Styr- och Reglerteknik M3

Tentamen 030821

Tid: 8:45-12:45, Lokal: M-huset

Lärare: Michael Tittus, tel 0733-970037, Mattias Henriksson, tel 7723714

Tentamen omfattar 30 poäng, där betyg tre fordrar 12 poäng, betyg fyra 18 poäng och betyg fem 24 poäng.

Tentamenresultat anslås senast den *3 september* på avdelningens anslagstavla.

Granskning av rättning sker den *3 och 4 september* kl 12:00-12:30 på avdelningen.

Tillåtna hjälpmedel:

- Formelsamling i reglerteknik
- Bode diagram
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook
- Typgodkänd kalkylator

Lycka till!

Institutionen för signaler och system
Avdelningen för reglerteknik och automation
Chalmers tekniska högskola

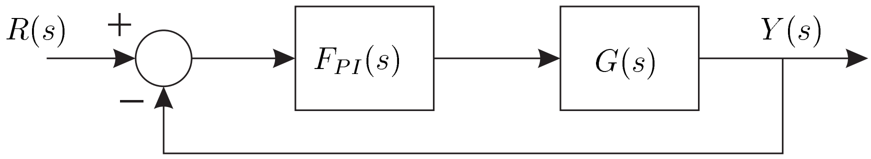
1

Skissa stegsvaret för överföringsfunktionen $G(s) = \frac{4}{4+8s}e^{-2s}$.

(2p)

2

En process $G(s) = \frac{3}{(1+2s)^3}$ ska regleras med hjälp av en PI-regulator $F_{PI} = K_i \frac{1+2s}{s}$, där T_i redan har valts för att förkorta bort en av processens tidskonstanter.



a. Hur ska K_i väljas för att ge det återkopplade systemet en amplitudmarginal på $A_m = 3$?

(3p)

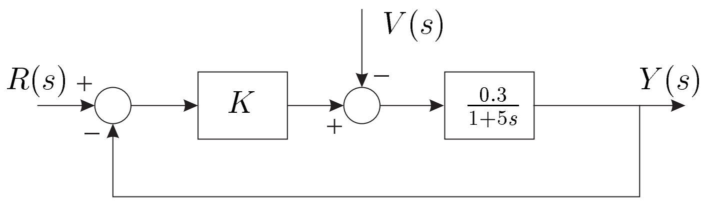
b. Med K_i från uppgift *a.*, vad blir det kvarstådende felet vid en rampformad börvärdesändring $r(t) = 0.6t$?

(2p)

3

Nedanstånde reglersystem utsätts för en sinusformad störning $v(t) = 0.3\sin(2t)$. Du ska beräkna en P-regulator så att denna störning orsakar en svängning i utsignalen med en amplitud som är mindre än 10^{-4}. Anta att $K > 0$. Är systemet stabilt?

(4p)



4

I slutet av tentatesen hittar du den asymptotiska amplitudkurvan för en industriell process som även innehåller en dödtid på uppskattningsvis 0.3 sekunder.

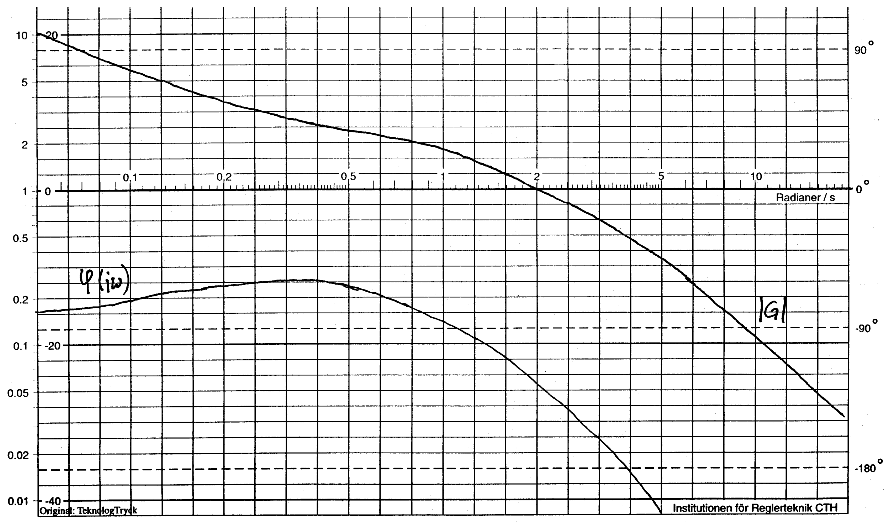
Bestäm processens överföringsfunktion samt rita in dess fas- och amplitudkurva (glöm inte dödtiden!!) i Bodediagrammet.

(3p)

OBS: Glöm inte att skicka med Bodediagrammet!!!!

5

En industriell process $G(s)$ har modellerats med en dödtid av 0.3 sekunder och är given med sitt Bodediagram (se nedanför). Denna process ska regleras.



a. Bestäm den P-regulator som ger det reglerade systemet en fasmarginal av $\varphi_m = 60°$.

(2p)

b. Robusthetsanalys: Hur stor får den verkliga dödtiden i processen maximalt vara (vi har dimensionerat P-regulatorn under antagandet att dödtiden är 0.3 sekunder) för att systemet ska ha en garanterad fasmarginal av $\varphi_m = 35°$?

(2p)

6

Ett servosystem med överföringsfunktion $G(s) = \frac{1}{s(s+8)^2}$ ska regleras så att kvarstående felet efter stegformad börvärdesändring undviks, fasmarginalen $\varphi_m \approx 60°$ och insvängningstiden $t_{5\%} \approx \frac{6}{\omega_c \cdot \tan(\varphi_m)} = 0.5$ sekunder. Inga krav på kvarstående fel efter stegstörningar ställs.

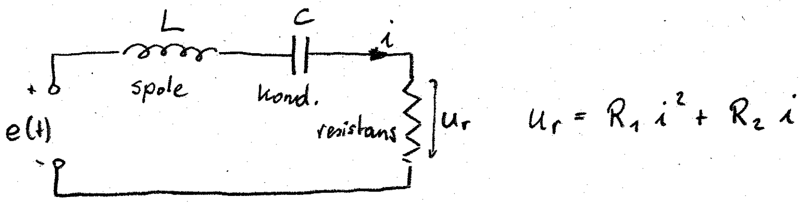
Dimensionera en lämplig regulator.

(5p)

7

Betrakta nedanstående elektriska krets innehållande en spole (L), en kondensator (C) och en olinjär resistans. Insignalen är spänningen $e(t)$ och utsignalen strömmen $i(t)$. Resistansen är olinjärt enligt $u_r = R_1 i^2 + R_2 i$.

a. Linjärisera resistansen kring den stationära arbetspunkten $e(t) = 0$. Beteckna den linjäriserade resistansen med R, dvs $\Delta u_r = R \Delta i$. (Ledning: Du behöver alltså inte ställa upp den olinjära differentialekvationen för hela systemet.)



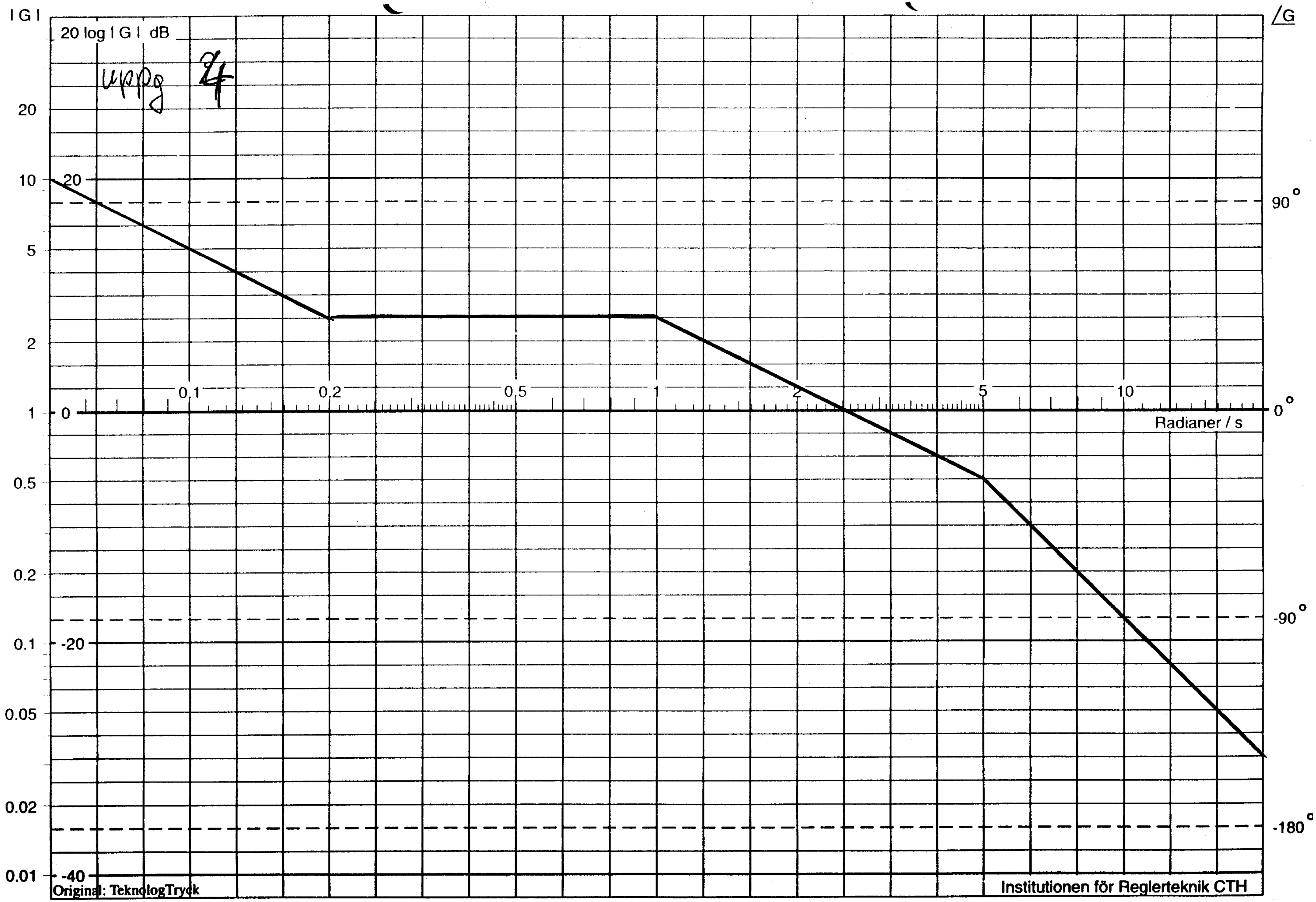
(2p)

b. Bestäm den linjära överföringsfunktionen $G(s) = \frac{\Delta I(s)}{\Delta E(s)}$.

(3p)

c. Antag att $C = 1$. Hur måste i detta fall R och L väljas för att dämpningen i systemet skall vara $\zeta = 0.5$. Ange R som en funktion av L. Ifall du inte har löst uppgift b, utgå då från $G(s) = \frac{1}{LCs^2+RCs+1}$.

(2p)

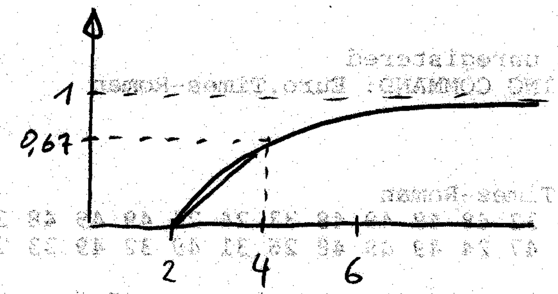


Original: TeknologTryck

Institutionen för Reglerteknik CTH

Tenta 21/8 - 03

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



2) a) $L = \frac{3K_i}{s(1+2s)^2}$

kar. ekv. $s(1+4s+4s^2)+3K_i = 0$

$$4s^3+4s^2+s+3K_i = 0$$

RH

s^3	4	1
s^2	4	$3K_i$
s^1	$\frac{4-12K_i}{4}$	0
s^0	$3K_i$	

$K_i > 0$

$1-3K_i > 0$

$K_i < \frac{1}{3}$

$A_m = 3 \Rightarrow K_i = \frac{1}{9}$

b) $e_r = \lim_{s\to 0} \cancel{s}\left(1-\frac{L}{1+L}\right)\frac{0,6}{s^{\cancel{2}}} =$

$$= \lim_{s\to 0} \frac{1}{1+L}\frac{0,6}{s} = \lim_{s\to 0} \frac{0,6}{s}\frac{s(1+2s)^2}{s(1+2s)^2+3K_i} = 1,8$$

3) $$\frac{Y}{V} = \frac{0{,}3}{1+5s+0{,}3K} = \frac{0{,}3}{1+0{,}3K+5j\omega}$$

amplitud ut: $$0{,}3 \cdot \frac{0{,}3}{\sqrt{(1+0{,}3K)^2+25\omega^2}} \le 10^{-4}$$

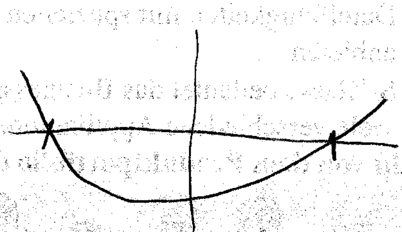
$$0{,}09 \le 10^{-4}\sqrt{(1+0{,}3K)^2+25\omega^2} \qquad \omega = 2$$

$$900^2 \le 1+0{,}6K+0{,}09K^2+25\cdot 2^2$$

$$K^2+6{,}67K-8998877{,}78 > 0$$

$K_1 = -3000$

$K_2 = 2996$



$\rightarrow K > 2996$

systemet stabilt, 1:a ordningens process

4. $$G(s) = \frac{0{,}5(1+5s)}{s(1+s)(1+0{,}2s)}$$

$$\varphi_G(\omega) = -90 - \operatorname{atan}\omega - \operatorname{atan} 0{,}2\omega + \operatorname{atan} 5\omega$$

$$-0{,}3\omega\,\frac{180}{\pi}$$

5) a)

$$K_p = -0{,}3\ dB = 0{,}966$$

b) $\omega_c = 1{,}85$

$$-\Delta T_d\ \omega_c\ \frac{180}{\pi} = -25^\circ$$

$$\Delta T_d = 0{,}236$$

→ max dödtid $T_{d,max} = 0{,}3 + \Delta T_d = 0{,}536$ sek

6) PD-regulator, ty integration i processen

$$G(s) = \frac{\frac{1}{64}}{s(1+\frac{1}{8}s)^2} \qquad G(j\omega) = \frac{1/64}{j\omega\,(1+\frac{1}{8}j\omega)^2}$$

$$t_{5\%} \approx 0{,}5 = \frac{6}{\omega_c \tan 60^\circ} \rightarrow \omega_c = 6{,}9\ s^{-1}$$

$$|G(j\omega_c)| = 0{,}0013$$

$$\varphi_G(\omega_c) = -90^\circ - 2\,\text{atan}\left(\tfrac{1}{8}\omega_c\right) = -171{,}5^\circ$$

lyft: $\varphi_F(\omega_c) = 51{,}5^\circ \rightarrow \beta = 8{,}5$

$$\omega_c = \frac{\sqrt{\beta}}{\tau} \rightarrow \tau = 0{,}42$$

$$K_p \sqrt{\beta}\,|G(j\omega_c)| = 1 \rightarrow K_p = 263{,}8$$

$$F_{PD}(s) = 263{,}8 \cdot \frac{1+0{,}42s}{1+0{,}049s}$$

7) AP: $e(t)=0 \Rightarrow i(t)=0$

a) $$\Delta u_r = \frac{\partial f}{\partial i}\bigg|_{AP} \Delta i$$

$$\Delta u_r = (2R_1 i + R_2)_{i=0} \Delta i$$

$$= R_2 \Delta i = R \Delta i$$

b) $$E(s) = \left(Ls + \frac{1}{Cs} + R\right) I$$

$$\frac{I}{E} = \frac{1}{Ls + \frac{1}{Cs} + R} = \frac{Cs}{LCs^2 + RCs + 1}$$

c) $$G(s) = \frac{s}{Ls^2 + Rs + 1}$$

$$\text{inf}: 1 + 2\xi Ts + T^2 s^2 \Rightarrow T = \sqrt{L}$$

$$\xi = \frac{R}{2\sqrt{L}} = 0{,}5$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{L}$$