_c)| = 1$$

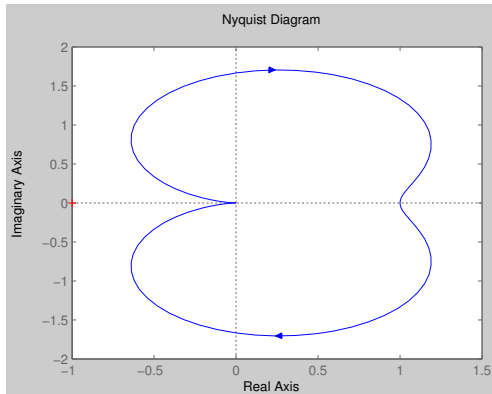
Amplitudmarginalen kan läsas av i Bodediagram eller Nyquistkurva (se figur 5.2 samt 5.3 i boken).

Sammanfattning - Nyquistkriteriet

Antag att $G_o(s)$ saknar poler i H.H.P. och att Nyquistkurvan ej omcirklar -1.

$\Rightarrow G_c(s)$ saknar poler i H.H.P.

$\Rightarrow$ Stabilt återkopplat system.





Sammanfattning - Bodediagram

Öppna systemets Bodediagram $\leftrightarrow$ Slutna systemets Bodediagram

Fördubbla $\omega_c \rightsquigarrow$ Fördubbla ω_B

$$\varphi_m \sim M_p$$

liten $\rightarrow$ stor ($\varphi_m \approx 50^\circ - 60^\circ$ OK)

$$G_o(i\omega) \text{ stor} \Rightarrow G_c(i\omega) \approx 1$$

$$G_o(i\omega) \approx -1 \Rightarrow G_c(i\omega) \text{ stor}$$

Konform avbildning!



Sammanfattning - Känslighet och störningar

Känslighet (störningar):

$$S = \frac{1}{1 + FG}$$

Robusthet (modellfel):

$$T = \frac{FG}{1 + FG} = 1 - S$$

PID-regulator:

$$U(s) = K \left(1 + \frac{1}{T_I} \frac{1}{s} + T_D s \right) = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s$$

Lead-/Lag-länk:

$$F(s) = K \frac{\tau_D s + 1}{\beta \tau_D s + 1} \frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s + \gamma}$$

Önska $\bar{\omega}_c$ (Lägg till 5.7° extra på fasmarginalen, φ_m)

$$\implies \beta \implies \tau_D \implies K$$

$$\tau_I = \frac{10}{\bar{\omega}_c} \text{ (iterera)}$$

Välj γ liten.



Sammanfattning - Tillståndsteori

$$\begin{cases} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + K(y - C\hat{x}) \\ \det [sI - (A - KC)] &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u &= -Lx + l_0r \\ \det [sI - (A - BL)] &= 0 \end{aligned}$$



$$u = -L\hat{x} + l_0r$$

Styrbarhet + Observerbarhet



Regulatorstrukturer:

- Framkoppling
- Kaskadreglering
- Otto Smith
- Internal Model Control

Implementering:

- Euler bakåt
- Tustins formel

Differentialekvationer $\mapsto$ differensekvationer



Tentan 22 oktober

- Man får ha boken och Beta med sig (samt. miniräknare).
Läs boken innan tentan!
- Problemlösning (ej utantillavskrivningar). Träna på gamla tentor!
- **Observera** att man måste vara anmäld för att få skriva tentan!

Frågestund inför tentan: Torsdagen den 20 oktober kl 13-17.
Sal kommer.



KEX+ Fler kurser

Master's programme in Systems, Control and Robotics

- Olinjär reglering, Jonas Mårtensson, period 2
- Hybrida och inbyggda reglersystem, Dimos Dimarogonas, period 3
- Reglerteknik, fortsättningskurs, Elling Jacobsen, period 4
- Modellering av dynamiska system, Cristian Rojas, period 1,
- Reglerteknik projektkurs, Jonas Mårtensson, period 1-2
- Modell-prediktiv reglering, Mikael Johansson, period 1
- Stokastisk reglering och optimering, Alexandre Proutiere, period 2