Løsningsforslag BIE240 Reg.tek.
8/12 - 2011

- begynner med å studere polene.

→ $H_{p,1}(s)$ har poler i :

$$s_1, s_2 = \frac{-1 \pm \sqrt{1 - 4 \cdot 2}}{2 \cdot 2}$$

$$= \frac{-1 \pm \sqrt{-7}}{2 \cdot 2}$$

$$= -\frac{1}{4} \pm j\frac{\sqrt{7}}{4}$$

$$= 0.25 \pm j\,0.66$$

Denne gjenkjennes i fig 4a).

→ $H_{p,2}(s)$ har poler i $s = -\frac{1}{2}$
(er ikke med)

→ $H_{p,3}(s)$ har poler i :

$$(s+1)(s+10) = 0$$

(er ikke med) $p_1 = s_1 = \div 1$, $p_2 = s_2 = -10$

$\rightarrow H_{p,4}(s)$ har poler i $s = -2$

(gjenkjennes i 4c) ②

$\rightarrow H_{p,5}(s)$ har poler i $(0.1s+1)(10s+1)=0$

$p_1 = s_1 = -10$

$p_2 = s_2 = -0.1$

(gjenkjennes i 4b)

$\rightarrow H_{p,6}(s)$ har poler i $p = s = \div 5$

(ikke med)

$\rightarrow H_{p,7}(s)$ har poler i $p = s = -0.2$

gjenkjennes i 4d)

$\rightarrow H_{p,8}(s)$ er da ikke med siden vi nå har 4 stk.

$$p_1, p_2 = \frac{-2 \pm \sqrt{4-7}}{4} = -\frac{1}{2} \pm j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Lager tabell:

	$H_{p,i}(s)$	fig 1	fig 2	fig 3	fig 4	fig 5
1	$H_{p,1}(s)$	a)	d	b	a)	d
2	$H_{p,4}(s)$	d	c	c	c)	a
3	$H_{p,5}(s)$	b	b	a	b)	b
4	$H_{p,7}(s)$	c	a	d	d)	c

Fig 1: a figuren har fall på 40 dB/dek.
Betyr at $H_{p,1}(s)$ eller $H_{p,5}(s)$
gjelder. Har resonanstopp,
$\Rightarrow \zeta < 1 \Rightarrow H_{p,1}(s) \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$
$\zeta = 0.35$

b figuren faller først -20 dB fra
$\omega = 0.1$, deretter -40 dB fra
$\omega = 10 \Rightarrow H_{p,5}(s) \Rightarrow \zeta > 1$
to reelle 1 ordens system i serie

Fig 1 e-figuren faller -20 dB/dek

knekker i $\omega_k = \frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0.2$

$\Rightarrow H_{p,7}(s)$

d-figuren faller -20 dB/dek

knekker i $\omega_k = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.5} = 2$

$\Rightarrow H_{p,4}(s)$

Fig 2 a-figuren går $-90°$ $\Rightarrow$ 1 ordens

enten $H_{p,4}(s)$ eller $H_{p,7}(s)$

passer $-45°$ i $\omega = 0.2$

$\Rightarrow H_{p,7}(s)$ fordi $H_{p,4}(s)$

har dødtid

$\Rightarrow$ mindre fase

b-figur: faller først mot -90,

deretter mot -180

$\Rightarrow$ andre orden

to forskjellige knekk $\Rightarrow H_{p,5}(s)$

Fig 2

c-figur: fasen faller og faller
$\Rightarrow$ dødtid

$\Rightarrow H_{p,4}(s)$

d-figur: fasen faller mot -180
$\Rightarrow$ andre orden
$\Rightarrow$ krysse -90 i $w = 0.7$

Ut fra $H_{p,1}(s)$ finner vi

ζ og w_0 som:

$$2s^2 + s + 1 = \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 2\frac{\zeta}{\omega_0}s + 1$$

$$\left(\frac{1}{\omega_0}\right)^2 = 2$$

$$\underline{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707}$$ ser stemmer

$$\frac{2\zeta}{\omega_0} = 1 \Rightarrow \underline{\zeta} = \frac{1}{2}\cdot\omega_0 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$= 0.35$$

Fig 3

a-figur : 1-ordens kurve

Tidskonstant på :

$3 \cdot 0.63 = 1.89$

avleser tidspunkt ved y verdi.

$T = 10$ sek.

Hadde ingen 1 ordens med tidskonstant på 10 sek, men derimot 2-orden

$H_{p,5}(s)$

$T_r \approx T_1 + T_2$

$\simeq 10 + 0.1 = \underline{\underline{10.1}}$

Ergo : $H_{p,5}(s)$

b-figur : overshoot på $\delta = \frac{y_{max} - y_s}{y_s} = \frac{3.9 - 3.0}{3.0}$

$= \frac{0.9}{3}$

$= 0.30$

inn i figur i vedlegg

$\delta = 0.3 \Rightarrow \underline{\zeta = 0.35}$ stemmer med $H_{p,1}(s)$

Fig 3

c- figur: 1 ordens respons med

dødtid = 0.2 sek

$\Longrightarrow H_{p,4}(s)$

d- figur: 1 ordens respons med

$T = 5$ sek $\Rightarrow H_{p,7}(s)$

Fig 4 er allerede ok.

Fig 5:

a- figur: periodetid: $T_p \approx 91 - 78$

$= 13$ sek

$w = \frac{2\pi}{13} \approx 0.48$

$\underline{w \approx 0.5 \frac{rad}{s}}$

$\Delta u = (0.98 - 0.82)/2$

$= 0.08$

$\Delta y = (1.24 - 0.82)/2$

$= 0.21$

$K = \frac{0.21}{0.08} = 2.625 \Longrightarrow \underline{8.38\ dB}$

Ved å avlese alle figurer

i Fig 1 ved $w = 0.5$ og avlese forsterkning ser vi at d) figuren stemmer.

Det betyr at $H_{p,4}(s)$ er riktig i Fig 5 a)

Fasen er heller ikke stor mellom $u(t)$ og $y(t)$ noe som bekreftes i fig 2c)

b- figur :

$$T_p \approx 205 - 140 = 65$$

$$\omega = \frac{2\pi}{65} = 0.0966 \simeq 0.1 \ \frac{rad}{s}$$

$$\Delta u = (1.27 - 0.93)/2 = 0.17$$

$$\Delta y = (1.87 - 1.13)/2 = 0.37$$

$$K = 2.17 \Rightarrow \underline{6.75 \text{ dB}}$$

fasen er: $y_{topp} : (t = 150 \text{ sek})$

$u_{topp} : (t = 140 \text{ sek})$

~~10 sek~~

⑨

10 sek av $T_p = 65$ sekund e

$$\varphi = \frac{10}{65} \cdot 2\pi = 0.96 = 55^\circ$$

eller $\frac{10}{65} \cdot 360^\circ = \underline{\underline{55^\circ}}$

Sammenligner med fig 1 og 2

6.75 dB og 55° } ved $w = 0.1$

⇓

$\underbrace{\underline{1b \text{ og } 2b}}_{H_{p,5}(s)}$

C-figur:

$T_p = 41 - 33 = 8$ sek

$w = \frac{2\pi}{T_p} \simeq 0.785 \simeq 0.8 \ \frac{\text{rad}}{s}$

$\Delta u = (0.82 - 0.58)/2 = 0.12$

$\Delta y = (1.14 - 0.96)/2 = 0.09$

$K = \frac{0.09}{0.12} = 0.75$

$= \underline{\underline{-2.5 \text{ dB}}}$

Fig 5

c – forts.

ser at ~~...~~

ved $w = 0.8$ og $K = -2.5$ dB

passer 1b $H_{p,5}(s)$ og 1c $H_{p,7}(s)$.

$H_{p,5}(s)$ var svaret i forrige

oppgave $\Rightarrow$ $H_{p,7}(s)$

d – figur: $T_p = 46 - 39 \approx 7$ sek

$w = \frac{2\pi}{T_p} \approx 1.0$ rad/s

$\Delta u = 0.1$

$\Delta y = (0.5 - 0.1)/2 = 0.2$

$\left.\begin{matrix}\Delta u = 0.1 \\ \Delta y = (0.5-0.1)/2 = 0.2\end{matrix}\right\} K = \frac{0.2}{0.1} = 2$

$= \underline{\underline{6\text{dB}}}$

ser at dette stemmer

med $H_{p,1}(s)$ i 1a).

11

Oppg 2 Regulering

a) i) Benytter PI på alle 3 fordi jeg ønsker ~~a~~ null reg. avvik stasjonært

ii) Benytt pol/nullpkt-kansellering på $H_{p,2}(s)$

Antar at $H_{p,5}(s)$ kan antas å skrives som $H_p(s) = \frac{3}{10s+1}$

(neglisjerer rask dynamikk)

Benytt pol/nullpkt-kansellering på denne også

LT

Benytter Z-N åpen sløyfe på $H_{p,6}(s)$

iii) Benytter $T_M = \frac{1}{3}T$ i design for $H_{p,2}(s)$ og $H_{p,5}(s)$.

iv) $H_{p,2}(s)$: $K_p = \frac{T}{T_M \cdot k} = \frac{2}{2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3} = \underline{1}$

$T_i = T = 2$

$H_{p,5}(s)$: $K_p = \frac{T}{T_M \cdot k} = \frac{10}{10 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3} = \underline{\underline{1}}$

$T_i = T = 10$

$H_{p,6}(s)$: $K_p = \frac{0.9\,U}{L \cdot R} = \frac{0.9 \cdot \cancel{U}}{L \cdot \frac{K \cdot \cancel{U}}{T}}$

$= \frac{0.9\,T}{L \cdot k}$

$= \frac{0.9 \cdot 0.2}{0.5 \cdot 3} = \underline{\underline{0.12}}$

$T_i = 3.3\tau = 3.3 \cdot 0.5 = \underline{\underline{1.65}}$

b) $H_r(s) = ?$

$$\mathcal{L}\left\{u = k_p \cdot e + \frac{k_p}{T_i}\int e \, d\tau\right\}$$

$$u(s) = k_p \cdot e(s) + \frac{k_p}{T_i} \cdot \frac{1}{s} e(s)$$

$$\frac{u(s)}{e(s)} = k_p + \frac{k_p}{T_i}\frac{1}{s}$$

$$= \frac{k_p T_i s + k_p}{T_i s} = \frac{k_p (T_i s + 1)}{T_i s}$$

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

$$H_o(s) = H_r(s) \cdot H_p(s)$$

$$= \frac{2s+1}{2s} \cdot \frac{3}{2s+1} = \frac{3}{2s}$$

$$M(s) = \frac{H_o(s)}{1 + H_o(s)} = \frac{\frac{3}{2s}}{1 + \frac{3}{2s}} = \frac{3}{2s+3} = \frac{1}{\frac{2}{3}s + 1}$$

$$N(s) = \frac{1}{1 + H_0(s)} = \frac{1}{1 + \frac{3}{2s}} = \frac{2s}{2s+3}$$

c) $e(s) = N(s) \cdot y_r(s)$

$$\lim_{t \to \infty} e(t) = \lim_{s \to 0} s \cdot e(s)$$

$$= \lim_{s \to 0} s \cdot N(s) \cdot \overbrace{y_r(s)}^{\frac{1}{s}}$$

$$= \lim_{s \to 0} N(s)$$

$$= N(0) = \underline{\underline{0}}$$

d)

$\Delta K = 12\,dB$

$\varphi = 110°$

e) stasjonær forsterkning er ∞ og fase $= -90$ } indikerer at $H_0(s)$ inneholder en integrator

f) $\varphi \hat{=} 55° \Rightarrow |H_0(j\omega)|$ må løftes 7dB $\Downarrow$ 2.23

Det betyr at

$\underline{K_{p,ny} = 2.23 \cdot K_p}$