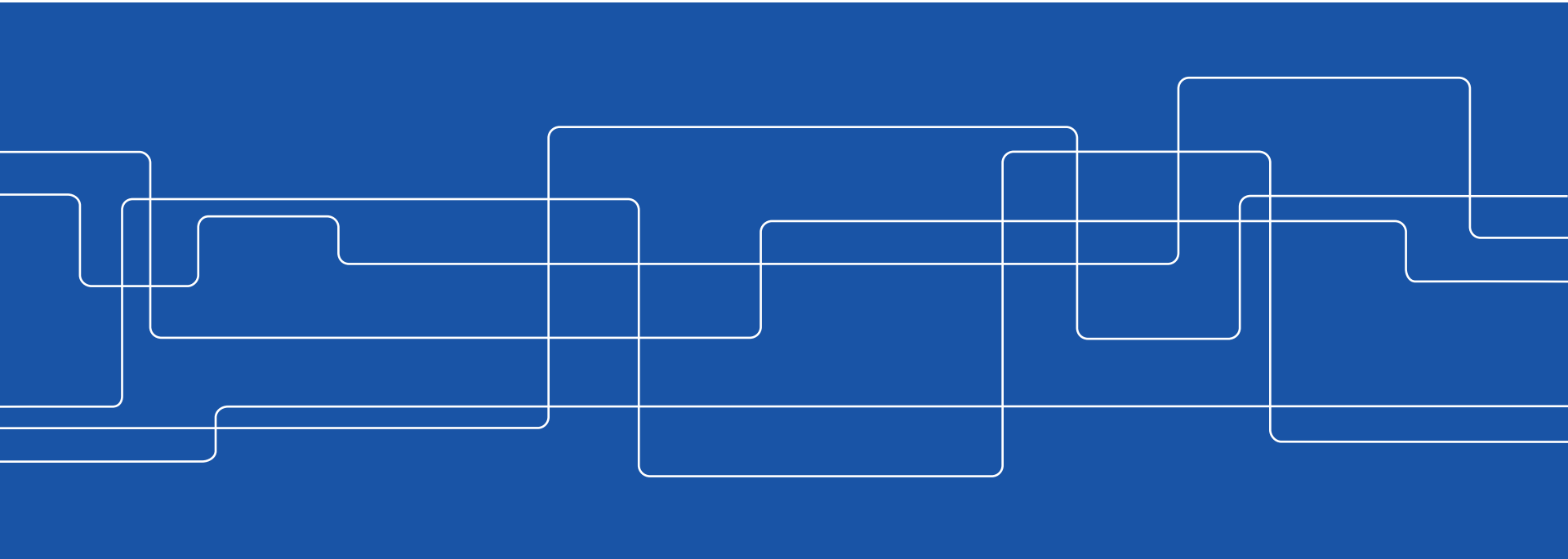




EL1000/1120/1110 Reglerteknik AK

Föreläsning 7: Tillståndsbeskrivning





Kursinfo: Lab2

- Lab2 betydligt mer krävande än Lab1. Noggranna förberedelser **nödvändiga**
1. Gör förberedelseuppgifter i labpek
 2. Gå in på Bilda och testa så du kan lösa övningsskrivningarna
 - För att få göra Lab2 krävs att du klarar minst 4 av 5 slumpade frågor från övningsskrivningarna (på c:a 5 minuter, utan hjälpmedel)



Kursinfo: Lab3

- Anmälningssystemet till Lab3 under bilda.kth.se är aktiverat
- **Denna labb ska redovisas i par! Se till så du anmäler dig till samma tillfälle som din labbpartner**
- Ingen partner för Lab3? Använd kurshemsidan på KTH Social för att hitta partner!



Dagens program

- Icke-minfassystem och robusthet (repetition, slides)
- Känslighet – Reglerprestanda trots störningar (tavlan)
- Tillståndsmodeller
 - Definition och exempel
 - $G(s) \leftrightarrow$ tillståndsmodell
 - Poler från tillståndsmodell

Icke-minfassystem

Anta $G(s)$ stabil och $G(0) > 0$

- **Minfassystem:** systemets asymptotiska fas ϕ proportionell mot asymptotiska amplitudkurvas lutning i log-log-diagram

$$\phi = \underbrace{\frac{d \log |G(i\omega)|}{d \log \omega}}_{\text{lutning}} \cdot 90^\circ$$

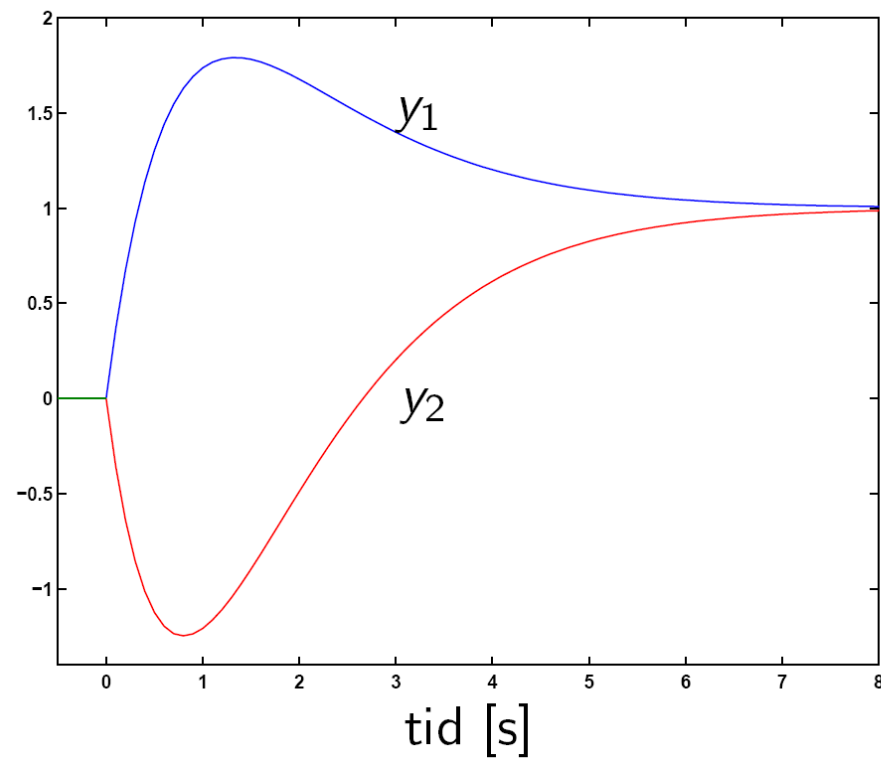
- **Icke-minfassystem:**

$$\phi < \underbrace{\frac{d \log |G(i\omega)|}{d \log \omega}}_{\text{lutning}} \cdot 90^\circ$$

- Icke-minfas orsakas av 1) **nollställen i komplexa högra halvplanet (HHP)** och 2) **tidsfördröjningar**

Betydelse av nollställe för stegsvar

$$G_1(s) = \frac{4s + 1}{(s + 1)^2}, \quad G_2(s) = \frac{-4s + 1}{(s + 1)^2},$$



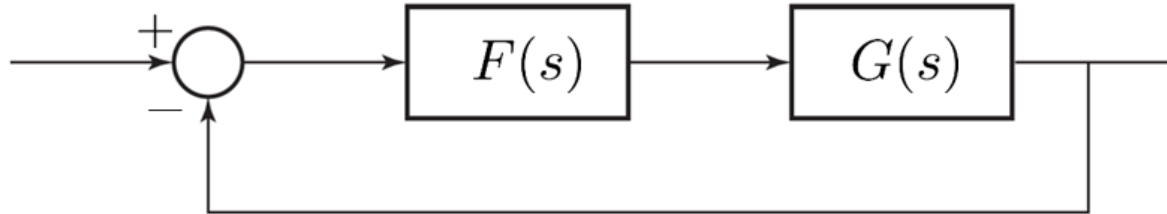


Varför återkoppla?

För att

1. stabilisera **instabila system** (Ex.: inverterad pendel),
och
2. få god reglerprestanda trots **modellfel** (Ex.:
robusthetskriteriet) och **yttre störningar och brus** (idag)

Robusthet – Inverkan av modellfel



Vår modell: $G_M = FG$ Riktigt system: $G^0 = FG(1 + \Delta_G)$

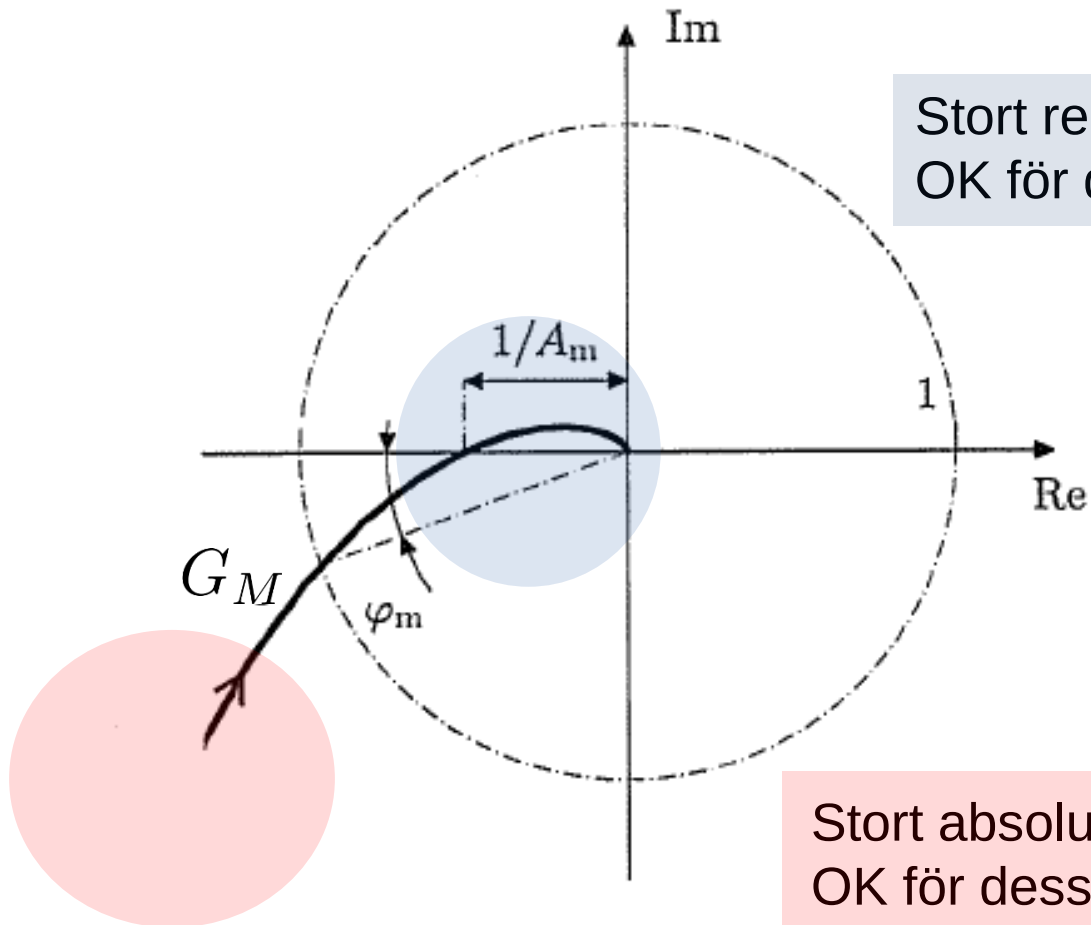
Relativt modellfel: $\Delta_G = \frac{G^0 - G_M}{G_M}$

Riktigt slutet system asymptotiskt stabilt om $G_C = \frac{G_M}{1 + G_M}$
asymptotiskt stabilt och

$$|G_C(i\omega)| < 1/|\Delta_G(i\omega)| \quad \text{alla } \omega$$

(Robusthetskriteriet [Resultat 6.2, G&L])

Robusthet – Tolkning i Nyquistdiagram



Stort relativt modellfel $|\Delta_G|$
OK för dessa frekvenser!

Stort absolut modellfel $|G^0 - G_M|$
OK för dessa frekvenser!

Utveckling av reglerteknik

40's - 50's →

60's - 70's →

Reglerteknik AK

F1-F6:

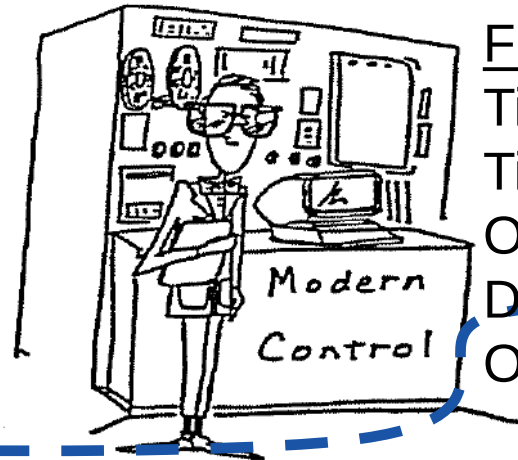
$G(s)$

Frekvensanalys

PID

Kompensering

Analog



F7-F9, F11:

Tillståndsmodeller

Tillståndsåterkoppling

Observatör

Digital reglering

Optimal styrning

80's - 90's →

Reglerteknik FK



Robust, adaptiv och prediktiv
reglering m.m.

[Zhou et al., 1996]

Figure 1.1: A picture history of control



Fördelar med tillståndsmodeller

- Naturligt vid modellbygge
- Tillstånd har ofta fysikalisk betydelse
- Lämpligt vid datorsimulering
- Återkoppling med flera mätsignaler på systematiskt sätt
- System med flera in- och utsignaler behandlas på samma sätt

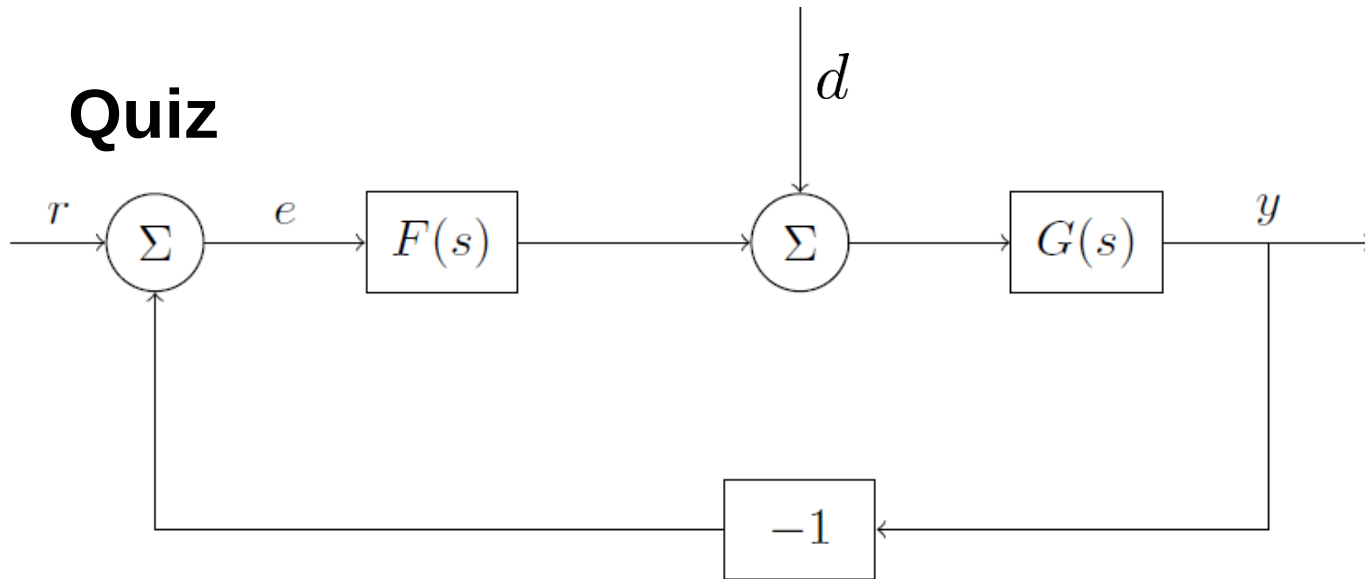


Quiz

(1) Hur beror känsligheten, $|S(i\omega)|$, på kretsförstärkningen?

- a) Om kretsförstärkningen är stor blir känsligheten stor.
- b) Om kretsförstärkningen är stor blir känsligheten liten.
- c) De är inte kopplade till varandra.
- d) Kretsförstärkningen är begränsad av känsligheten men har ingen påverkan på den.

Quiz



(2) Är systemet beskrivet av blockschemat stabilt om

$$F(s) = \frac{s - 2}{s + 1}$$

och

$$G(s) = \frac{s(s + 1)}{s - 2} ?$$

- a) Ja
- b) Nej
- c) Det går inte att avgöra utan mer information.

Quiz

(3) Vilket av följande är ett linjärt system?

a)

$$\dot{x} = x \cdot u, \quad y = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix} x$$

b)

$$\dot{x} = x + e^u, \quad y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x + u^2$$

c)

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} u, \quad y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x^2 + u$$

d)

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 1 & t^2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} x + u, \quad y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x$$

Quiz

(4) Betrakta differentialekvationen

$$\ddot{y}(t) + y(t) = u(t)$$

Vilken tillståndsbeskrivning motsvarar den?

a) $\dot{x} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} u(t), \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$

b) $\dot{x} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} u(t), \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$

c) $\dot{x} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} u(t), \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$

d) $\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t), \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$