

# TENTAMEN I REGLERTEKNIK (TSRT93)

SAL: TER1, TER2, TER4

TID: 20 augusti, 2026, klockan 8–13

KURS: TSRT93, REGLERTEKNIK

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 3

ANTAL SIDOR PÅ TENTAMEN: 9

ANSVARIG LÄRARE: Anders Hansson 070-3004401

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård 013-282225, [ninna.stensgard@liu.se](mailto:ninna.stensgard@liu.se)

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Grundläggande lärobok i reglerteknik, t.ex. ”Hansson: Reglerteknik—En Introduktion”, med normala inläsningsanteckningar, tabeller och formelsamlingar utgivna på förlag, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås på kurshemsidan efter tentamen.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:

betyg 3 27 poäng

betyg 4 40 poäng

betyg 5 50 poäng

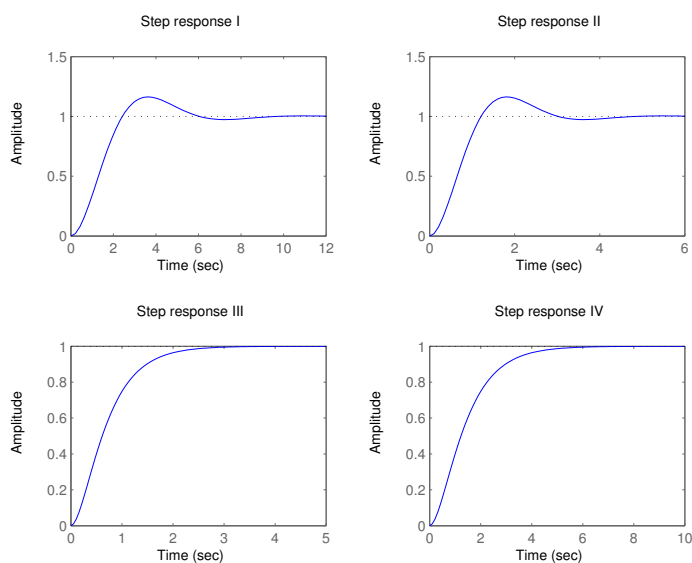
varav minst 6 poäng på varje huvuduppgift.

Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg kan följas på ett tydligt sätt. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

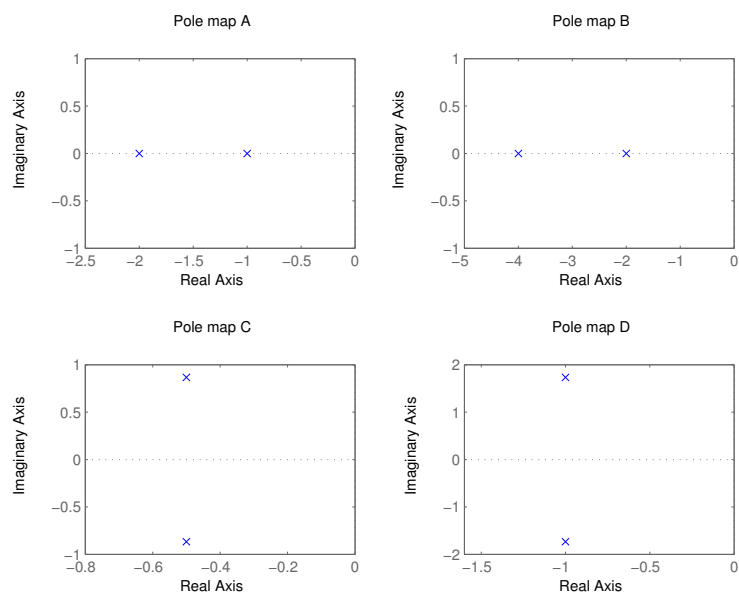
*Lycka till!*

1. (a) Para ihop stegsvaren i figur 1 med polerna i figur 2

4p



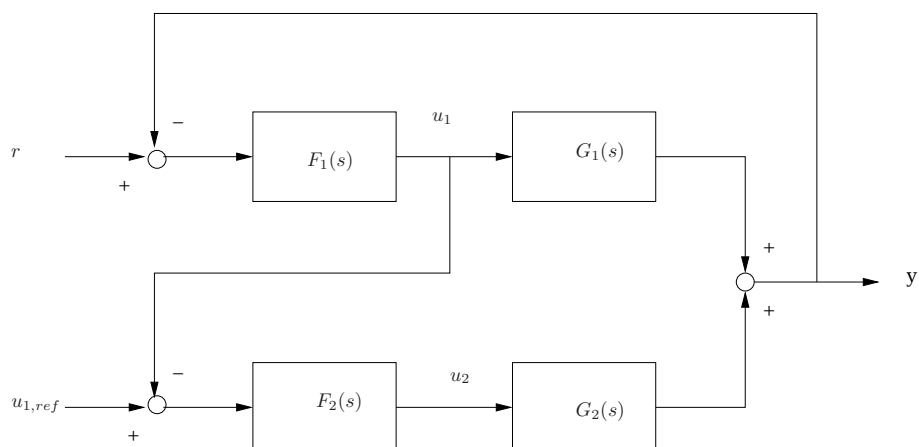
Figur 1: Stegsvär i uppgift 1a



Figur 2: Poler i uppgift 1a

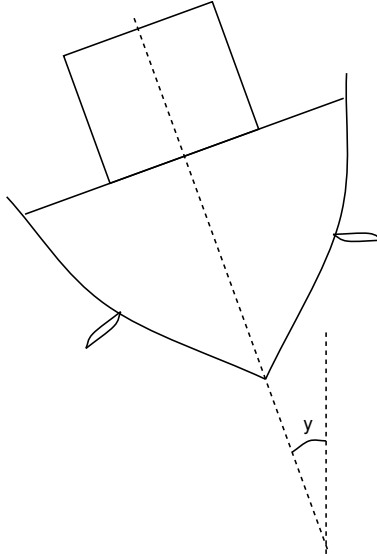
(b) Tag fram överföringsfunktionen från  $r$  till  $y$  i figur 3

8p



Figur 3: Systemuppställning i uppgift 1b

- (c) För passagerarnas komfort är det viktigt att stabilisera stora fartygs rullningar orsakade av vågor. Detta görs ofta med hjälp av fenor på sidan av fartygsskrovet, se figur 4.



Figur 4: Fartygsstabilisering i uppgift 1c,d.

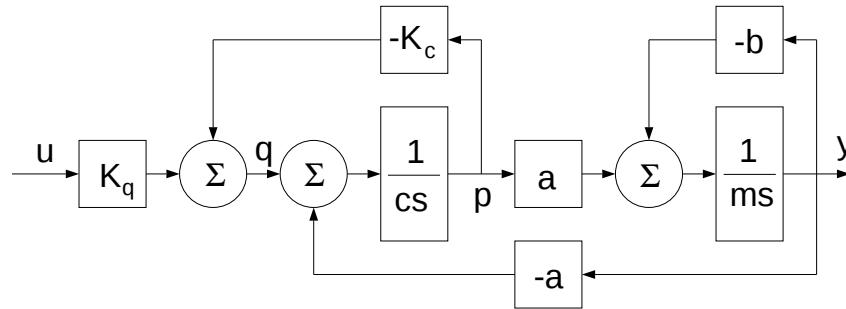
Utsignal är vinkeln  $y(t)$  och styrsignal  $u(t)$  är momentet som genereras av fenorna. Det gäller att  $Y(s) = G(s)(V(s) + U(s))$  och regulatorn är en P-regulator. Överföringsfunktionen för ett givet fartyg är

$$G(s) = \frac{9}{s^2 + 1.2s + 9}$$

Antag att referenssignalen är  $r(t) = 0$ , dvs att önskat vinkelläge hos fartyget är noll. Vad blir överföringsfunktionen från vågeffekten  $v(t)$  till vinkeln  $y(t)$ ? Antag att vågstörningen kan beskrivas som en stegstörning med amplitud  $a$ . Vad blir vinkeln  $y$  stationärt? 4p

- (d) Ange en regulatorstruktur så att vinkeln  $y$  blir noll stationärt även vid stegstörningar för uppgiften i c). 4p

2. (a) Figuren nedan visar en förenklad modell av ett hydraulsystem bestående av ventil, cylinder och kolv. Variablerna  $u, y, q$  och  $p$  betecknar ventilöppning, kolvhastighet, oljeflöde respektive tryck. De olika konstanterna beskriver systemets mekaniska och hydrauliska egenskaper.



Antag att man inför tillståndsvariablerna  $x_1(t) = y(t)$  och  $x_2(t) = p(t)$ . Verifiera att systemet kan skrivas på tillståndsformen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{b}{m} & \frac{a}{m} \\ -\frac{a}{c} & -\frac{K_c}{c} \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{K_q}{c} \end{pmatrix} u(t) \quad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$$

4p

- (b) Betrakta åter modellen i uppgift a). Sätt alla konstanter till ett och beräkna en tillståndsåterkoppling på formen

$$u(t) = -l_1 x_1(t) - l_2 x_2(t) + r(t)$$

så att det återkopplade systemets poler placeras i  $-2 \pm 2i$ .

6p

- (c) En elmotor beskrivs av överföringsfunktionen respektive tillståndsbeskrivningen

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad \begin{aligned} \dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t) \end{aligned}$$

Man har valt att styra motorn med en PD-regulator,

$$U(s) = (K_P + K_D s)(R(s) - Y(s)).$$

Visa att det finns en tillståndsåterkoppling

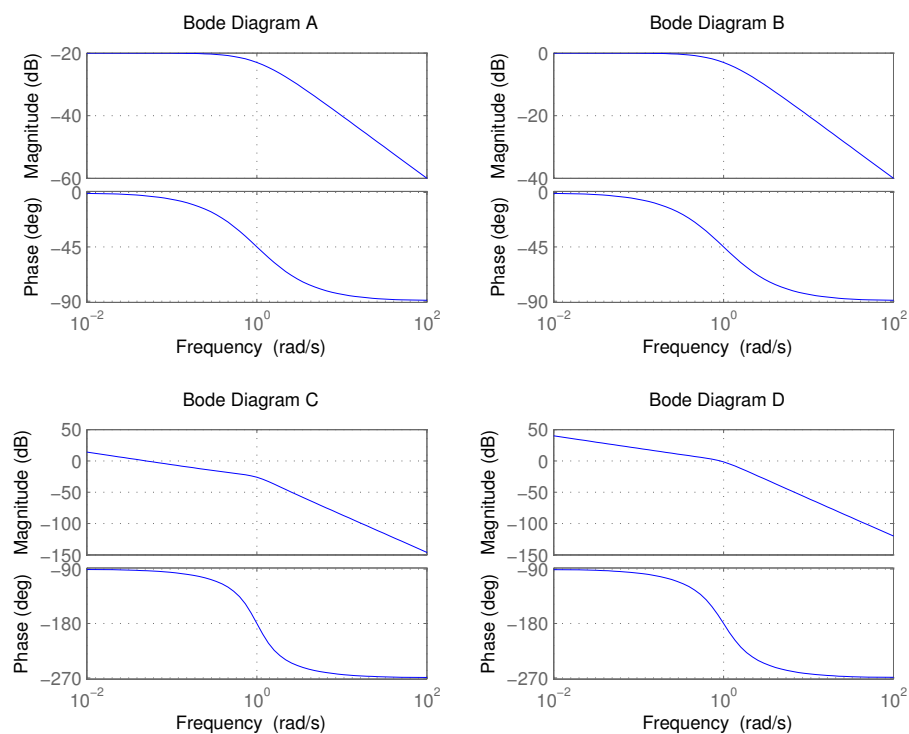
$$u(t) = -(l_1 \quad l_2) x(t) + l_0 r(t)$$

som ger slutna systemet samma poler som PD-regulatorn och ange hur parametrarna  $l_1$  och  $l_2$  skall väljas för att erhålla detta.  $l_0$  ska väljas så att inget stationärt fel erhålls vid konstanta referenssignaler. Hur skiljer sig de slutna systemen åt? 6p

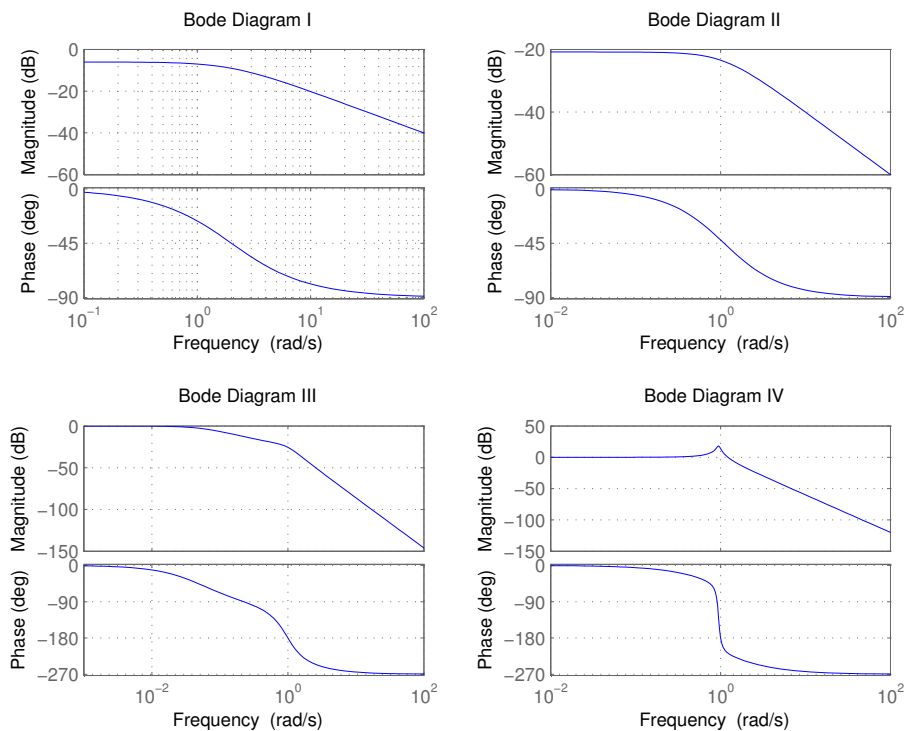
- (d) Antag att vi har ett system på tillståndsform definierat av matriserna  $(A, B, C, 0)$  där tillståndsvektorn har dimensionen två. Vi gör tillståndsåterkoppling från rekonstruerade tillstånd. Observatören vi använder kan enbart mäta  $x_1(t)$ . Visa att överföringsfunktionen från mätningen  $y(t)$  till skattningen  $\hat{x}_2(t)$  ges av  $M(sI - (A - BL - KC))^{-1}K$  där  $M$  är en lämpligt vald matris.

4p

3. (a) Para ihop de öppna systemens Bodediagram i Figur 5 med Bodediagramen för slutna systemet i Figur 6 (en P-regulator med förstärkning 1 har använts,  $U(s) = R(s) - Y(s)$ ). 4p

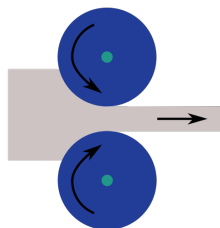


Figur 5: Öppna system i uppgift 3a



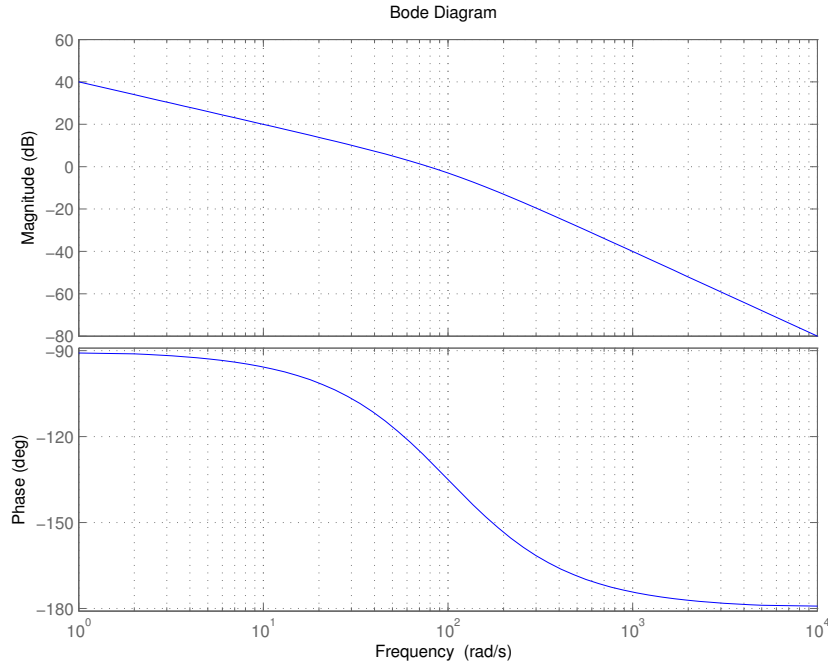
Figur 6: Slutna system i uppgift 3a

- (b) I ett valsverk pressas plåt till lämplig tjocklek genom att plåten drivs genom kraftansatta rullar som roterar med konstant hastighet. Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv med referenssignal  $r(t)$ , mätsignal  $y(t)$ , insignal  $u(t)$ , samt ge ett förslag på en regulatorstruktur. 4p



Figur 7: Valsverk i uppgift 3b

- (c) I Figur 8 nedan visas Bodediagrammet för ett system  $G(s)$ . Baserat på figuren, ge ett välmotiverat förslag på överföringsfunktionen  $G(s)$  (dvs, ange nämnare och täljare) 4p



Figur 8: Bodediagram för  $G(s)$  i uppgift 3c.

- (d) Hur stor blir amplituden på utsignalen från systemet

$$G(s) = \frac{100}{s^2 + s + 100},$$

då transienterna dött ut, om insignalen är  $u(t) = 2 \sin 10t$ ? 3p

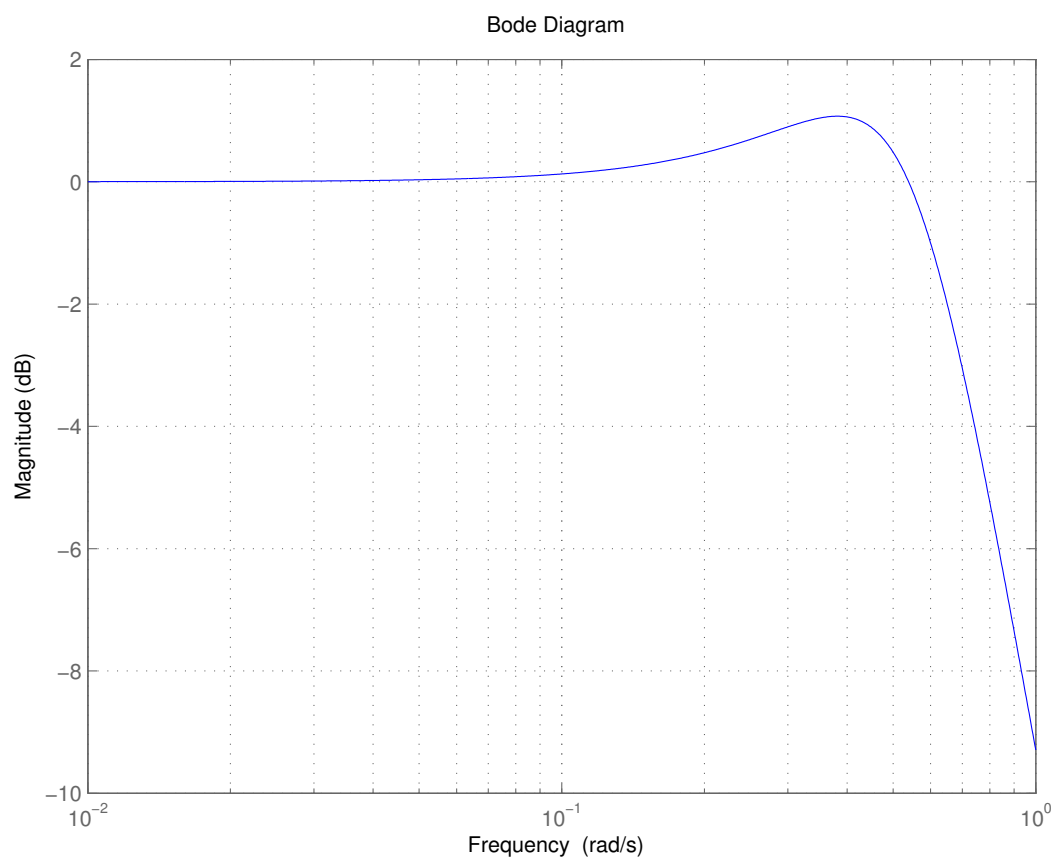
- (e) Med hjälp av modellen

$$G(s) = \frac{2}{s^3 + 7s^2 + 4s}$$

har man tagit fram en P-regulator med  $K_P = 1$  som ger ett stabilt slutet system. Komplementära känslighetsfunktionen  $T(s)$  visas i figur 9. Det sanna systemet  $G^0(s)$  skiljer sig från modellen och ges av

$$G^0(s) = \frac{2 + \gamma}{s^3 + 7s^2 + 4s}$$

För vilka värden på  $\gamma$  kan man använda robustetskriteriet för att garantera att det slutna systemet som fås när  $G^0(s)$  återkopplas med den valda P-regulatorn också är stabilt? 5p



Figur 9: Bodediagram för  $T(s)$  i uppgift 3e.