



LUNDS
UNIVERSITET

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Reglerteknik AK

Tentamen 9 maj 2015 kl 08–13

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 är tillgängligt senast 22 maj. Tid för visning meddelas på kursens hemsida.

Lycka till !

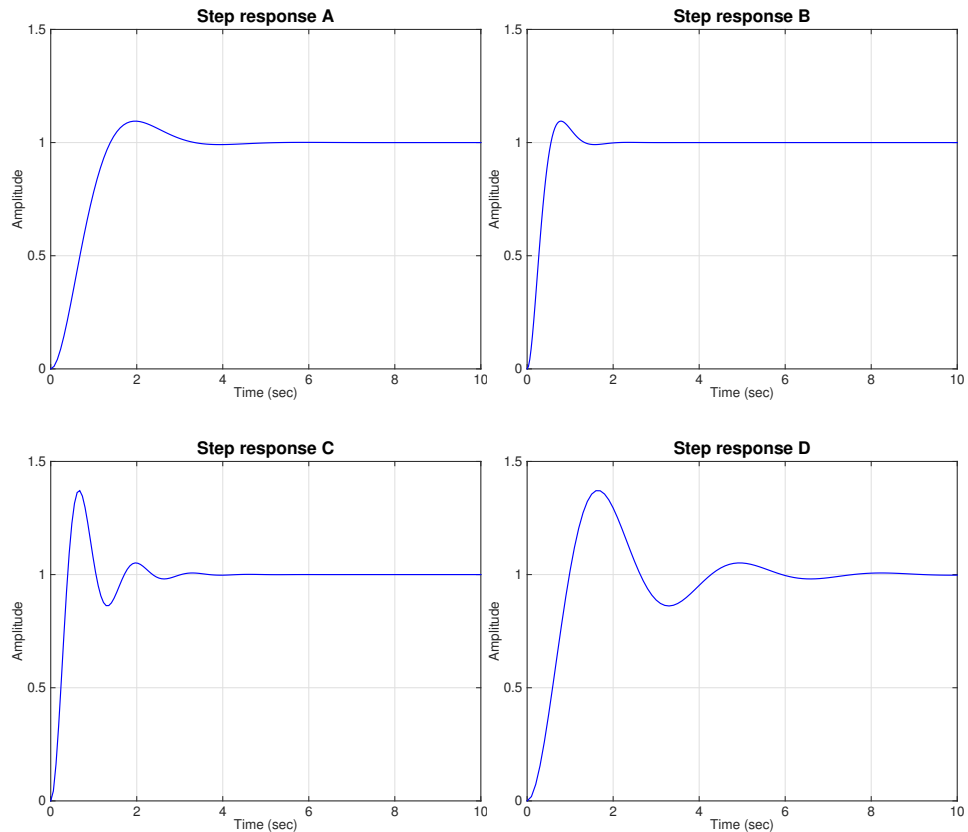
1. Figur 1 visar stegsvar från ett mekaniskt system med överföringsfunktionen

$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$$

för följande kombinationer av värden

$$\begin{aligned} (i) \quad \omega_0 = 5, \zeta = 0.6, & \quad (ii) \quad \omega_0 = 5, \zeta = 0.3, \\ (iii) \quad \omega_0 = 2, \zeta = 0.6, & \quad (iv) \quad \omega_0 = 2, \zeta = 0.3 \end{aligned}$$

Kombinera dessa värden med figurerna. Glöm inte motivera svaret. (2 p)



Figur 1: Stegsvär till uppgift 1

2. Följande modell beskriver dynamiken för en ”kavitet”, en pryl som används på ESS för skapa ett elektriskt fält som accelererar protoner,

$$Y(s) = G(s)U(s), \quad \text{där } G(s) = \frac{e^{-sL}}{1 + sT}.$$

- Finn en differentialekvation som relaterar $y(t)$ och $u(t)$. (1 p)
- Vad blir utsignalen $y(t)$ om $u(t)$ är en stegfunktion (systemet är i vila då $t = 0$)? (1 p)
- Bestäm hur lång tid det tar att nå cirka 63 procent av slutvärdet, dvs bestäm T_f med $y(T_f) = 1 - e^{-1}$. Antag $T = 10^{-5}$ sek och $L = 10^{-6}$ sek. (1 p)

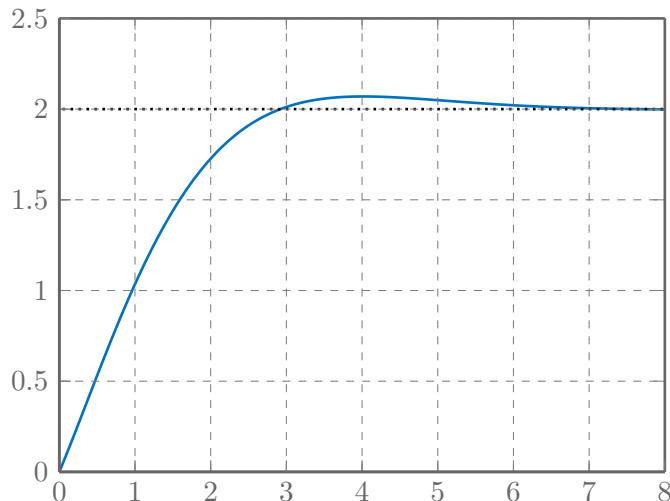
3. En linjäriserad modell av en pendel på en vagn ges av tillståndsekvationerna

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x$$

- Beräkna systemets överföringsfunktion, samt poler och nollställen. (2 p)
 - Beskriver modellen ovan beteendet nära pendelns upprätta position, eller nära positionen då den hänger rakt ner? Motivera svaret. (1 p)
 - Beräkna en tillståndsåterkoppling $u = -Lx$ som placerar slutna systemets poler i $s = -2$. (2 p)
4. Ett asymptotiskt stabilt dynamiskt system beskrivs av differentialekvationen

$$\alpha \ddot{y} + 3\dot{y} + 2y = \beta u + 2\dot{u},$$

där α och β är parametrar. Systemets stegsvar visas i Figur 2. Avgör med hjälp av stegsvaret värdena på α och β . (Ledtråd: Begynnelse och slutvärdesteoremen). (2 p)



Figur 2: Stegsvaret till uppgift 4.

- 5.

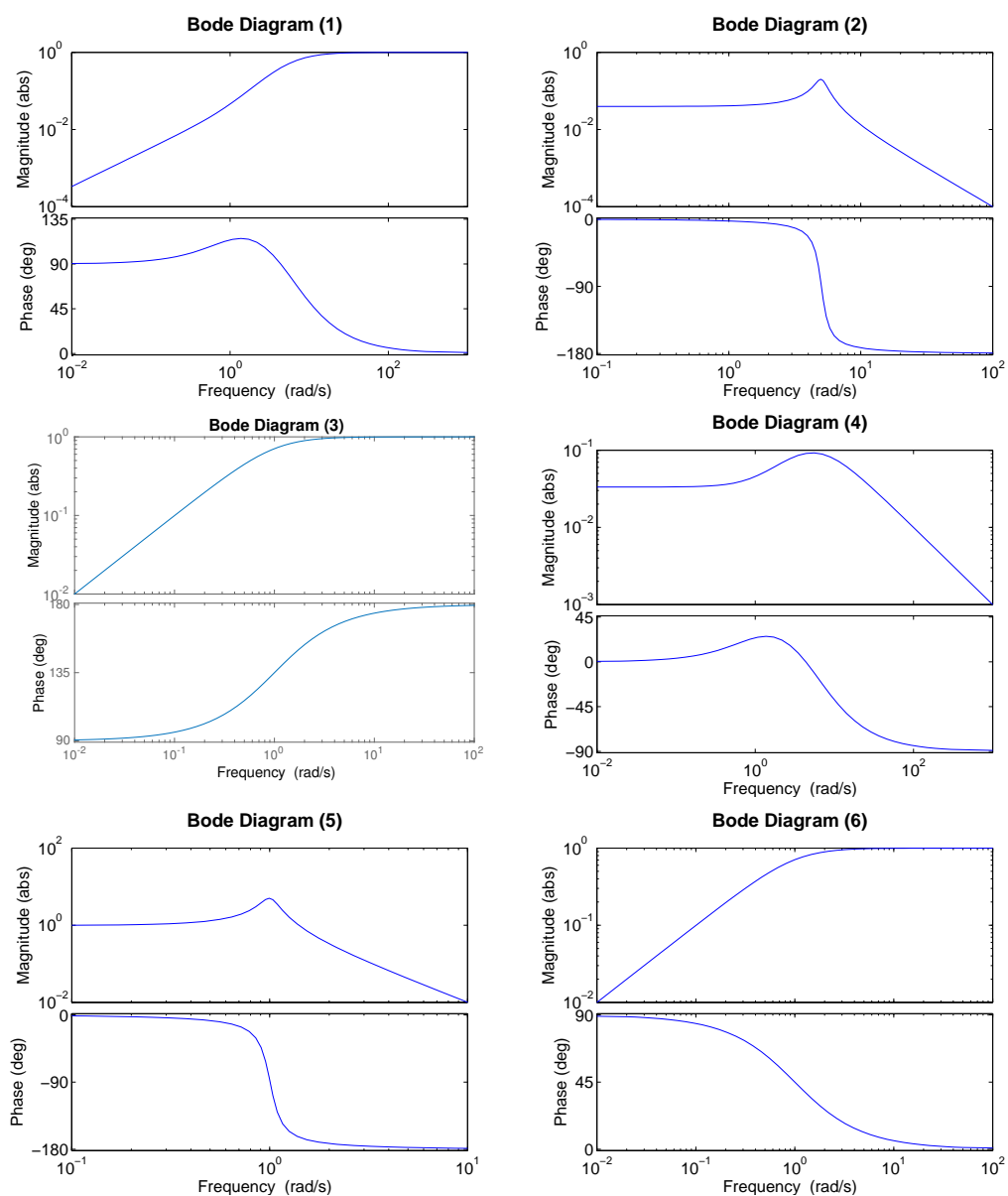
- Använd Lambda-metoden för att hitta parametrar K, T_i för en PI-regulator $G_R(s) = K(1 + \frac{1}{sT_i})$ för systemet i uppgift 2, dvs

$$G_P(s) = \frac{e^{-sL}}{1 + sT}.$$

Antag $T = 10^{-5}$ sek och $L = 10^{-6}$ sek och välj $\lambda = T$. (1 p)

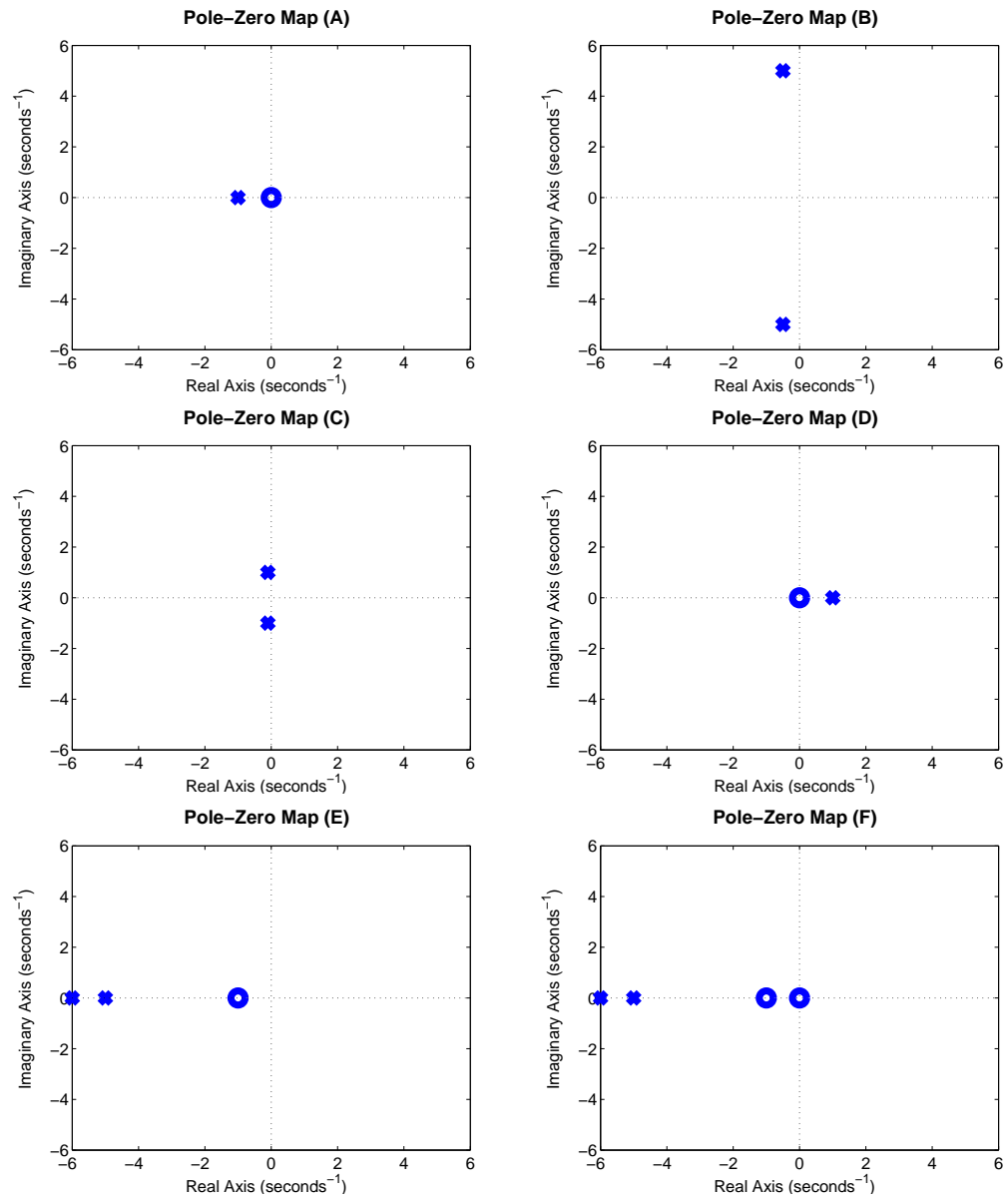
- Beräkna skärfrekvens ω_c och fasmarginal ϕ_m för systemet $G_0(s) = G_P(s)G_R(s)$ då regulatoren ovan används. Är fasmarginalen tillfredsställande? (3 p)

Lambda-metoden ges av $K = \frac{1}{K_p} \frac{T}{L+\lambda}$, $T_i = T$, där K_p är statisk förstärkning för G_p .



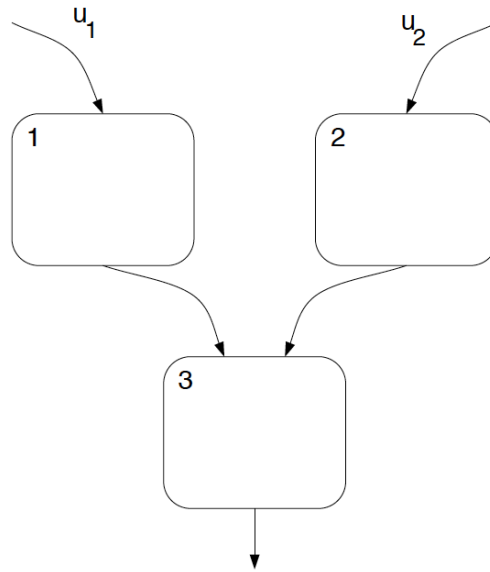
Figur 3: Bode-plots 1-6

6. Para ihop Bodediagram i Figur 3 med singularitetsdiagrammen i Figur 4. Du kan anta att det bara finns enkla poler och nollställe. Motivera svaret. (3 p)



Figur 4: Singularitetsdiagram A-F

7. Ett vattensystem består av tre sjöar, vilka förenklat beskrivs enligt figur 5 där pilarna representerar vattenflöden.



Figur 5: Vattensystemet i uppgift 7

Om man låter nivån i sjöarna representeras av tillståndsvariablerna $x_1(t)$, $x_2(t)$ och $x_3(t)$ kan systemet mycket förenklat beskrivas av ekvationerna

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= -x_1(t) + u_1(t) \\ \dot{x}_2(t) &= -\alpha x_2(t) + u_2(t) \\ \dot{x}_3(t) &= x_1(t) + x_2(t) - x_3(t)\end{aligned}$$

där $\alpha > 0$. Variablerna $u_1(t)$ och $u_2(t)$ betecknar inflödet i sjöarna 1 och 2 respektive och anses kända. Antag att man endast kan mäta nivån i en av de tre sjöarna. I vilken sjö måste man mäta nivån för att man skall kunna skatta nivån i de övriga med hjälp av denna mätning? För vilka värden på α kan nivån i de två andra sjöarna skattas? (3 p)

8. Ingenjör Kansellsson skall styra systemet

$$Y(s) = G_p(s)U(s) = \frac{s-2}{s^2}U(s)$$

och bestämmer sig för styrlagen

$$U(s) = G_r(s)(R(s) - Y(s))$$

där

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

Beräkna överföringsfunktionen från R till Y för det slutna systemet. Var ligger polerna till denna överföringsfunktion? Beskriv varför styrlagen inte är att rekommendera. (3 p)