



EL1000/1120/1110 Reglerteknik AK

Föreläsning 4:
Frekvensbeskrivning och Bodediagram

Räknestuga

Räkna på egen hand, t.ex. veckans hemuppgifter.
En av övningsassistenterna är närvarande för att svara på ev. frågor.

– Tis	2012-11-13 / 16-18	L21
– Tis	2012-11-20 / 16-18	Q24
– Tis	2012-11-27 / 16-18	Q24
– Tis	2012-12-04 / 16-18	Q13

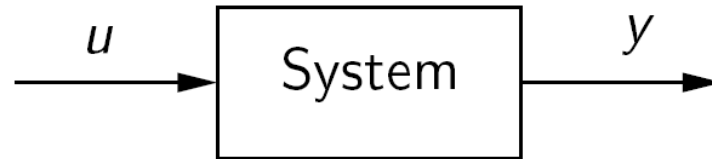
(Tid och plats finns även under ‘Kursinformation’)

Innehåll

- Systembeskrivningar
- Rotort och Nyquistkriteriet (repetition)
- Frekvensbeskrivning
- Skissa Bodediagram

Systembeskrivningar

- System i blockschemaform



- System i differentialekvationform

$$\ddot{y}(t) + a_1 \dot{y}(t) + a_2 y(t) = b_0 \dot{u}(t) + b_1 u(t)$$

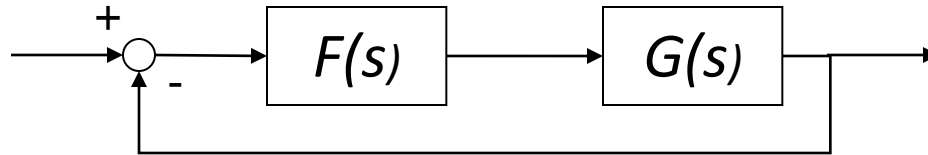
- System i överföringsfunktionform

$$Y(s) = \frac{b_0 s + b_1}{\underbrace{s^2 + a_1 s + a_2}_{G(s)}} U(s)$$

- Idag: System i *frekvensbeskrivningsform*

Att analysera slutna systemets stabilitet

- Slutet (återkopplat) system (process $G(s)$ och regulator $F(s)$):



- Förra veckan:** Två metoder för att avgöra slutna systemets stabilitet m.a.p. på en parameter k
- Parameter k kan vara t.ex. en reglerparameter (K_P, K_I, K_D) eller en systemparameter (massa m , friktion b)
- Låt kretsförstärkningen (öppna systemet) vara

$$G_o(s) = G(s)F(s) = k \frac{Q(s)}{P(s)}$$

Rotort

- Slutna systemet $G_c(s) = \frac{G_o(s)}{1 + G_o(s)} = \frac{kQ(s)}{P(s) + kQ(s)}$
- Plotta slutna systemets poler m.a.p. k

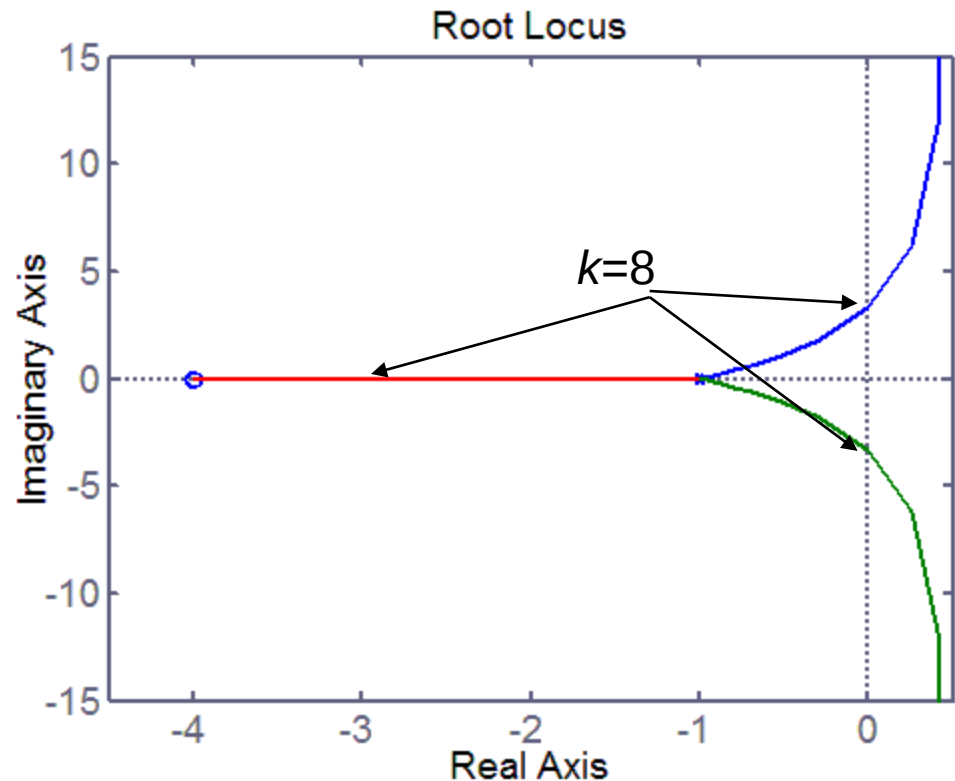
$$P(s) + kQ(s) = 0$$

- Exempel

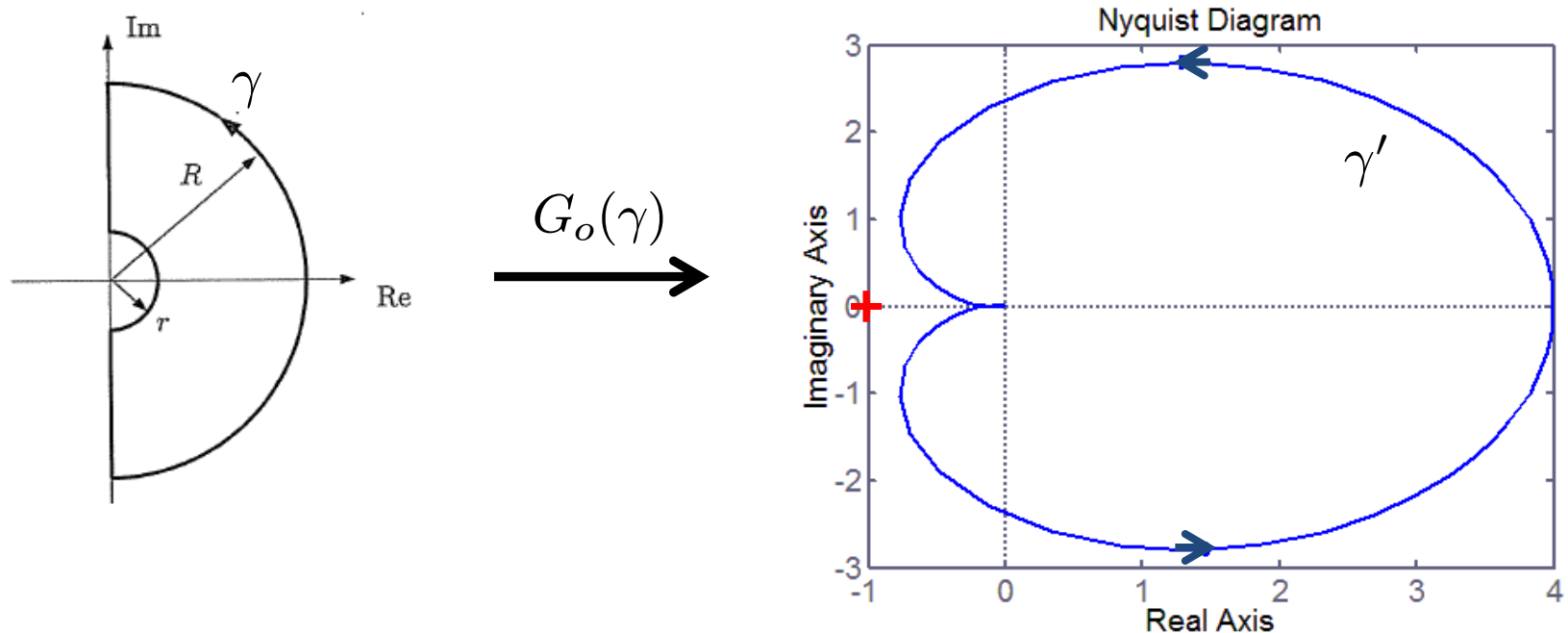
$$G_o(s) = \frac{s + 4}{(s + 1)^3}$$

$G_c(s)$ stabilt om $k < 8$

- Kräver *polynomen*
 $P(s), Q(s)$



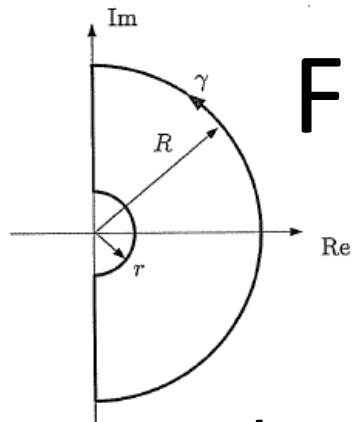
Fullständiga Nyquistkriteriet (s.76)



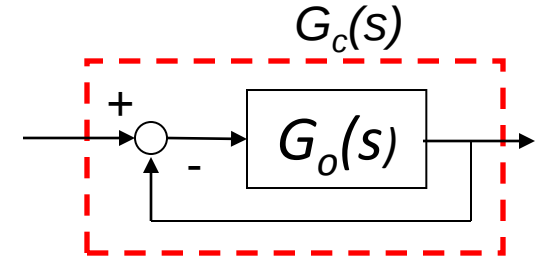
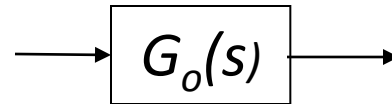
Antal positiva varv γ' omsluter -1 (+) = $P_s - P_o$

P_s = antal poler i HHP hos $G_c(s)$

P_o = antal poler i HHP hos $G_o(s)$



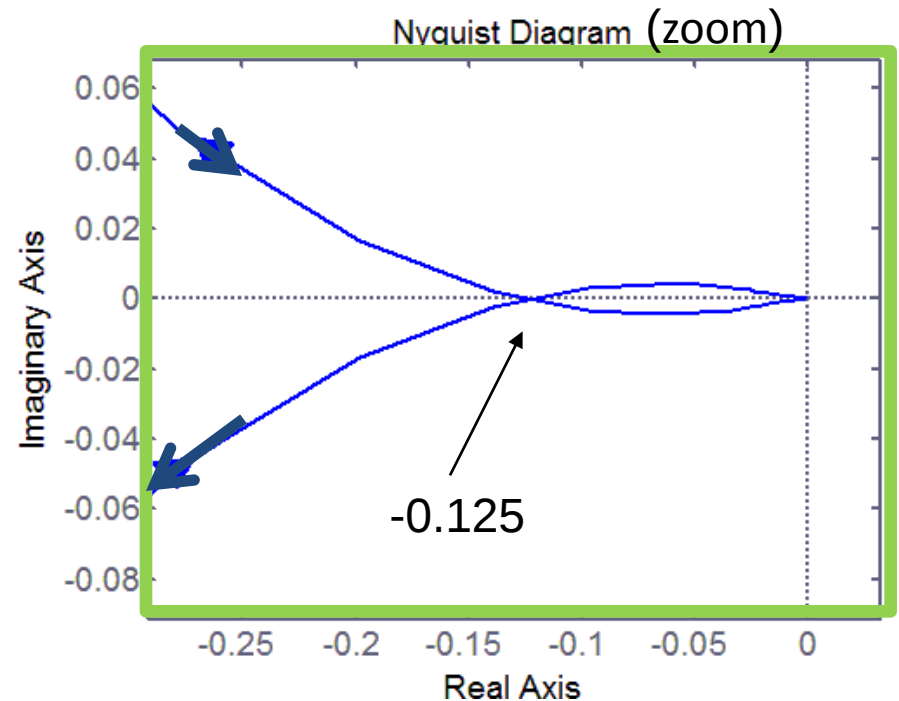
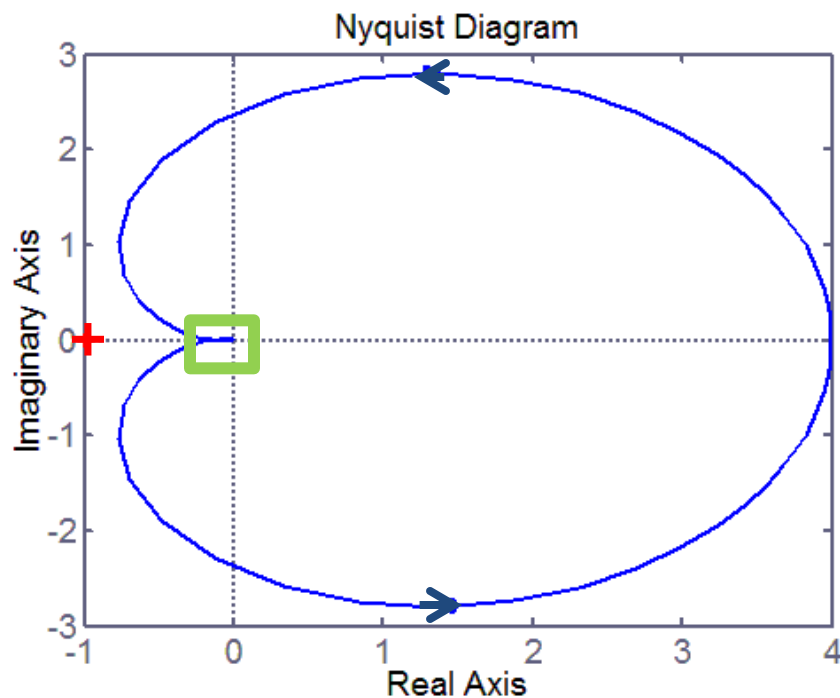
Fullständiga Nyquistkriteriet



- Plotta *öppna systemet* $G_o(s)$ för $s \in \gamma$ i komplexa talplanet (räcker ofta med $G_o(i\omega)$)
- Räkna antalet varv kring punkten -1
- *Slutna systemet* $G_c(s)$ a. stabilt om antalet varv är lika med antalet instabila poler hos $G_o(s)$ (vanligtvis 0)
- Parametern k bara skalar om kurvan $G_o(i\omega)$
- Kräver *frekvensbeskrivningen* $G_o(i\omega)$

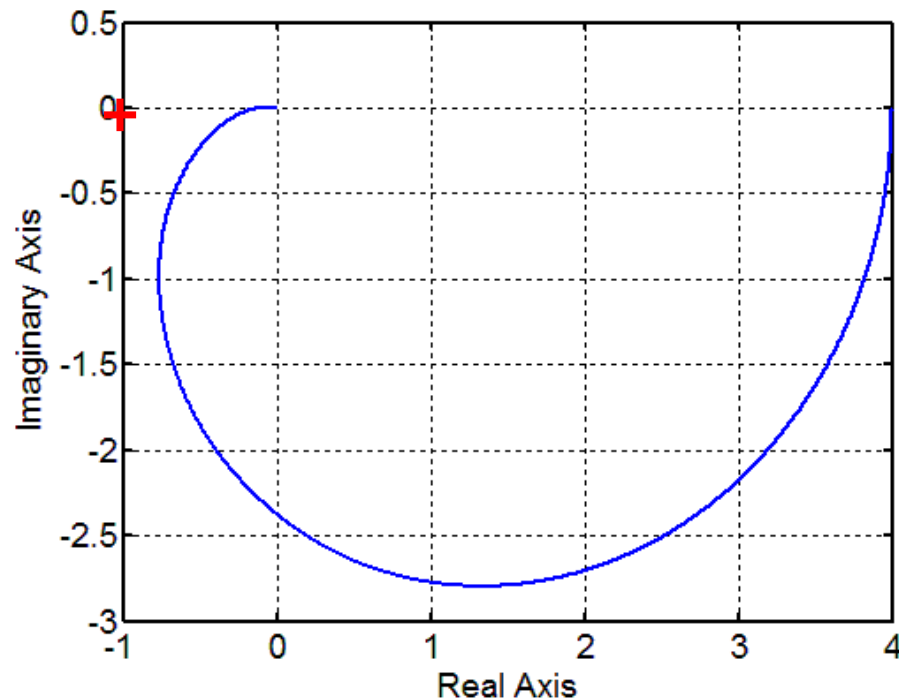
Exempel Nyquistkriteriet

- Öppet system $G_o(s) = \frac{s + 4}{(s + 1)^3}$
- $G_o(s)$ har 0 instabila poler
- $G_c(s)$ stabilt om $k < 1/0.125 = 8$



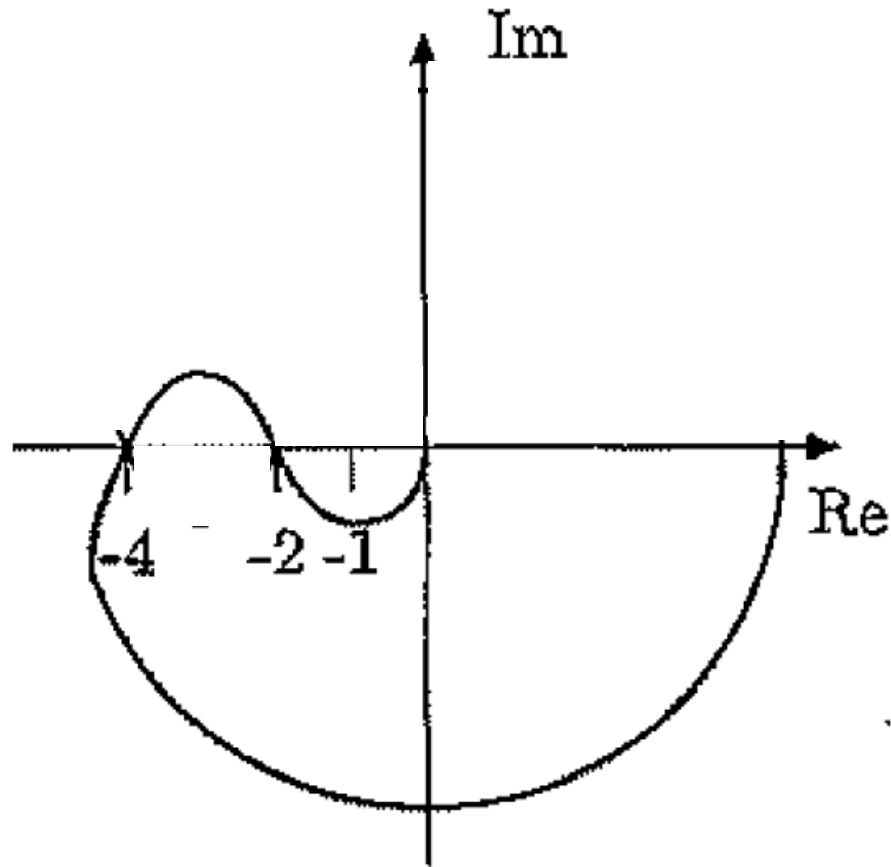
Förenklade Nyquistkriteriet

- Rita bara $G_o(i\omega)$, $0 \leq \omega < \infty$ ("Nyquistkurvan")
- Om $G_o(s)$ är a. stabilt så är $G_c(s)$ a. stabilt om punkten -1 ligger till *vänster* om Nyquistkurvan

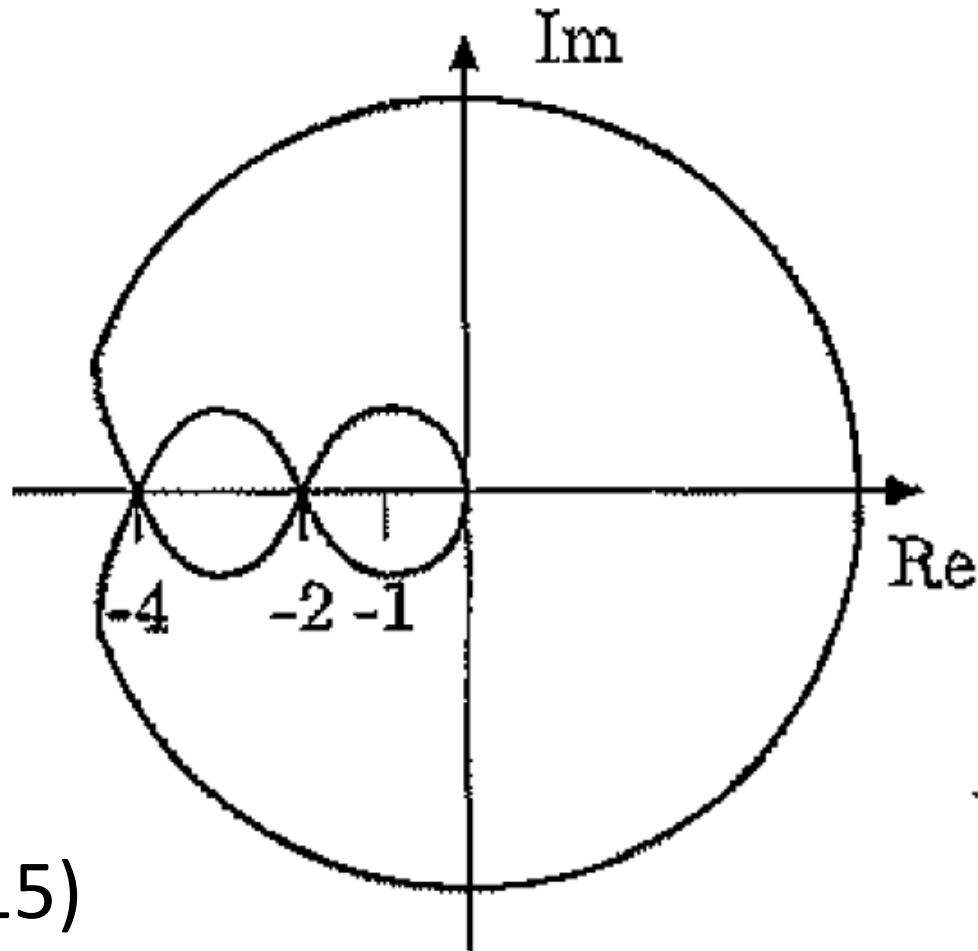


(Om "vänster" svårtolkat: Anv. fullständiga Nyquistkriteriet)

Ligger -1 till vänster om
Nyquistkurvan?



Ja! Använd här fullständiga
Nyquistkriteriet istället



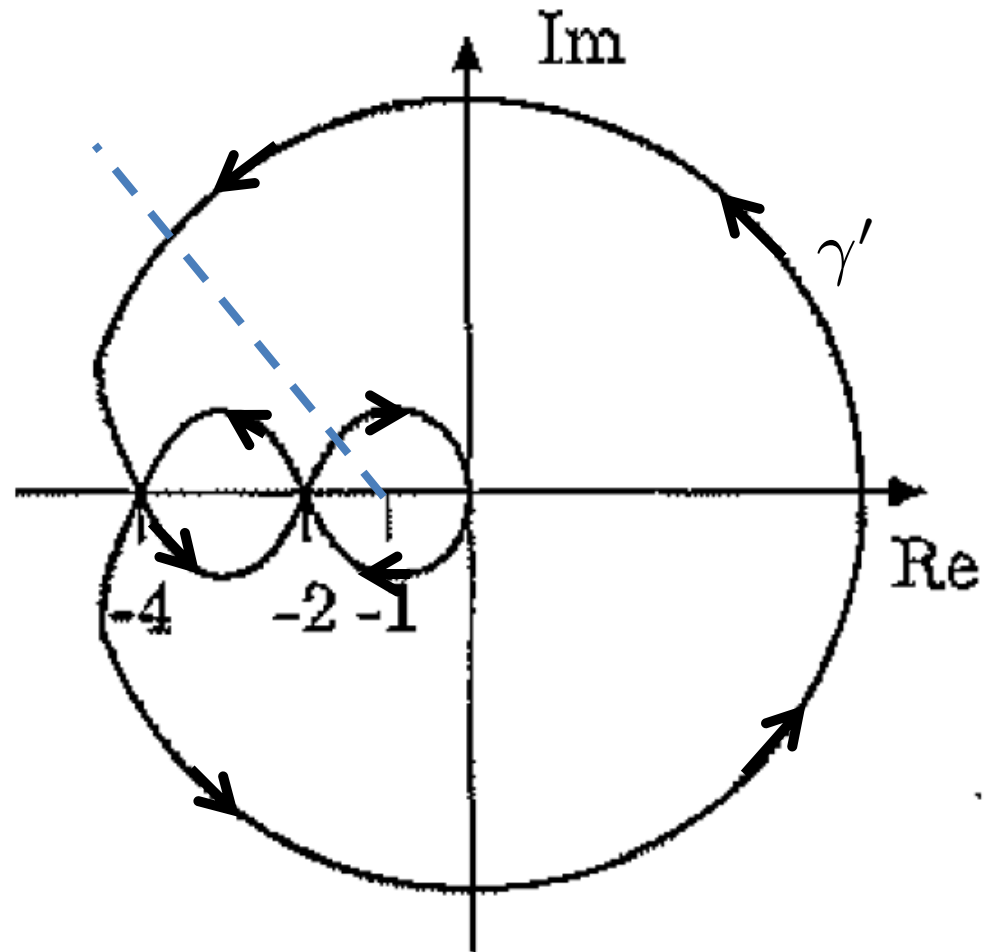
(Övning 3.15)

Ja! Använd här fullständiga Nyquistkriteriet istället

Antal positiva varv

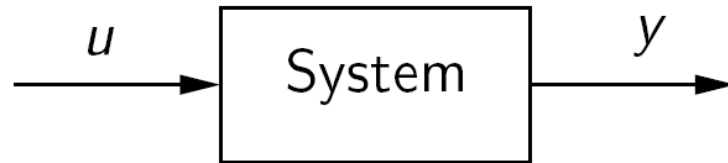
γ' omsluter $-1 =$

$$+1 + (-1) = 0$$



Systembeskrivningar

- System i blockschemaform



- System i differentialekvationsform

$$\ddot{y}(t) + a_1 \dot{y}(t) + a_2 y(t) = b_0 \dot{u}(t) + b_1 u(t)$$

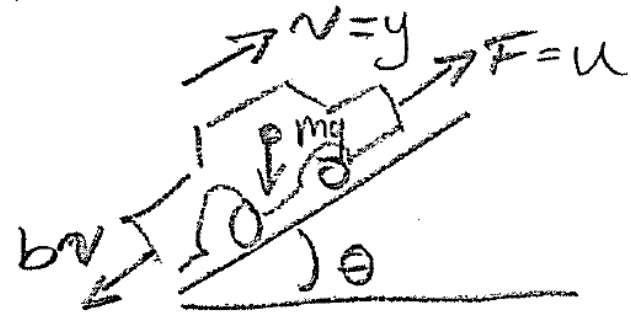
- System i överföringsfunktionsform

$$Y(s) = \underbrace{\frac{b_0 s + b_1}{s^2 + a_1 s + a_2}}_{G(s)} U(s)$$

- Idag: System i *frekvensbeskrivningsform*

Modell av bil

($m = 1$, $b = 0.5$, $\theta = 0$)



1. Från kraftlagen ($y = v$, $u = F$):

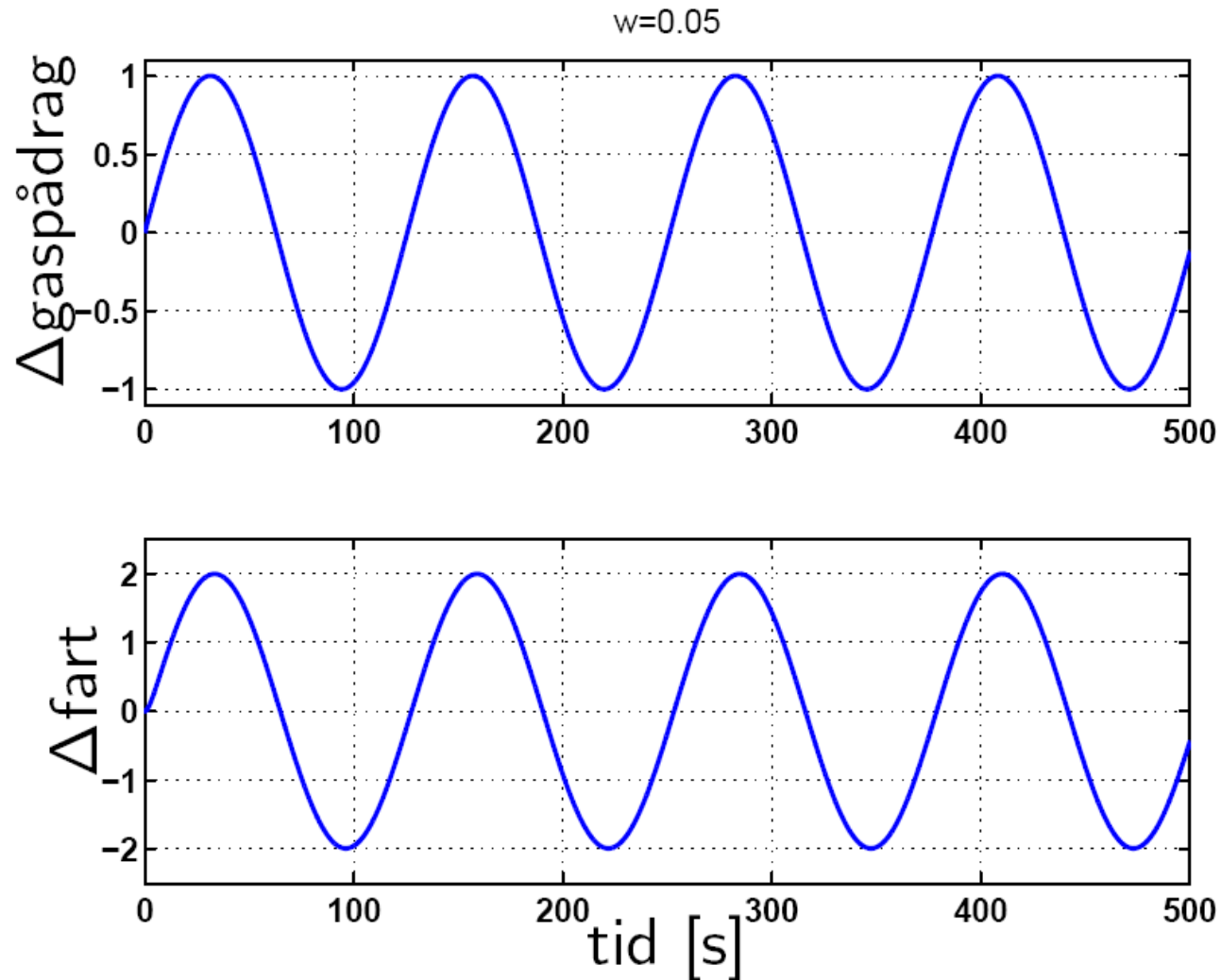
$$\dot{y} = -0.5y(t) + u(t)$$

2. Laplacetransformation ger

$$Y(s) = \frac{2}{2s + 1} U(s)$$

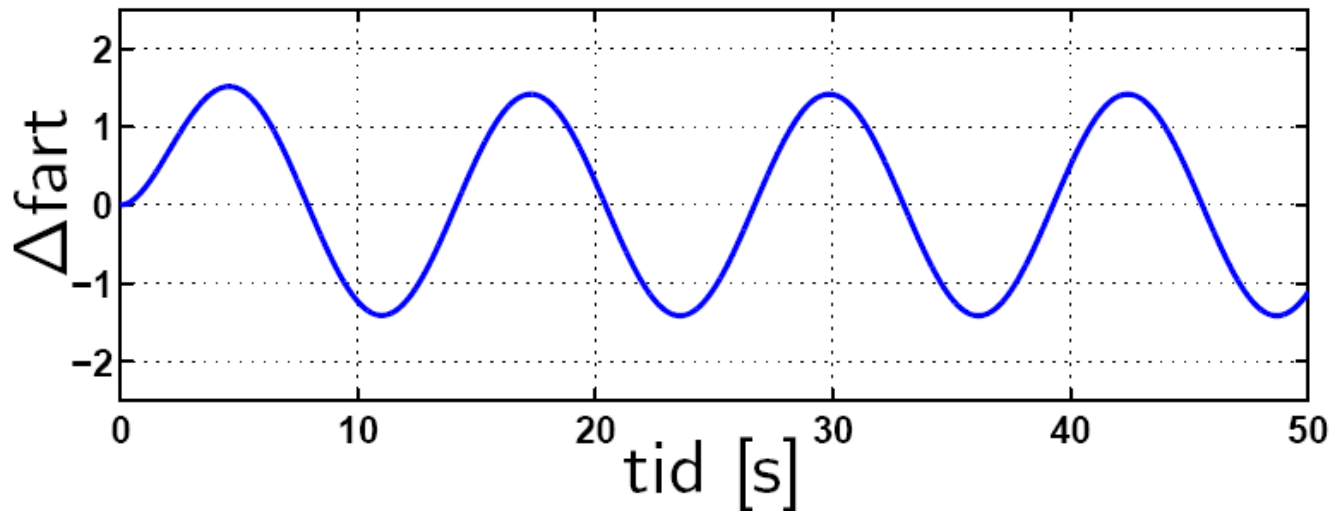
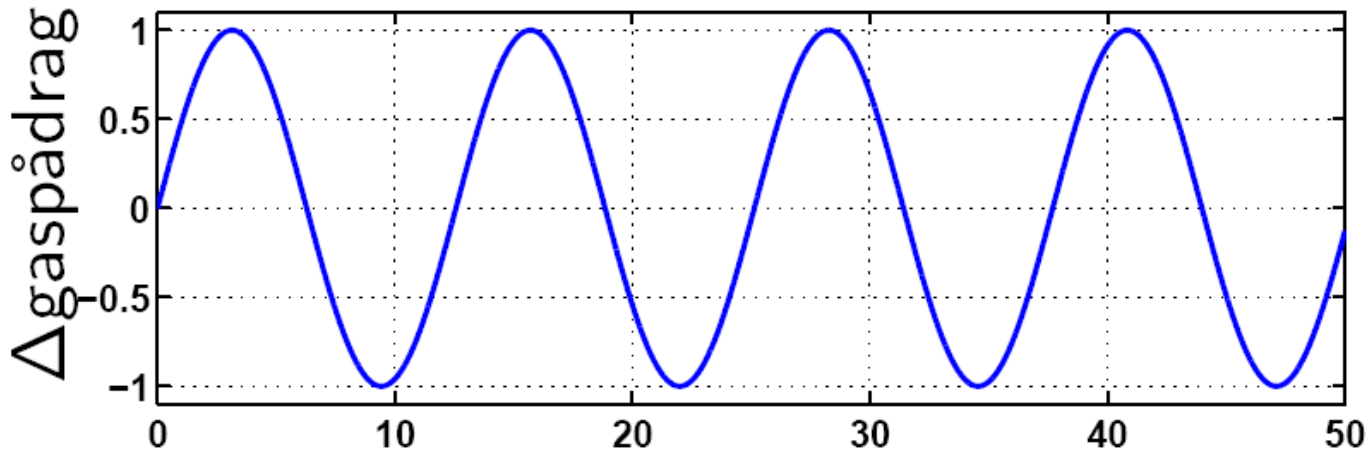
3. Låt $u(t) = \sin(\omega t)$, bestäm $y(t)$ som funktion av frekvens ω

Simulering av bil, $\omega=0.05$



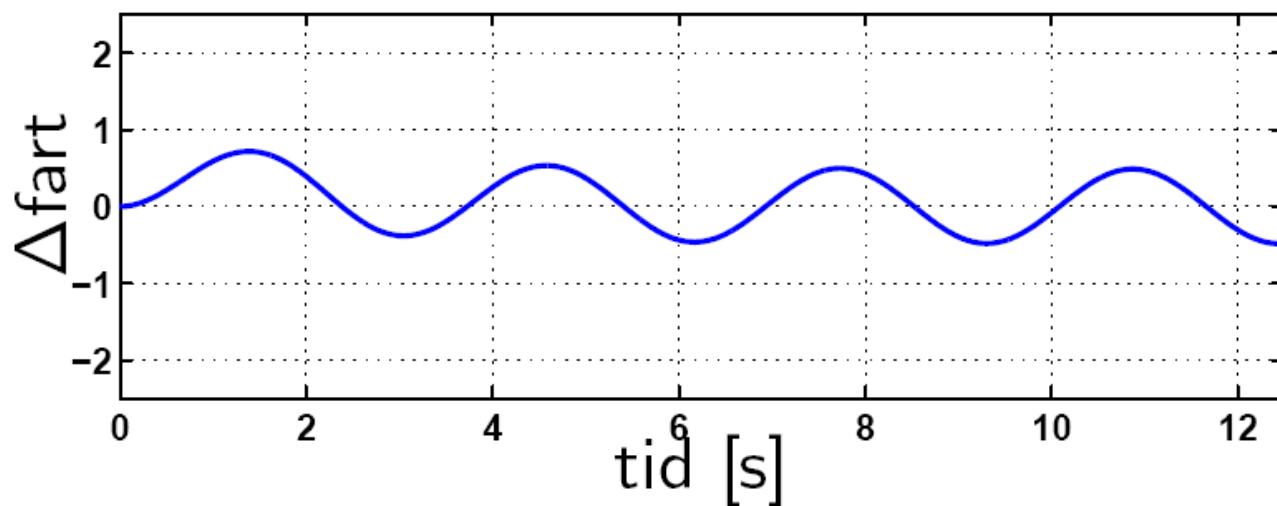
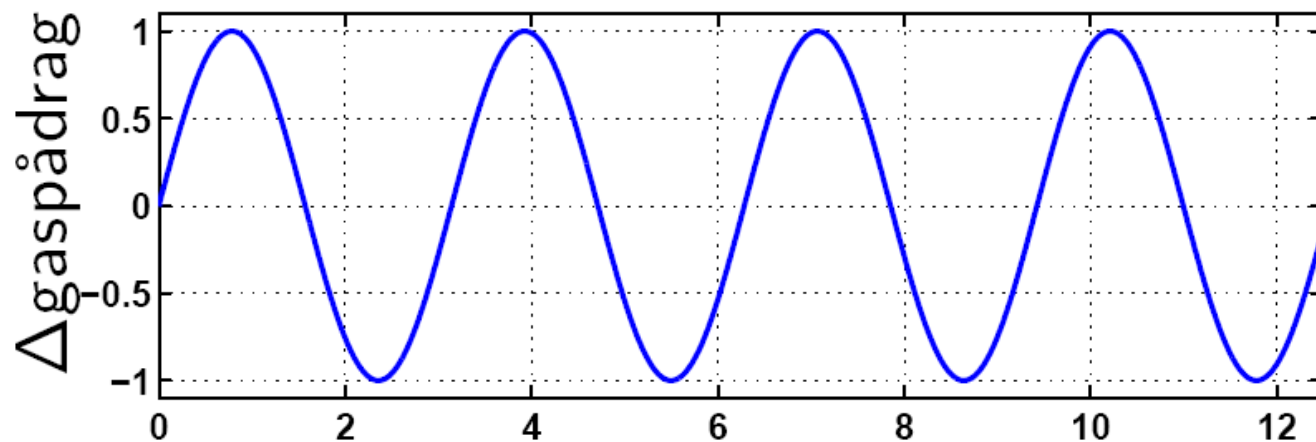
Simulering av bil, $\omega=0.5$

$w=0.5$



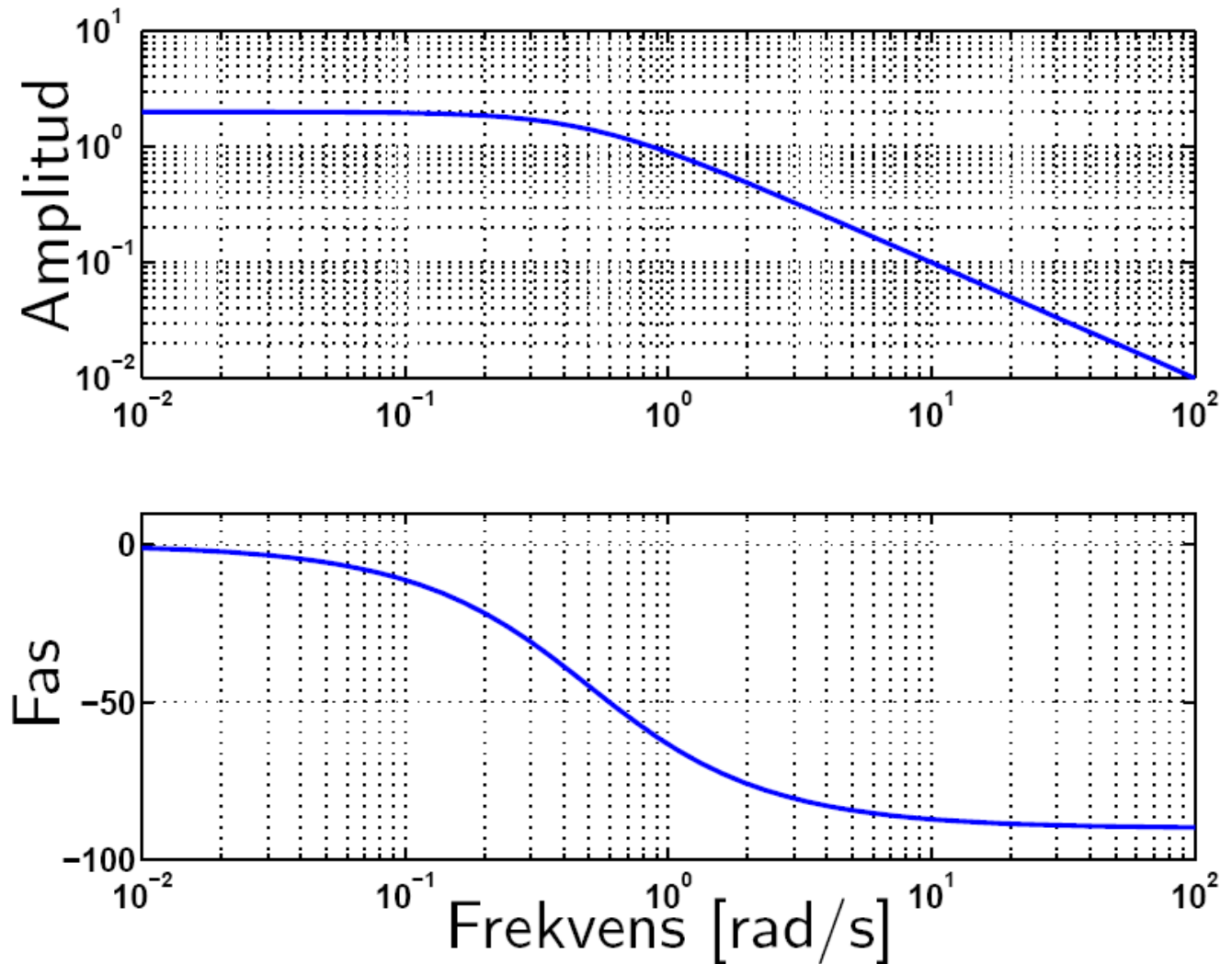
Simulering av bil, $\omega=2$

$w=2$



Bodediagram av bil

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



Bodediagram, Ex.3

$$G(s) = \frac{s+2}{(s+10)(s+1)}$$

- Matlab: `bode((s+2)/(s+10)/(s+1)), grid on`

