LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 13 januari 2012 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 anslås senast måndagen den 27 januari på institutionens hemsida och på anslagstavlan på vån 1 i Maskinhuset. Visning torsdagen den 2 februari kl 12.30-13.00 i lab C på första våningen.

1. En elektrisk motor beskrivs av följande differentialekvation

$$\dot{y} + 2y = u$$

där u är strömmen genom motorn och y är vinkelhastigheten. Motorn skall regleras med en PI-regulator $U = K(1 + \frac{1}{sT_i})(R - Y)$.

a. Rita ett blockschema som beskriver det aktuella reglersystemet. Markera process, regulator, referenssignal, styrsignal samt mätsignal. (1 p)

b. Bestäm regulatorparametrarna sådana att det slutna systemet får polerna i $s = -2$ och $s = -3$. (2 p)

2. En enkel PID regulator ges av ekvationen

$$U = K(1 + \frac{1}{sT_i})(1 + sT_d)(R - Y)$$

Beskriv tre möjliga förbättringar till PID regulatorn. (3 p)

3. Skriv om den olinjära differentialekvationen

$$\ddot{y}(t) + \dot{y}(t)^2 + y(t)^4 = u(t)$$

på tillståndsform genom att införa tillstånd $x_1(t) = \dot{y}(t)$ och $x_2(t) = y(t)$. Hitta sedan den stationära punkten där $u(t) = 0$ och linjärisera tillståndsmodellen kring denna punkt. (3 p)

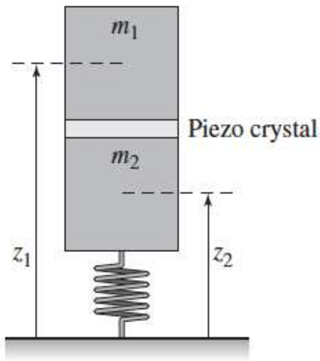
4. Betrakta tillståndsbeskrivningen

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 3 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \end{bmatrix} x$$

för en process. Parametrarna b_1, b_2, c_1 och c_2 är okända.

a. Är systemet asymptotiskt stabilt, stabilt eller instabilt? (1 p)

b. Bestäm villkor på de okända koefficienterna sådant att styrbarhet för processen säkerställs. (1 p)



Figur 1 Systemet i uppgift 5.

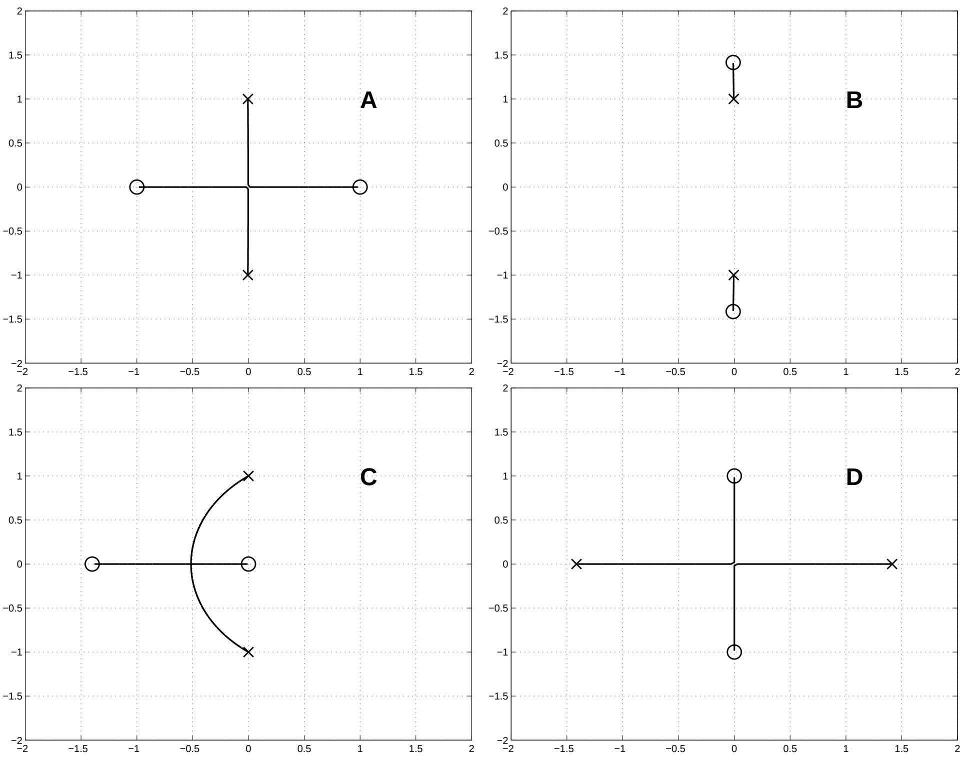
5. Följande ekvation är en modell för atomkraftsmikroskopet i figur 1

$$(m_1 + m_2)\frac{d^2 z_1}{dt^2} + c_2\frac{dz_1}{dt} + k_2 z_1 = m_2\frac{d^2 u}{dt^2} + c_2\frac{du}{dt} + k_2 u$$

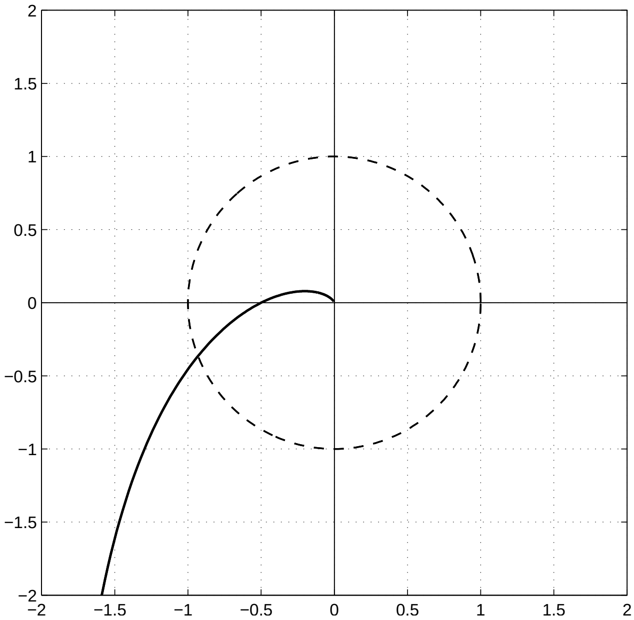
där u är insignal till piezo-elementet och $y = z_1$ är systemets utsignal.

a. Bestäm systemets överföringsfunktion $G(s)$, samt poler och nollställen, då $m_1 = m_2 = 1, c_2 = 0.02, k_2 = 2.$ (2 p)

b. Vilken av följande figurer visar rotorten för systemet? (1 p)



Figur 2 Rotorter



Figur 3 Nyquist-kurva för öppet system $G(s)$.

6. Betrakta Nyquist-kurvan i figur 3 för det stabila öppna systemet $G(s) = \frac{1}{s(s+1)^2}$. Systemet återkopplas med $u = -Ky$.

a. För vilka $K > 0$ är slutna systemet stabilt? (1 p)

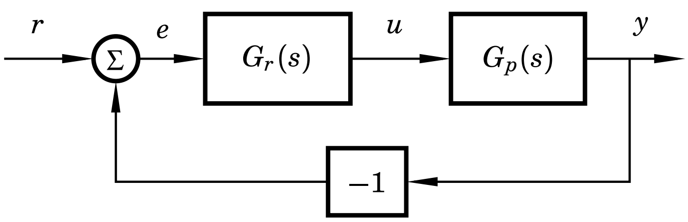
b. Antag att vi vill ha amplitudmarginal $A_m = 2$. Vilket K skall då användas? (Avläsning ur diagram är ok) (1 p)

c. Antag att vi vill ha fasmarginal $\varphi_m = 45$ grader. Vilket K skall då användas? (Avläsning ur diagram är ok) (1 p)

7. En process med följande överföringsfunktion

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

skall återkopplas med en regulator $G_r(s)$, enligt Figur 4.



Figur 4 Blockschema för reglersystemet i uppg. 7.

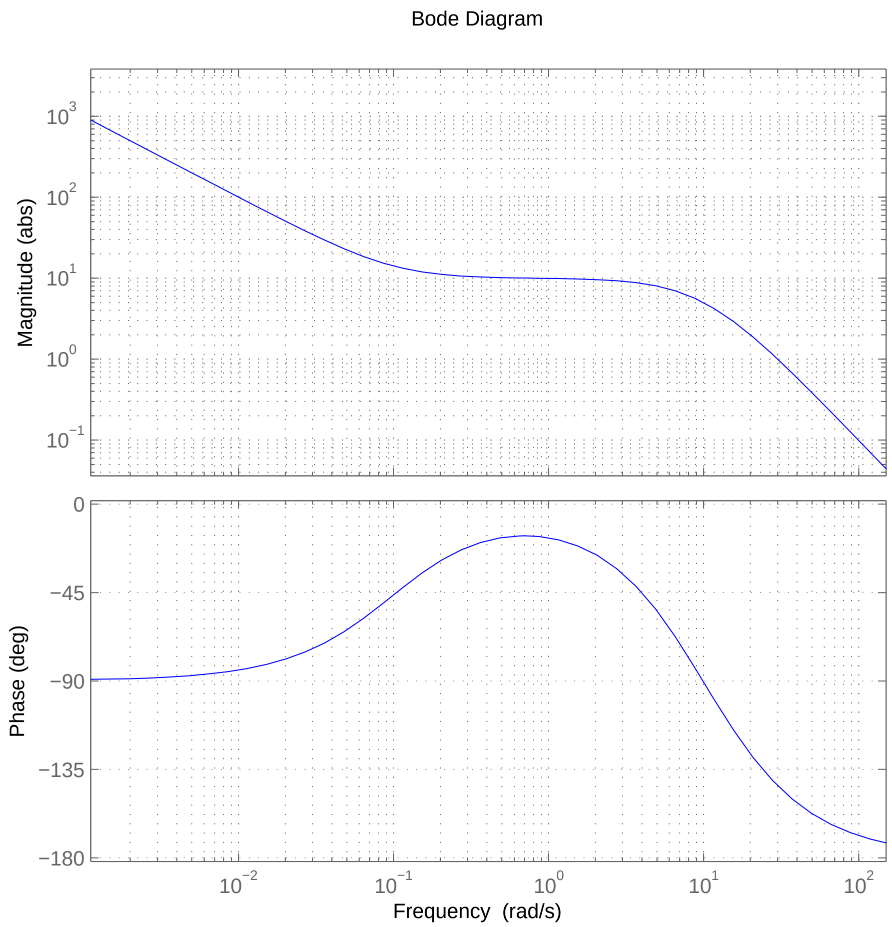
Man vill att det återkopplade systemet skall ha skärfrekvens $\omega_c = 3$,(dvs $|G_0(i\omega_c)| = 1$ för $G_0 = G_pG_r$) och fasmarginal $\varphi_m = 60$ grader. Man vill också att stationära reglerfelet vid stegändringar i referensvärdet skall vara noll. Man beslutar sig därför använda en kompenseringslänk av formen som kombinerar en fasavancerande och fasretarderande länk enligt

$$G_r(s) = K_k \frac{1 + s/b}{1 + s/(bN)} \cdot \frac{s + a}{s}$$

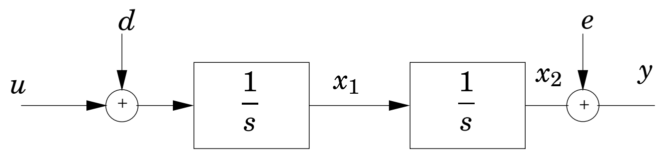
Bestäm K_k, b, N, a som uppfyller designvillkoren.

(Ledtråd: Bestäm först en fasavancerande länk som ger 66 graders fasmarginal. Använd sedan tumregeln $a = 0.1\omega_c$ som ger 6 graders försämring av fasmarginalen för att lägga till den fasretarderande länken). (3 p)

8. Bodediagrammet för ett system $G(s)$ har identifierats med hjälp av systemidentifiering. Resultatet kan ses i Figur 5. Bestäm systemets överföringsfunktion med hjälp av det identifierade Bodediagrammet. (2 p)



Figur 5 Bodediagram för systemet i uppgift 8.



Figur 6 Blockschema för drivsystemet i en bil.

9. Figur 6 visar en förenklad modell för drivsystemet för en bil, där insignalen u beror på gaspedalens läge, d är en störning som modellerar tex motorvariation, väglutning, luftmotstånd, x_1 är hastighet, x_2 är position, y är en positionsmätning (tex GPS) och e är mätbrus.

a. Designa ett Kalmanfilter som skattar x. Placera de två observerarpolerna i $s = -2$. Ekvationerna för systemet är

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= u + d \\ \dot{x}_2 &= x_1 \\ y &= x_2 + e \end{aligned}$$

Störningarna d och e är okända och bortses därför från i designen. (2 p)

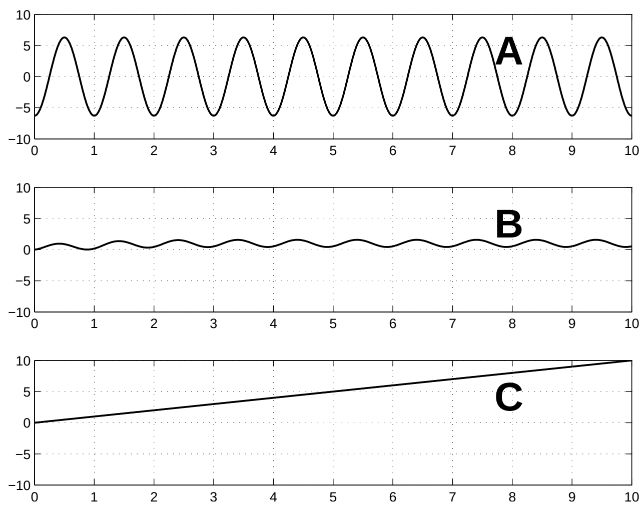
b. Tre olika metoder att skatta bilens hastighet x_1 ges av

Metod 1: $\widehat{x}_1(t) = \int_0^t u(\tau)d\tau$

Metod 2: $\widehat{x}_1(t) = \dfrac{dy}{dt}$

Metod 3: Kalmanfiltret i uppgift a, med $\widehat{x}_1(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} \widehat{x}$

Figur 7 visar skattningsfelet $x_1 - \widehat{x}_1$ då $d(t) = 1$ och $e(t) = \sin(2\pi t)$ för dessa tre metoder. Vilken kurva hör till vilken metod? (1 p)



Figur 7 Skattningsfel för hastigheten för de tre metoderna.