



EL1000/1120/1110 Reglerteknik AK

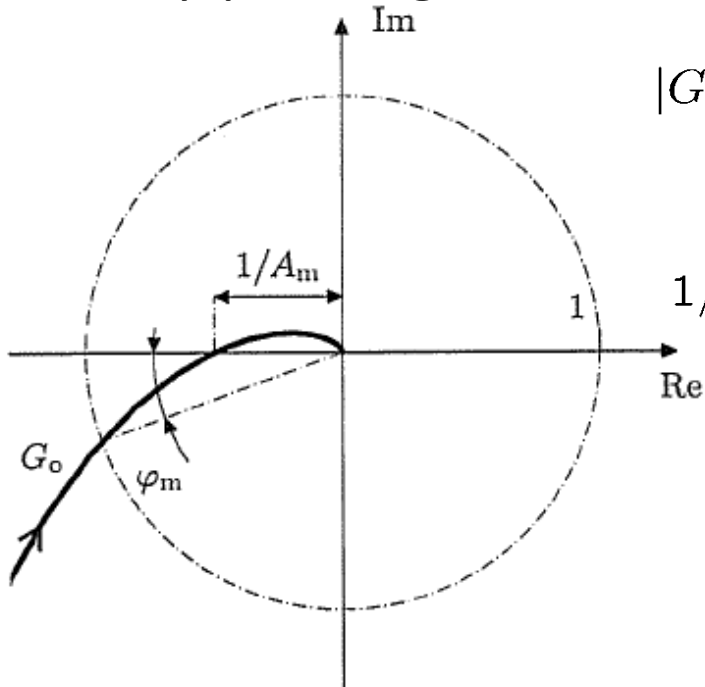
Föreläsning 7:
Tillståndsbeskrivning

Innehåll

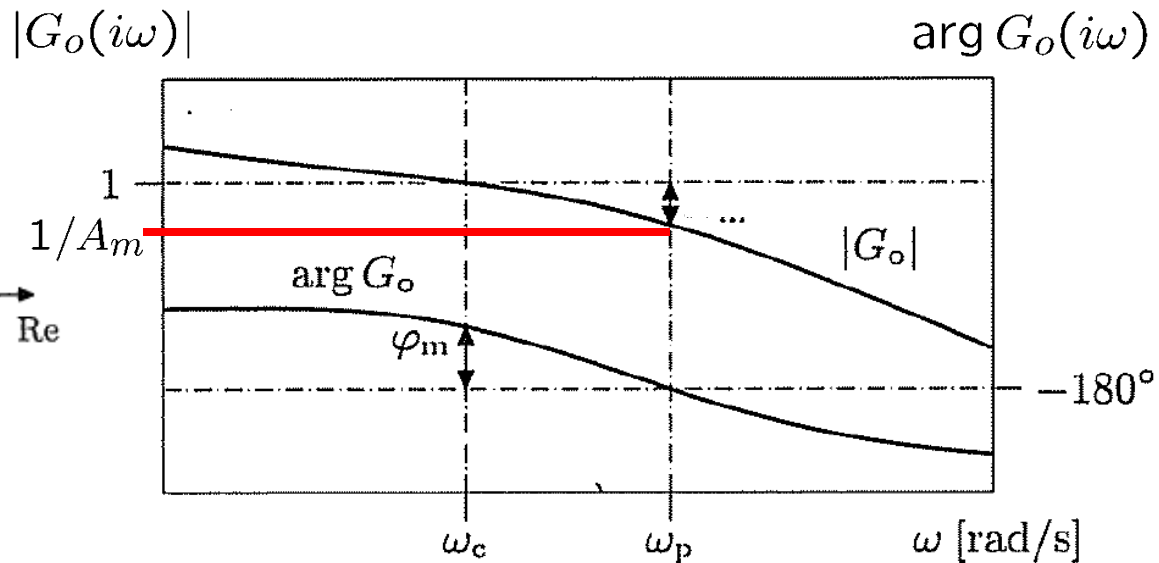
- Icke-minfassystem, robusthet och känslighet (repetition)
- Tillståndsmodeller
 - Definition och exempel
 - $G(s) \leftrightarrow$ tillståndsmodell
 - Poler från tillståndsmodell

Amplitud- och fasmarginal (Fig. 5.3 korrigerad!)

Nyquistdiagram



Bodediagram



Fas-skärfrekvens ω_p och amplitudmarginal A_m

Skärfrekvens ω_c och fasmarginal φ_m

Mäter avstånd till instabilitetspunkten (-1)

Icke-minfassystem

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

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

$$\text{lutning} = \frac{d \log |G(i\omega)|}{d \log \omega}$$

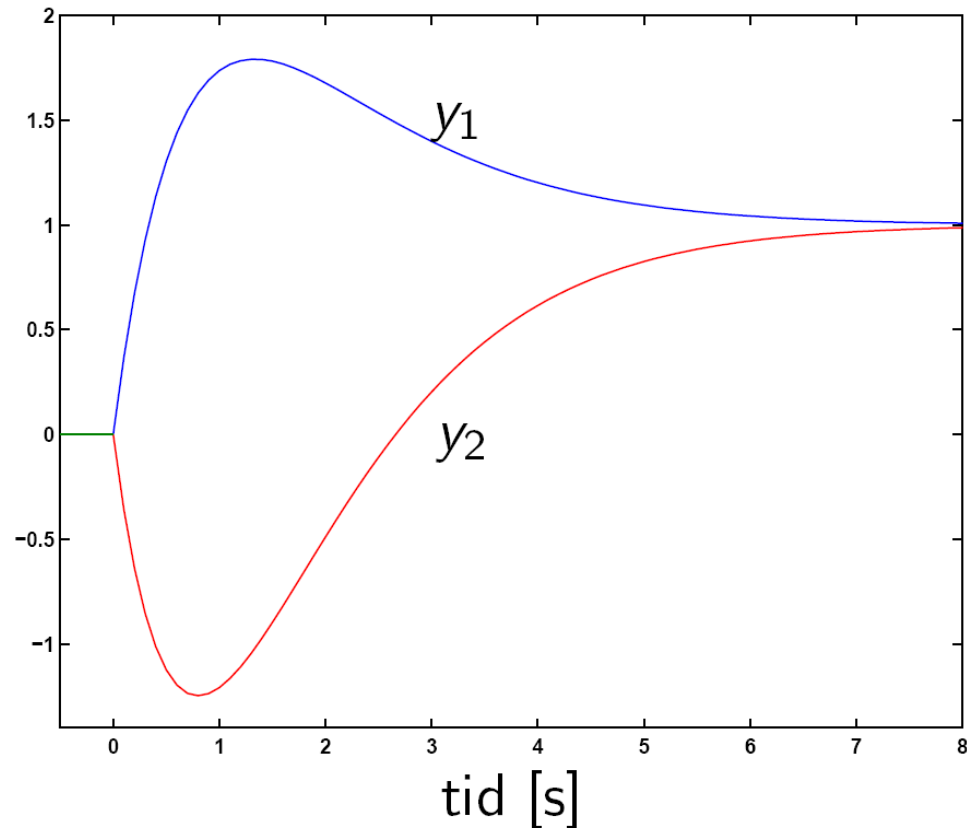
- *Icke-minimum fas system*

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

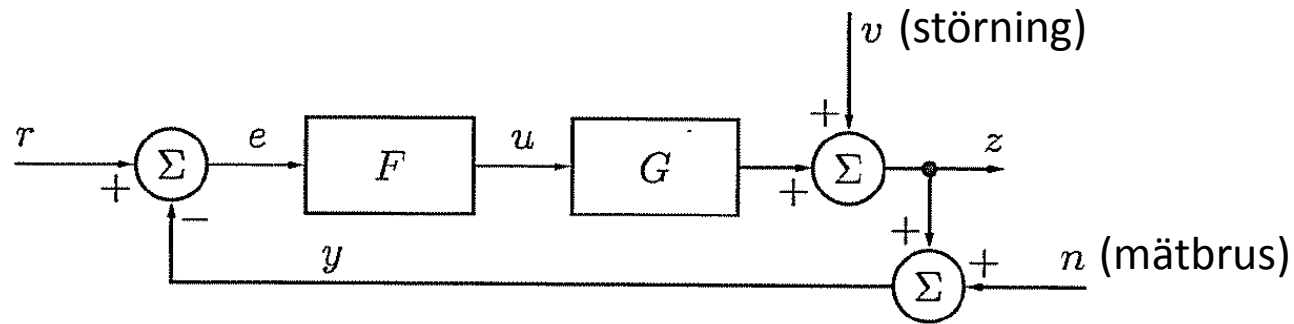
- Icke-minimum fas orsakas av **nollställen i HHP** och **tidsfördröjningar**

Betydelse av nollställen för stegsvar

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



Robusthet – Inverkan av modellfel



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

Relativt modellfel: $G^0 = FG(1 + \Delta_G)$

Från Nyquist: Slutna systemet stabilt om $G_c = FG/(1+FG)$ stabil och

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

Känslighet

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

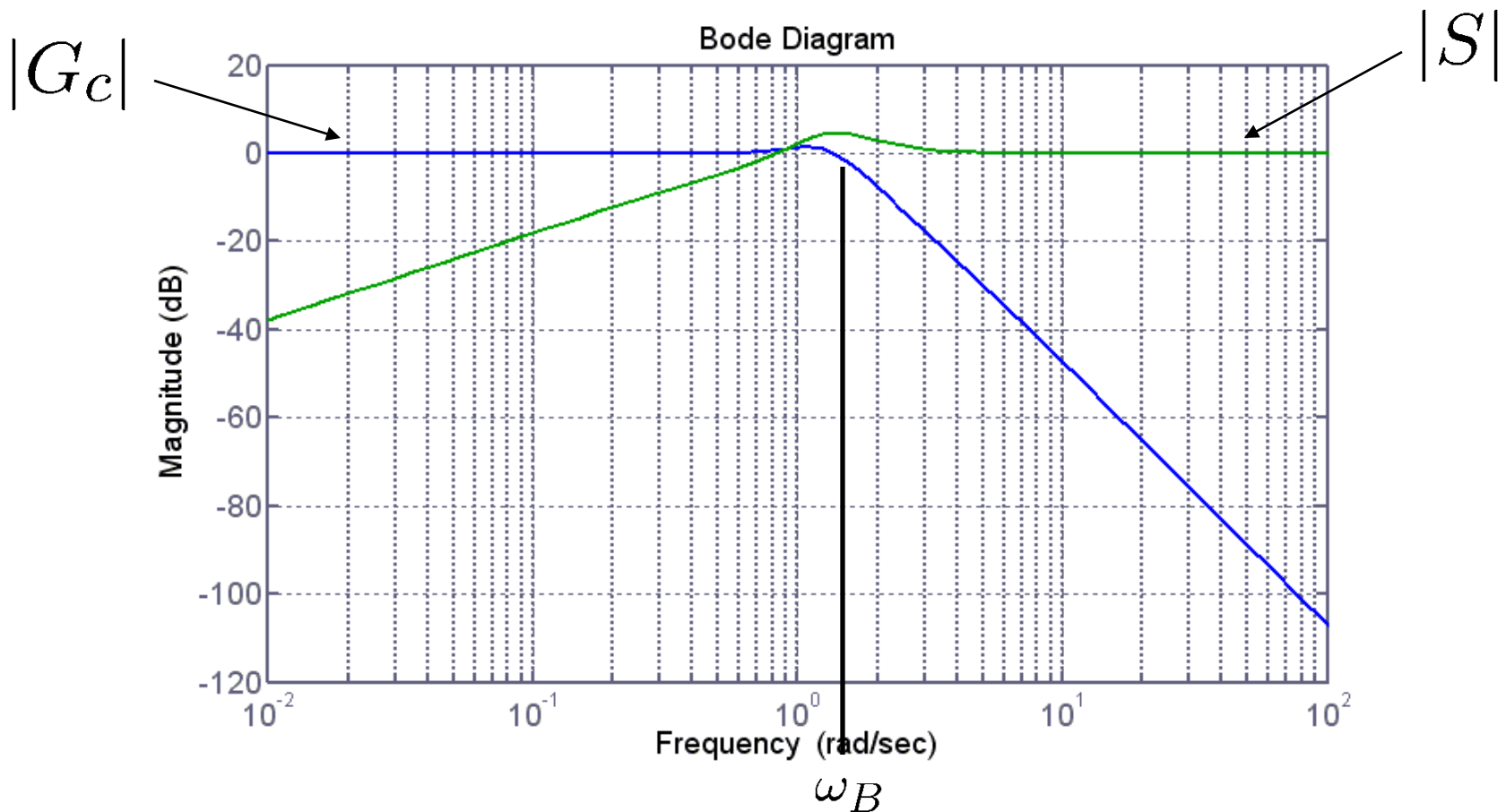
$$E = \underbrace{\frac{1}{1+FG}}_S R + \underbrace{\frac{FG}{1+FG}}_{G_C} N + \underbrace{\frac{1}{1+FG}}_S D$$

- 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

$$S + G_C = 1$$

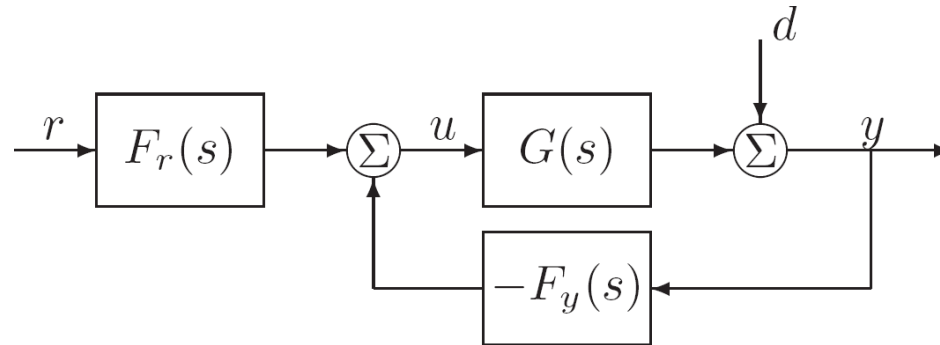
G_c och S

- G och F från kompenseringsexempel (Fö. 6)
- $|G_c| + |S| \approx 1$



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 .

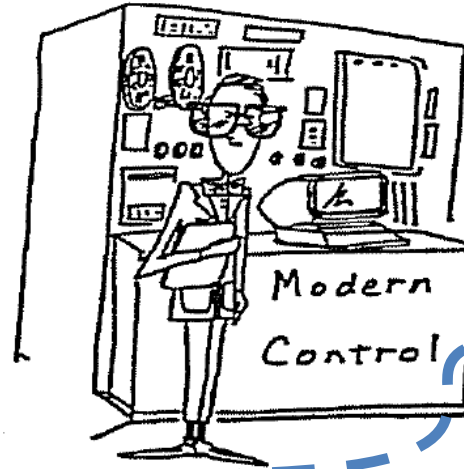
Utveckling av reglerteknik

40's – 50's →



$G(s)$
Frekvensanalys
PID
Kompensering
Analog

60's – 70's →



Reglerteknik AK

Tillståndsmodeller
Tillståndåterkoppling
Observerare
Digital
Optimal styrning

80's – 90's →



Reglerteknik FK

Robust, adaptiv och prediktiv reglering
m.m.

Figure 1.1: A picture history of control

[Zhou *et al.*, 1996]

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