

TENTAMEN REGLERTEKNIK TSRT19/23

TID: 12 mars 2024, klockan 14 - 19

UTBKOD: TSRT19,23

MODUL: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg

JOURHAVANDE LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019, johan.lofberg@liu.se

BESÖKER SALEN: 15:30, 17:30

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-282225, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: "Reglerteknik, grundläggande teori" (anteckningar i bok tillåtna) tabeller, utgiven formelsamling i bokform såsom Tefyma, Mathematics Handbook, Beta etc., räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: betyg 3 23 poäng
betyg 4 33 poäng
betyg 5 43 poäng

BS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) Pulsträning har blivit ett populärt sätt att träna. Pulsträning innebär att man skall ha en belastning under sin träning så att man håller en viss puls, t.ex 160 hjärtslag per minut. Ett klassiskt träningsredskap är löpband. Ett löpband har två inställningsmöjligheter, hastighet på löpbandet samt löpbandets lutning (för att simulera uppförsbacke). Genom att ändra dessa två inställningar kan belastningen justeras. Din uppgift är att ta reglerteknik till hjälp för att föreslå en ny produkt som kombinerar en pulsmätare med en löpmaskin (och ytterligare sensorer och delar om du så behöver). Du skall alltså skapa ett träningsredskap där användaren kan knappa in önskad puls att träna i, och allt skall sedan ske automatiskt.

Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv med referens, in och ut-sig-naler, och ge förslag på hur regleringen kan se ut. Vad tror du det största problemet i din reglerdesign kommer att bli? (3p)

- (b) Du har blivit ansvarig för ett reglersystem på en fabrik. I en process har man problem med att det är överslängar samt oscillerar i sluten loop. I datorn som styr processen hittar du reglerprogrammet och där finns 3 konstanter definierade med namnen P , I och D . Vad gör du? Ge gärna flera förslag. (2p)

- (c) Ett system ges av tillståndsmodellen

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

För vilka α är systemet styr- och observerbart? Går det alltid att stabilisera systemet? (3p)

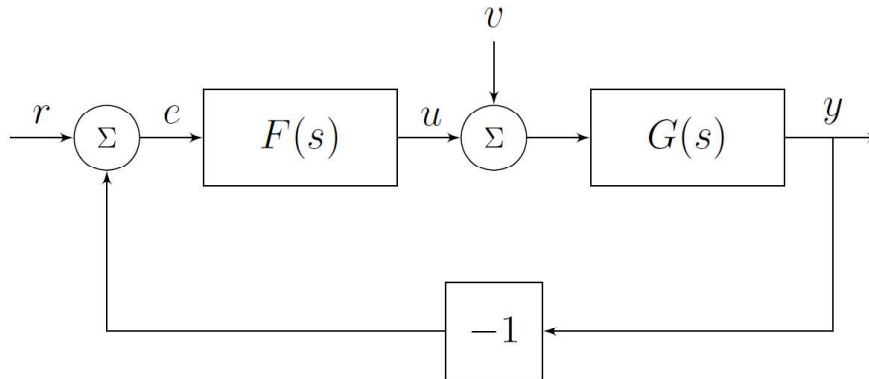
- (d) Systemet

$$Y(s) = G(s)U(s), \quad G(s) = \frac{2}{s+1}$$

drivs med en sinusformad insignal. Man noterar att utsignalen efter lång tid konvergerar till $y(t) = \sin(t)$. Vad var insignalen $u(t)$ till systemet? (2p)

2. Betrakta reglersystemet i figur 1 där

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)} \quad F(s) = K$$



Figur 1: Figur till uppgift 2a och 2b.

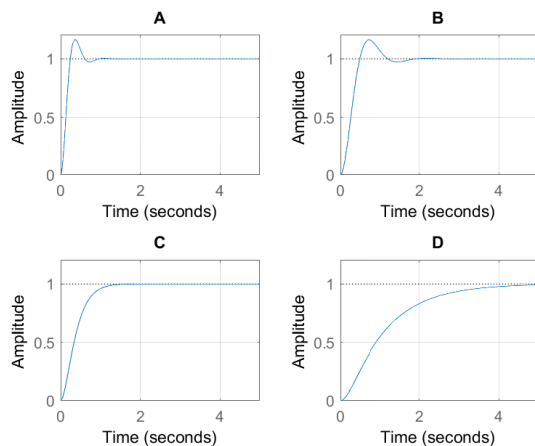
Antag också att $r(t) = 0$ och att insignalstörningen är sinusformad och ges av $v(t) = \sin \omega t$.

- (a) Bestäm överföringsfunktionen från störningen $v(t)$ till reglerfelet $e(t)$. (2p)
- (b) Bestäm ett krav på förstärkningen K så att reglerfelet asymptotiskt uppfyller villkoret

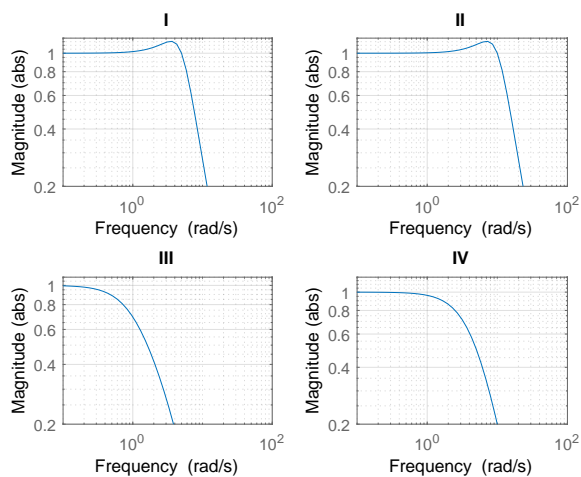
$$|e(t)| < 0.1$$

för både fallen $\omega = 1$ rad/s och $\omega = 5$ rad/s. (4p)

- (c) I figurerna 2 och 3 visas stegsvar och amplitudkurvor för fyra olika system.
 Kombinerastegsvaren och amplitudkurvorna. (4p)



Figur 2: Stegsvvar till uppgift 2c.

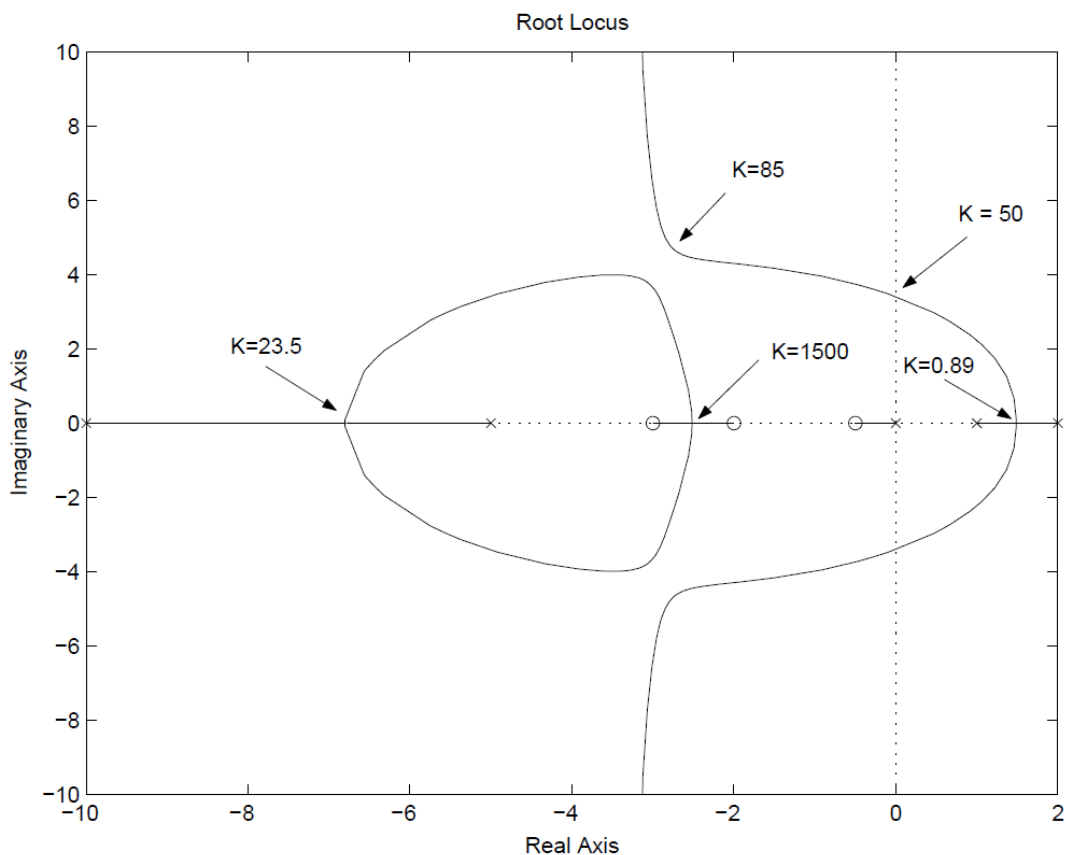


Figur 3: Bodediagram till uppgift 2c.

3. Ett system $G(s)$ med insignalen $u(t)$ och utsignalen $y(t)$ skall följa referenssignalen $r(t)$ och styrs med regulatorn

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

där $F(s)$ är av formen $F(s) = KF_0(s)$. Rotorten med avseende på K för det återkopplade systemet visas i figuren nedan (x startpunkter, o slutpunkter). Vi antar att ingen förkortning mellan poler och nollställen sker i $F(s)G(s)$.



- (a) För vilka K -värden är systemet stabilt? (2p)
- (b) För vilka K -värden är samtliga poler reella? (2p)
- (c) Vad blir det stationära felet om referenssignalen är ett steg? (2p)
- (d) För vilka K -värden kan man uppnå ett stabilt och väl dämpat system? (Låt väl dämpat betyda att varje pol har en realdel som är till beloppet större än imaginärdelen.) (2p)
- (e) Om F har gradtal ett i täljaren (nollställepolynom) och två i nämnaren (polynom), vilka gradtal har då G i täljare och nämnare? (2p)

4. (a) En regulator $F(s)$ konstrueras med hjälp av modellen $G(s)$ så att det återkopplade systemet

$$G_c(s) = \frac{G(s)F(s)}{1 + G(s)F(s)}$$

får önskade egenskaper. Modellen $G(s)$ av det system som skall styras är något osäker, och det kan därför antas att överföringsfunktionen för det verkliga systemet ges av

$$G^0(s) = (1 + \alpha)G(s)$$

där α är ett reellt tal som uppfyller $|\alpha| < 0.5$. Vilket krav måste ställas på amplitudkurvan för det återkopplade systemet som konstrueras för att man skall kunna garantera stabilitet då $F(s)$ används på systemet $G^0(s)$? (3p)

- (b) Antag att du vet att $|G_c(i\omega)| < \gamma$ i alla frekvenser. Visa att man då kan garantera att amplitudmarginalen uppfyller $A_m > \frac{1+\gamma}{\gamma}$ (3p)
- (c) I en ny hybridbil används både elmotor och bensinmotor samtidigt. Modellen som beskriver sambandet mellan gaspedalsläge $u(t)$ och elmotorns moment $y_1(t)$ ges av

$$\begin{aligned}\dot{z} &= A_1z + B_1u \\ y_1 &= C_1z\end{aligned}$$

Modellen från gaspedalsläge $u(t)$ till bensinmotorns moment $y_2(t)$ ges på liknande sätt av

$$\begin{aligned}\dot{v} &= A_2v + B_2u \\ y_2 &= C_2v\end{aligned}$$

Det totala momentet $y(t)$ som alstras och används definieras som summan av dessa moment. Tag fram en tillståndsmodell, med lämpligt definierat tillstånd, som beskriver sambandet från $u(t)$ till $y(t)$. (4p)

5. Ingenjörfirma Jenny & Benny har fått i uppdrag att designa en regulator för reglering av en robotarm. Benny kommer fram till följande modell för att beskriva sambandet mellan pålagt moment $u(t)$ och armens rotationshastighet $y(t)$.

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

Jenny kommer fram till en annan modell

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

- (a) Visa att Jennys och Bennys modeller är ekvivalenta i meningen att de beskriver samma insignal-utsignalsamband. (2p)
- (b) Vilken fysikaliska storhet motsvarar $x_2(t)$? (2p)
- (c) Designa en regulator som garanterar att det slutna systemet har poler i -2 och kan följa en konstant referenssignal utan statiskt reglerfel. (6p)