



EL1000/1120/1110 Reglerteknik AK

Föreläsning 7:
Tillståndsbekrivning

Kursinfo: Lab 2

- Lab 2 betydligt mer krävande än Lab 1. Noggranna förberedelser nödvändiga
 - Anmäl dig på samma sätt som till Lab 1. Sista anmälningdag 27 november
1. Gör förberedelseuppgifter i labpek
 2. Gå in på Bilda och testa så du kan lösa övningsskrivningarna
 - För att få göra Lab 2 krävs att du klarar minst 4 av 5 slumpade frågor från övningsskrivningarna (på c:a 5 minuter, utan hjälpmedel)

Kursinfo: Lab 3

- Anmälningssystemet är aktiverat
- Denna gång använder vi **KTH Bilda** (alltså inte samma anmälningssystem som till Lab 1-2)
- Får du ingen anmodan om att anmäla dig via mail? Då är du inte kursanmäld! Kontakta Hanna (hanna.holmqvist@ee.kth.se)
- **Denna lab ska redovisas i par! Se till så du anmäler dig till samma tillfälle som din labpartner.**
- Ingen partner för Lab 3? Använd kurshemsidan på KTH Social för att hitta partner!

Kursinfo

- Tentaansmälan via "Mina sidor". Stänger 2 veckor före tentan.
- Halvtidsutvärdering i pausen. Finns frivilliga från T,P,I för analys av utvärdering?

Innehåll

- Icke-minfassystem, robusthet och känslighet (repetition)
- Tillståndsmodeller
 - Definition och exempel
 - $G(s) \leftrightarrow$ tillståndsmodell
 - Poler från tillståndsmodell

Icke-minfssystem

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

- *Minimum-fas system*: systemets asymptotiska fas ϕ proportionell mot asymptotiska amplitud-kurvans lutning i log-log diagram

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

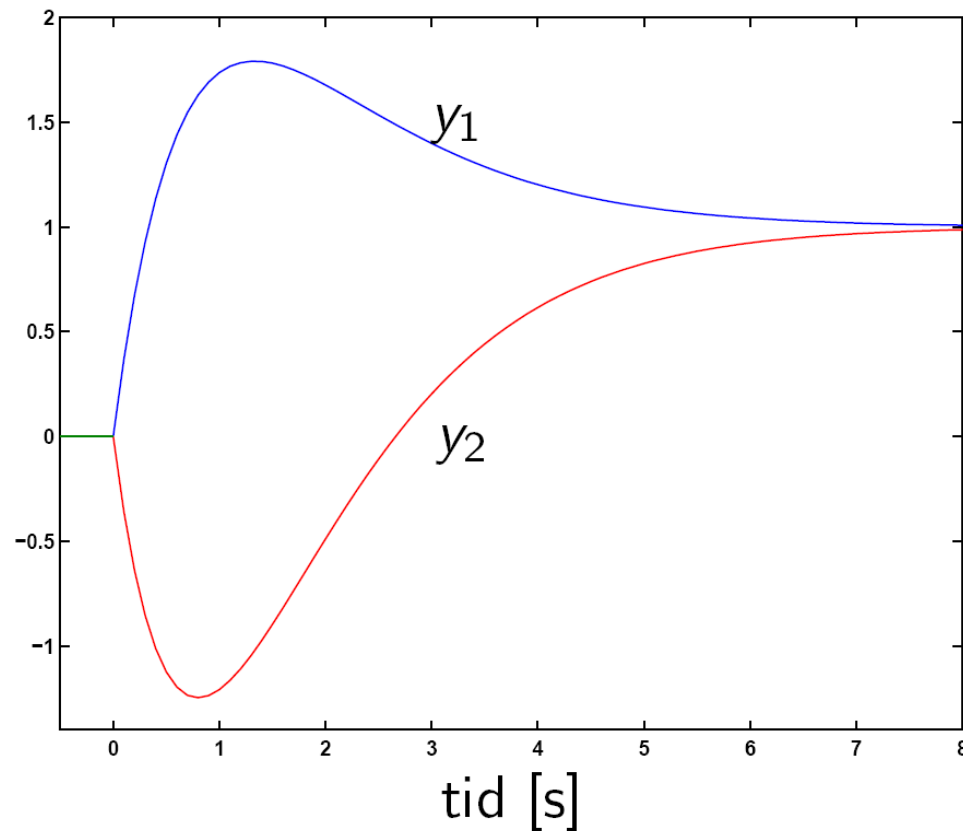
- *Icke-minimum fas system*

$$\phi < \text{lutning} \cdot 90^\circ$$

- Icke-minimum fas orsakas av **nollställen i HHP** och **tidsfördröjningar**

Betydelse av nollställena för stegsvar

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

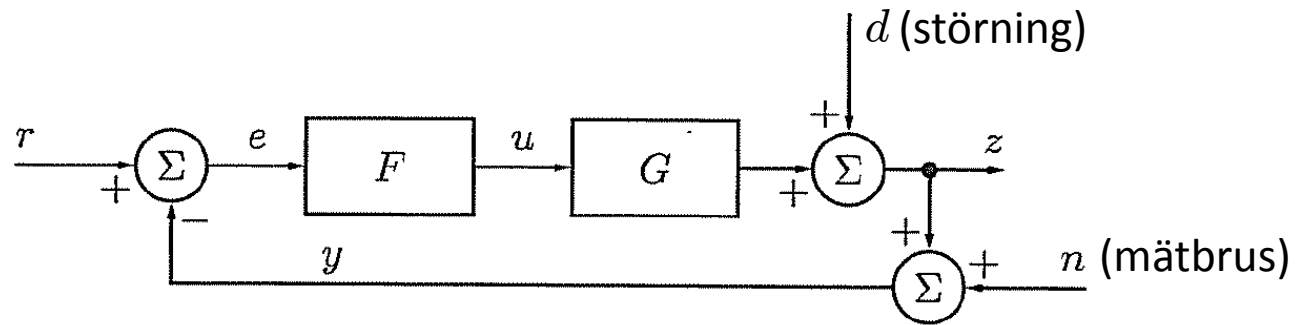


Varför återkoppla?

För att

1. stabilisera **instabila system**, och
2. få god reglerprestanda trots **modellfel** och **yttre störningar och brus**

Robusthet – Inverkan av modellfel



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

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

Från Nyquist: Riktigt slutet system a. stabilt om $G_c = FG/(1+FG)$ a.
stabilt och

$$|G_c(i\omega)| < \frac{1}{|\Delta_G(i\omega)|} \quad \text{alla } \omega$$

(Robusthetskriteriet)

Känslighet – Inverkan av störningar och brus

- Reglerfelet ($e = r - z, y = z + n$):

$$E = \underbrace{\frac{1}{1+FG}}_S R + \underbrace{\frac{FG}{1+FG}}_{G_C} N - \underbrace{\frac{1}{1+FG}}_S D$$

- S kallas känslighetsfunktionen. Ger återkopplingens effekt på störningskänsligheten: $|S| < 1$ reducerar, $|S| > 1$ försämrar

- Gör:

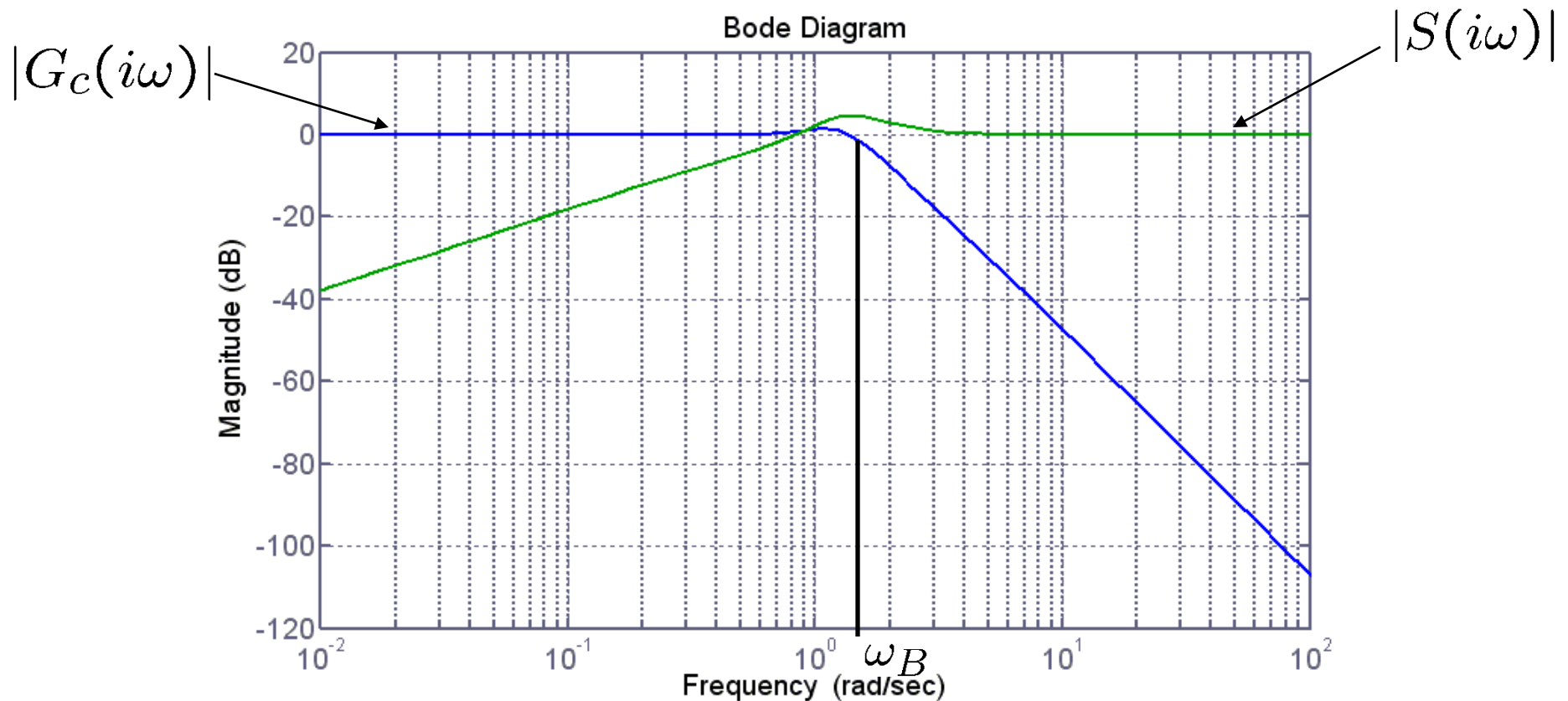
- $|S(i\omega)|$ litet där börvärdesändringar r och störningar d stora
- $|G_c(i\omega)|$ litet där n har stor effekt och där modellfelet Δ_G stort.

- Konflikt om t.ex. r och n stora vid samma frekvens, ty

$$S(i\omega) + G_C(i\omega) = 1 \text{ för alla } \omega$$

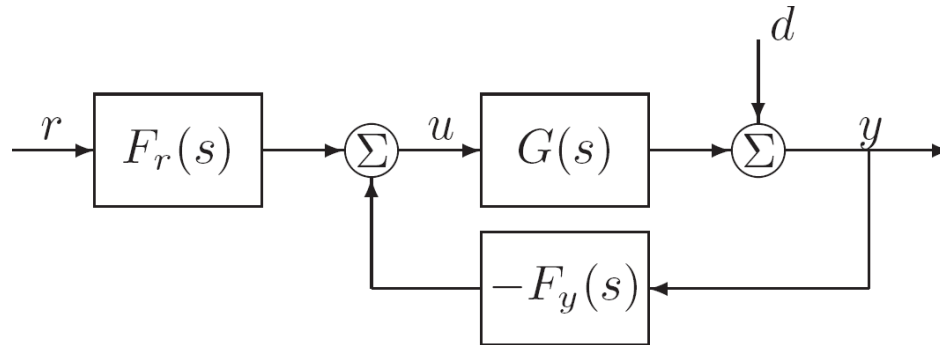
Konflikt: $G_c(i\omega)$ mot $S(i\omega)$

- G och F från kompenseringsexempel (Fö. 6)
- $|G_c(i\omega)| + |S(i\omega)| \approx 1$ (men $G_c(i\omega) + S(i\omega) = 1$!)



Mer allmän regulatorstruktur

Möjlig lösning: Inför en extra frihetsgrad genom framkoppling F_r



– Slutna systemet

$$Y = \underbrace{\frac{F_r G}{1 + F_y G}}_{G_C} R + \underbrace{\frac{1}{1 + F_y G}}_S D$$

– Robust stabilt om

$$\left| \underbrace{\frac{F_y G}{1 + F_y G}}_T \right| = |1 - S| < \frac{1}{|\Delta_G|}$$

– Dvs. känslighet och robusthet frikopplat från design av G_C .

Utveckling av reglerteknik

40's - 50's →



F1-F6

$G(s)$

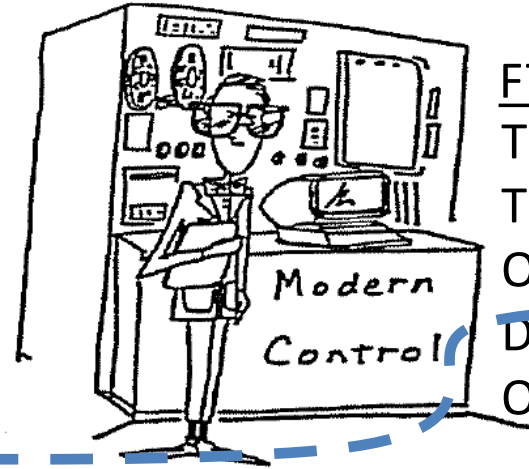
Frekvensanalys

PID

Kompensering

Analog

60's - 70's →



Reglerteknik AK

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 oftast fysikalisk betydelse
- lämpligt vid simulering
- återkoppling från flera mätningar på systematiskt sätt
- system med flera in- och utsignaler kan behandlas inom samma ramverk