ÖVNING 8 (2017)

IDAG: >Samband i Bode-diagram
>Lead-Lag

(4.13) [TVÅ OLIKA, A resp. B]

SYSTEMET $Y(s) = G_0(s)U(s)$

REGLERAS MED $U(s) = R(s) - Y(s)$

DET SLUTNA SYSTEMET GES ALLTID AV:

$$Y(s) = G_0(s)(R(s) - Y(s))$$

$$Y(s) + G_0(s)Y(s) = G_0(s)R(s)$$

$$Y(s)(1 + G_0(s)) = G_0(s)R(s)$$

$$Y(s) = \underbrace{\frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)}}_{G_{CL}(s)} R(s)$$

UPPGIFT: PARA IHOP

- BODEDIAGRAM
  - ÖPPET SYSTEM G_0
  - SLUTET SYSTEM G_{CL}
- STEGSVAR
- POLER

FÖR RESP. SYSTEM (x2)

TEORI SPECIFIKATIONER

- ÖPPNA SYSTEMET s. 95 i BOK
  - Skärfrekvens ω_c; $|G(j\omega_c)| = 1$.
    LÄS AV: fasmarginal φ_m
  - Fasskärfrekvens ω_p: $\arg(G(j\omega_p)) = -180°$
    LÄS AV: amplitudmarginal A_m

    SE OH!!

- SLUTNA SYSTEMET s. 98 i BOK
  - Resonanstopp M_p: Högsta värdet på förstärkningen $|G_{CL}(j\omega)|$.
    φ_m liten $\Rightarrow$ M_p stor
  - Resonansfrekvens ω_r: frekvens vid resonanstoppen. (= frekvens för svängningar i stegsvar)
  - Bandbredd ω_B: frekvens där beloppskurvan $|G_{CL}(j\omega)|$ går under $-3dB = 1/\sqrt{2}$.
    Stor ω_B $\Rightarrow$ snabbt system $\leftrightarrow$ $(2 \cdot \omega_B \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot T_r)$
    $\omega_B \approx \omega_c$

BYT ORDNING!

4.13 forts

a)

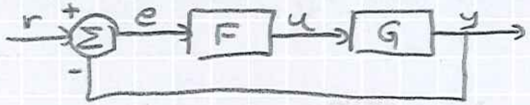
	"Bra"	vs	"Dåligt"	
ÖPPET SYSTEM	Stor A_m, φ_m	A	Liten A_m, φ_m	B
SLUTET SYSTEM	Liten resonanstopp	b	Stor resonanstopp	a
STEG-SVAR	Dämpat	2	Oscillativt	1
POLER	Hög relativ dämpning (=stor realdel)	I	Låg rel. dämpning (Stor imaginärdel)	II

b)

	"Bra"	vs	"Dåligt"	
STEG-SVAR	Snabbt	1	Långsamt	2
POLER	Längre från origo	I	Närmare origo	II
SLUTET SYSTEM	stor ω_B	b	liten ω_B	a
ÖPPET SYSTEM	stor ω_c ($\approx \omega_B$)	B	liten ω_c ($\approx \omega_B$)	A

5.20 Mål: Designa lead-lag-regulator

System: $Y(s) = G(s)U(s)$
$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$



→ VI KOMMER TA FRAM REGULATOR STEG FÖR STEG

---

a) SÖKES: Closed loop TF = Slutna systemets överföringsfunktion

$$Y = GU$$
$$= GF(R-Y)$$

$$\Leftrightarrow Y + GFY = GFR$$

$$\Leftrightarrow \boxed{Y = \underbrace{\frac{GF}{1+GF}}_{G_{CL}} R}$$

---

b) SÖKES: fasmarginal φ_m, skärfrekv. ω_c, systemet stabilt? vid $F(s) = K = 1$.

$K = 1$ innebär $G(s)F(s) = G(s)$

⇒ Vi kan läsa av ω_c, φ_m i Bodediagrammet!

$|G(i\omega_c)| = 1 \overset{\text{LÄS AV}}{\Longrightarrow} \omega_c = 1$ rad/s

$\arg(G(i\omega_c)) \overset{\text{LÄS AV}}{=} -130° \Rightarrow \varphi_m = 50°$

} STABILT SYSTEM

c) SÖKES: K så att systemet blir 2ggr så fort!

Dubbelt snabbt system
⇔ dubbel skärfrekvens,

d.v.s. $\omega_{c,d} = 2\omega_c = 2$ rad/s

DESIRED

Öppna systemet är nu $F(s)G(s) = KG(s)$, alltså

$$|KG(i\omega_{c,d})| = 1 \Leftrightarrow K|G(i\omega_{c,d})| = 1$$

$$\Leftrightarrow K = \frac{1}{|G(i\omega_{c,d})|} = \frac{1}{|G(2 \cdot i)|} = \frac{1}{0,3}$$

LÄS AV!

$\Rightarrow K = 3,33$

DETTA K FLYTTAR $\omega_c = 1$ rad/s TILL $\omega_{c,d} = 2$ rad/s

---

d) Vad har vi förlorat på detta

NOTERA $\arg(G(i\omega_{c,d})) = \arg(G(2 \cdot i)) = -175°$

d.v.s. BARA 5° FASMARGINAL KVAR!

⇒ Sämre prestanda (mer överslång m.m) i slutna systemet.

e) SÖKES: Regulator

$$F_{lead} = K\frac{\tau_D s + 1}{\tau_D \beta s + 1}$$

som ger • 2x så snabbt system ($\omega_{c,d} = 2$ rad/s)
• samma överslång ($\varphi_m = 50°$)

---

1) För att öka fasmarginalen:

• Vi behöver öka fasen med $50° - 5° = 45°$

• Diagram s. 106 $\Rightarrow \beta = 0{,}18$

$$\tau_D = \frac{1}{\omega_{c,d}\sqrt{\beta}} = \frac{1}{2\cdot\sqrt{0{,}18}} \approx 1{,}18$$

2) För att ha skärfrekvensen där den ska vara:

$$|F_{lead}(i\omega_{c,d})G(i\omega_{c,d})| = 1$$

$$\Leftrightarrow K\left|\frac{1{,}18\cdot i\cdot 2+1}{1{,}18\cdot 0{,}18\cdot i\cdot 2+1}\cdot 0{,}3\right| = 1 \Rightarrow K = 1{,}4$$

LÄS AV

---

f) SÖKES: Statiskt fel vid enhetssteg ir.
Hur ändra $F(0)$ för att minska?

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} s\cdot E(s) = \lim_{s\to 0} s\cdot \underbrace{\frac{1}{1+F(s)G(s)}}_{\text{TF } r\to e}\cdot\underbrace{\frac{1}{s}}_{\text{ENHETSSTEG}} =$$

$$= \frac{1}{1+F(0)G(0)} = \frac{1}{1+K\cdot G(0)} = \frac{1}{1+1{,}4\cdot 3{,}5} \approx 0{,}17$$

LÄS AV!

För att minska statiskt fel måste vi öka $F(0)$!

---

g) SÖKES: γ i $F_{lag}(s) = \dfrac{\tau_I s + 1}{\tau_I s + \gamma}$ så att statiska felet elimineras.
($F = F_{lead}F_{lag}$)

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = \{f\} = \frac{1}{1+F(0)G(0)} = \frac{1}{1+3{,}5\cdot F(0)} = 0$$

KRÄVER ATT $F(0) = \infty$

d.v.s. $F(0) = K\cdot\dfrac{1}{\gamma} = \infty \Rightarrow \gamma = 0$

---

h) SÖKES: γ så att $\lim_{t\to\infty} e(t) = 0{,}01$, lämpligt τ_I.

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = \frac{1}{1+\frac{K}{\gamma}\cdot 3{,}5} = 0{,}01$$

$K = 1{,}4$: $\quad 1 + \dfrac{1{,}4}{\gamma}\cdot 3{,}5 = 100$

$$\gamma = \frac{1{,}4\cdot 3{,}5}{99} \approx 0{,}05$$

$$\tau_I = \frac{10}{\omega_{c,d}} = 5 \quad \leftarrow \text{TUMREGEL}$$

HÄR MÅSTE VI EG. GÅ TILLBAKA OCH ÄNDRA F_{lead}...