LUNDS UNIVERSITET

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK för FiPI

Tentamen 16 mars 2015 kl 14–19

Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar totalt 25 poäng. Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift.

Betyg 3: lägst 12 poäng
4: lägst 17 poäng
5: lägst 22 poäng

Tillåtna hjälpmedel

Matematiska tabeller (TEFYMA eller motsvarande), formelsamling i reglerteknik samt icke förprogrammerade räknare.

Tentamensresultat

Resultatet meddelas via LADOK och bör vara tillgängligt senast tisdagen den 31 mars. Tid för visning meddelas på kursens hemsida.

1. Betrakta systemet $Y(s) = G(s)U(s)$ där

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$$

a. Beräkna systemets poler och nollställen. Är systemet stabilt? (1.5 p)

b. Finn en differentialekvation som relaterar $u(t)$ och $y(t)$. (0.5 p)

c. Vad blir utsignalen $y(t)$ om $u(t)$ är en stegfunktion (systemet är i vila då $t = 0$)? (1 p)

2. Följande ekvationer

$$\begin{aligned} \dot{x_1} &= x_1(2 - x_2) - u \\ \dot{x_2} &= -x_2(100 - x_1), \end{aligned}$$

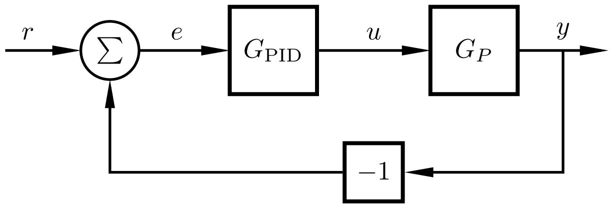
beskriver en dynamisk modell för populationen av bytesdjur och predatorer (t.ex. småfisk, x_1, och haj, x_2). Vi antar att man kan påverka systemet genom signalen $u \geq 0$ (t.ex. fiske).

a. Verifiera att punkten $(x_1, x_2, u_0) = (100, 2, 0)$ är en stationär punkt och linjärisera systemet kring denna punkt. (2 p)

b. Är det linjäriserade systemet asymptotiskt stabilt? (1 p)

c. Är det linjäriserade systemet styrbart? (1 p)

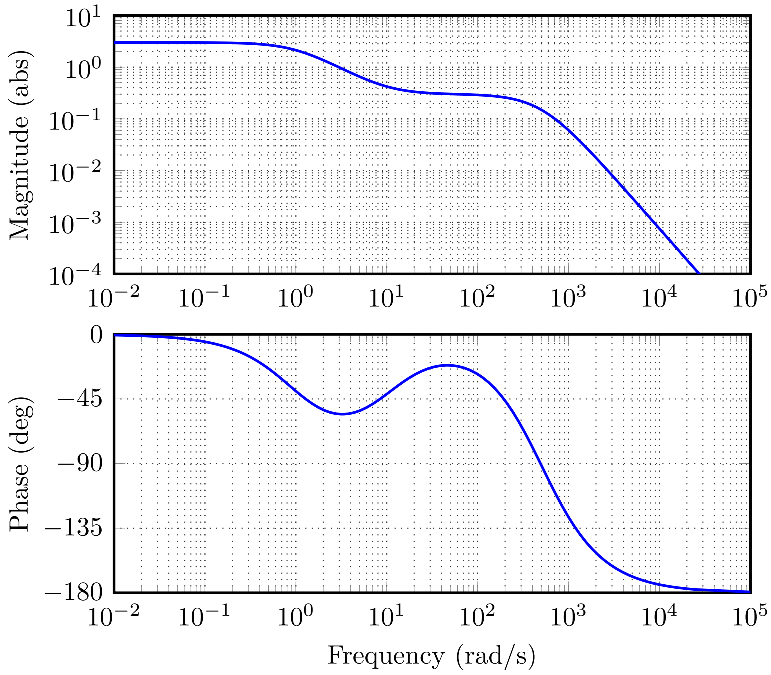
3. En process med överföringsfunktion G_P och en insignal u och utsignal y ska regleras så att y följer en referenssignal r. Detta kan göras med en PID-regulator med överföringsfunktion G_{PID} enligt blockdiagrammet i Figur 1.



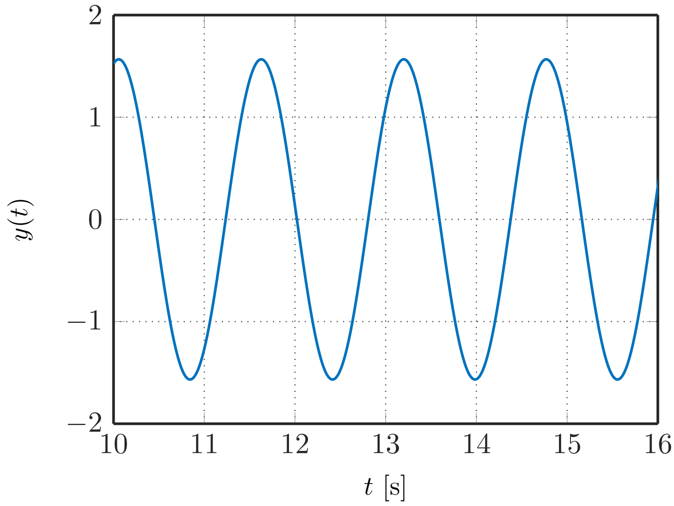
Figur 1 Blockdiagram för PID-reglering i uppgift 3

a. Antag att vi istället vill använda tillståndsåterkoppling tillsammans med ett Kalmanfilter som skattar tillstånden. Rita ett blockdiagram för denna regulatorstruktur. Du får använda ett ”Kalmanfilter”-block. (1 p)

b. Antag att vi istället kan mäta samtliga tillstånd x och att vi vill reglera processen med tillståndsåterkoppling utan något Kalmanfilter. Vi vill dock införa integralverkan i vår tillståndsåterkoppling för att eliminera stationära reglerfel. Rita ett blockdiagram för denna regulatorstruktur. (1 p)



Figur 2 Bode-diagrammet till uppgift 4.



Figur 3 Utsignalen till uppgift 4a.

4. Bode-digrammet för ett öppet asymptotiskt stabilt system utan komplexa poler visas i Figur 2.

a. I Figur 3 visas en utsignal ifrån systemet, då eventuella transienter har avklingat. Utsignalen är sinusformad, bestäm insignalen. (2 p)

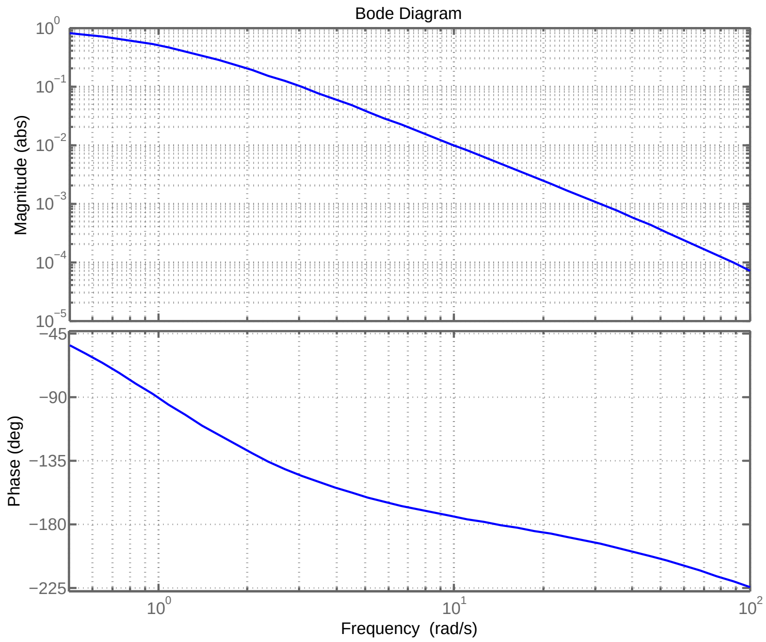
b. Utifrån Bode-diagrammet, bestäm systemets överföringsfunktion $G(s)$. (2 p)

c. Vad blir det stationära felet då systemet återkopplas med en P-regulator vars statiska förstärkning är K, förutsatt att det återkopplade systemet är stabilt? Ditt svar skall vara uttryckt i K och inte innehålla några fler parametrar. (1 p)

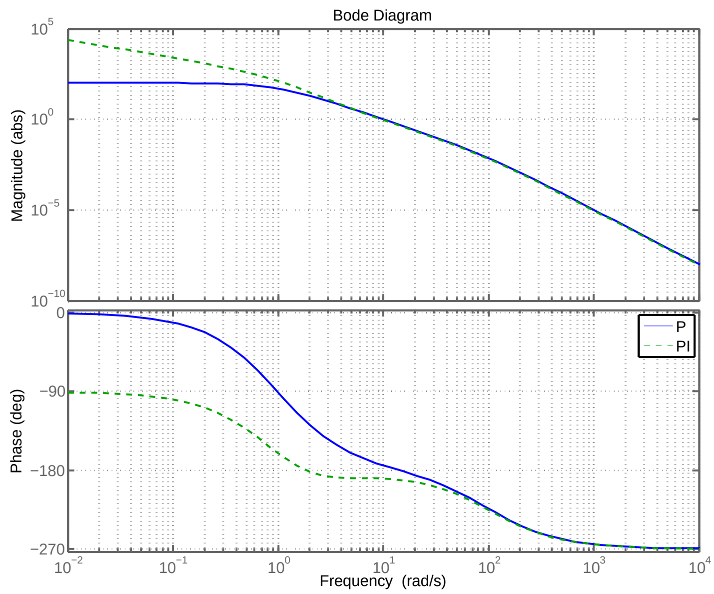
5. Bodediagrammet för en asymptotiskt stabil process G_P visas i Figur 4.

a. Använd Ziegler-Nichols frekvensmetod för att ta fram en P-regulator och en PI-regulator G_R för processen. (2 p)

b. Korrekt lösning av uppgift 5 a leder till kretsöverföringsfunktioner $G_0 = G_P G_R$ vars Bodediagram visas i Figur 5. Ingen av regulatorerna ger tillfredsställande reglering visar det sig. Förklara varför. (1 p)



Figur 4 Bodediagram för processen G_P i uppgift 5



Figur 5 Bodediagram för $G_0 = G_p G_R$ i uppgift 5 b. De heldragna linjerna svarar mot P-regulatorn och de streckade mot PI-regulatorn.

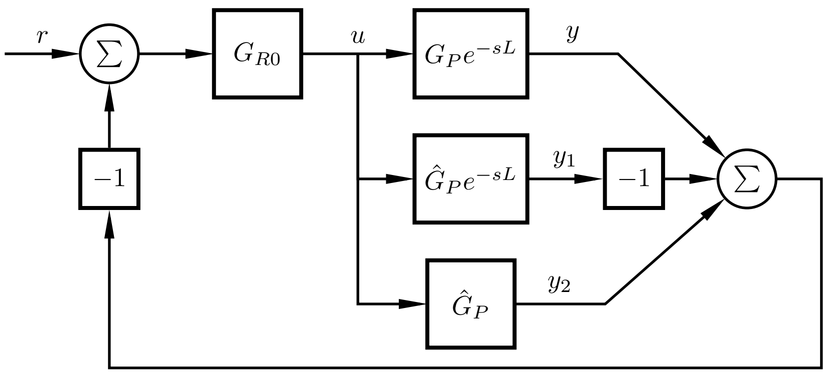
6. Ett system består av process och regulator givna av

$$G_P(s) = \frac{4}{s+2}, \quad G_R(s) = 1$$

a. Beräkna systemets skärfrekvens ω_c. (1 p)

b. Hur stor dödtidsmarginal L_m har systemet? (1 p)

c. Man vill åstadkomma att det återkopplade systemet klarar tidsfördröjningar på upp till $L_m = 0.75$ sekunder. Designa en lämplig kompenseringslänk G_R^{ny} som åstadkommer detta utan att ändra systemets skärfrekvens. (2 p)



Figur 6 Blockdiagram för regulatorstrukturen i uppgift 7

7.

a. Förklara kort iden med regulatorstrukturen i figur 6. För vilka processer brukar den användas? (1 p)

b. Visa att överföringsfunktionen $G_R(s)$ för hela regulatorn, dvs överföringsfunktionen från $e = r - y$ till u, ges av

$$G_R(s) = \frac{G_{R0}(s)}{1 + (1 - e^{-sL})\hat{G}_P(s)G_{R0}(s)}.$$

(1.5 p)

c. Antag nu att $G_{R0}(s) = \dfrac{1}{s}$ och $\hat{G}_P(s) = \dfrac{1}{s(s+1)}$. För vilka $L \geq 0$ har hela regulatorn $G_R(s)$ integralverkan? Motivera svaret med en uträkning av $G_R(s)$ då $s \to 0$. (1.5 p)