

TENTAMEN I TSRT12 REGLERTEKNIK

SAL: U4, TER3

TID: 2023-06-09 kl. 14:00-19:00

KURS: TSRT12 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, tel. 0703113019

BESÖKER SALEN: cirka kl. 15:00 och 17:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-284725,
ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: "Reglerteknik, grundläggande teori" med normala inläsningsanteckningar, Kompletterande kompendium: Martin Enqvist: "En introduktion till lärande reglering - Förstärkningsinlärning eller hur man tar fram en optimal tillståndsåterkoppling utan en modell av systemet", tabeller, formelsamling, räknedosa (ej dator, telefon, surfplatta, osv.) utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2023-06-30, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, mellan ingång 25 och 27, A-korridoren.

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

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

Lycka till!

1. (a) Du sitter bakom ratten på en bil med en så kallad adaptiv farthållare, d.v.s. (förenklat) en farthållare som håller ett av dig valt avstånd till bilen framför. Farthållaren är alltså regulatorn i det slutna systemet. Ange vad som är styrsignal till och utsignal från systemet som ska regleras. Ange också ett exempel på en störsignal som påverkar systemet. (3p)

(b) Åter till den adaptiva farthållaren i deluppgift (a). När du kör bilen med farthållaren aktiverad upplever du följande irriterande problem:

- (I) Avståndet till bilen framför oscillerar.
- (II) När du ändrar avståndet som du vill att din bil ska hålla till bilen framför reagerar din bil aggressivt för att snabbt hålla det nya valda avståndet.
- (III) Du märker att avståndet till bilen framför ofta inte blir helt rätt och att farthållaren inte gör något åt det, även om bilen framför kör med konstant hastighet och backlutningen är konstant. Du observerar typiskt för långt avstånd uppför backar och för kort avstånd nedför backar.

Para ihop dessa upplevda problem med följande reglertekniska verktyg som du anser är lämpliga att använda för att lösa problemen:

- (A) Integrerande del i regulator.
- (B) Deriverande del i regulator.
- (C) Filtering av referenssignal.

(3p)

(c) I figur 1 nedan visas stegsvaret för systemet

$$G(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}$$

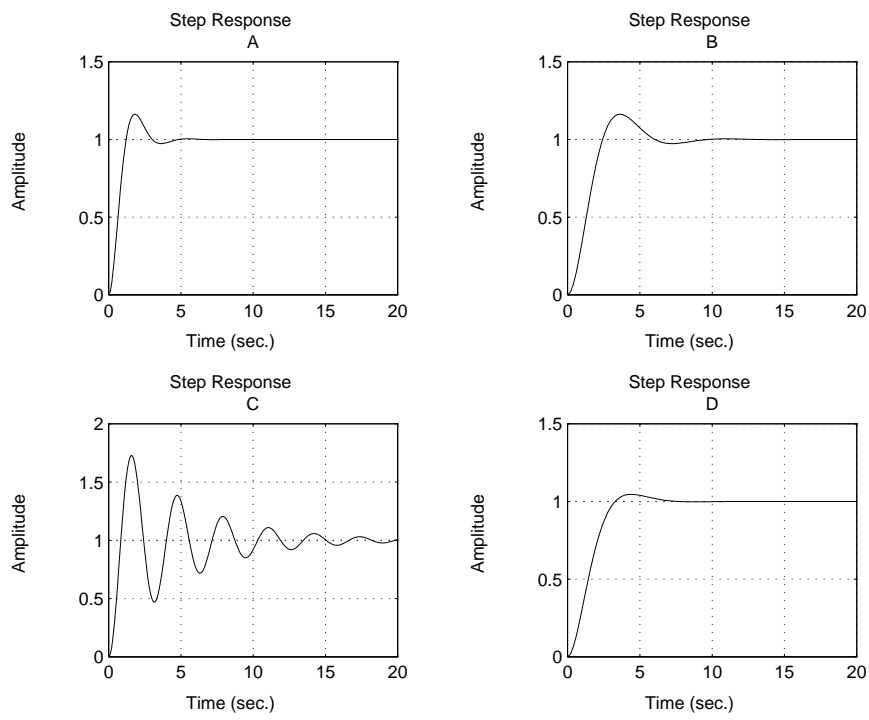
för följande fyra kombinationer av ω_0 och ζ .

$$(i) \quad \omega_0 = 1 \quad \zeta = 0.7 \quad (ii) \quad \omega_0 = 2 \quad \zeta = 0.1$$

$$(iii) \quad \omega_0 = 1 \quad \zeta = 0.5 \quad (iv) \quad \omega_0 = 2 \quad \zeta = 0.5$$

Kombinera rätt bild med rätt parametervärden.

(4p)



Figur 1: Stegsvär till uppgift 1c.

2. (a) Nämn tre egenskaper hos ett system som gör det svårare att reglera? (3p)

- (b) Figur 2 nedan visar stegsvaret då systemet

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

där

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

styrts med PID-återkopplingen

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \dot{e}(t)$$

för några olika värden på K_P , K_I respektive K_D . Koefficientvärdena är

$$(i) K_P = 10 \quad K_I = 0 \quad K_D = 2 \quad (ii) K_P = 10 \quad K_I = 0 \quad K_D = 0$$

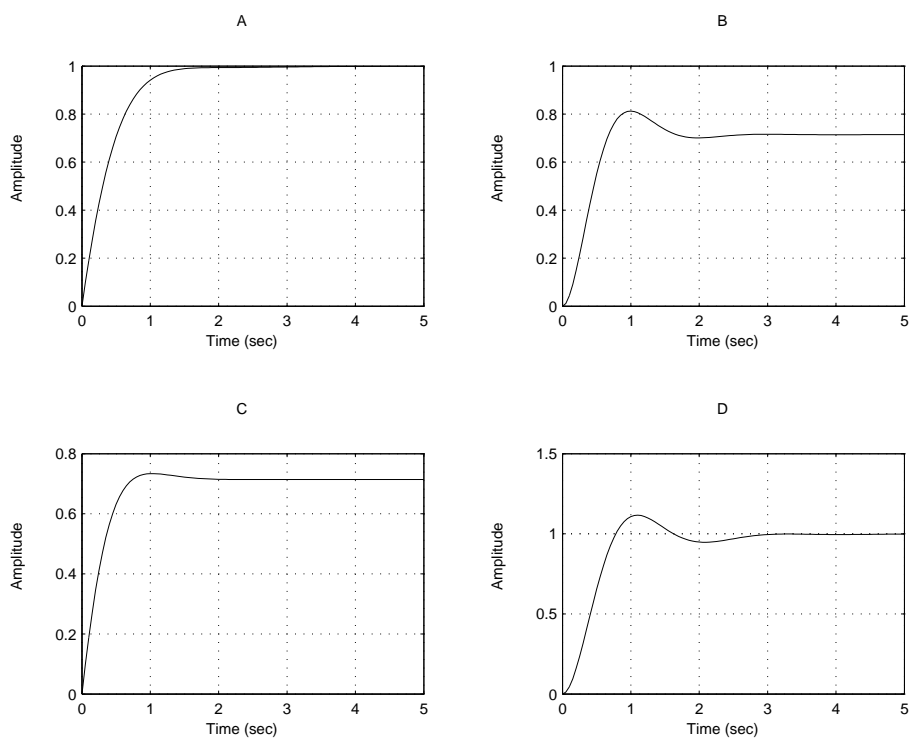
$$(iii) K_P = 10 \quad K_I = 10 \quad K_D = 0 \quad (iv) K_P = 10 \quad K_I = 10 \quad K_D = 2$$

Kombinera koefficientvärdena med figurerna. (4p)

- (c) Antag att man använder förstärkningsinlärning på ett system och man i ett visst iterationssteg har skattat Q-funktionen

$$Q(x_k, u_k) = 4x_k^2 + 1x_k u_k + 3u_k^2$$

Vad blir det numeriska värdet på L_{ny} i tillståndsåterkopplingen $u_k = -L_{ny}x_k$ i nästa iterationssteg? Skulle denna Q-funktion kunna komma från förstärkningsinlärning för systemet $G(s)$ i uppgift 2b (kan lösas utan några egentliga räkningar)? (3p)



Figur 2: Stegsvvar till uppgift 2b.

3. Sambandet mellan gaspådrag $u(t)$ och hastighet $y(t)$ hos en bil kan approximativt beskrivas med sambandet

$$Y(s) = G(s)U(s)$$

där

$$G(s) = \frac{1}{m \cdot s + 1}$$

där m betecknar bilens massa.

- (a) Antag att bilens hastighet styrs med en farthållare av PI-typ, d.v.s.

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

där

$$F(s) = K_P + K_I \frac{1}{s}$$

Ange det återkopplade systemets karakteristiska ekvation. (2p)

- (b) Antag att $m = 5$. Bestäm koefficienterna K_P och K_I så att det återkopplade systemets poler placeras i $-1 \pm i$. (3p)

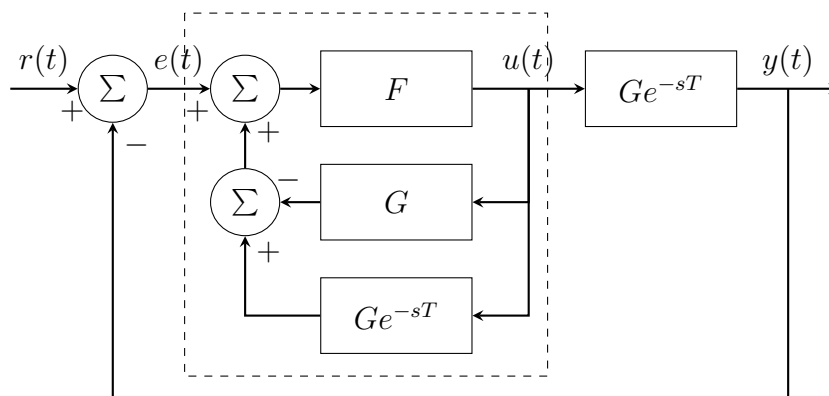
- (c) Ange (ungefärligt) stigtid och översläng för det återkopplade systemets stegsvar. (2p)

- (d) Antag nu att massan är dubbelt så stor jämfört med vad som antogs ovan, d.v.s. $m = 10$, och att man använder de koefficientvärden som bestämdes ovan. Hur kommer överslängen hos det återkopplade systemets stegsvar att påverkas? (3p)

4. Ett system är givet på tillståndsform

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} -2 & -2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 0 & 3 \end{pmatrix} x(t)\end{aligned}$$

- (a) Antag att man genom återkoppling vill skapa ett slutet system som är dubbelt så snabbt som det öppna systemet. Var skall polerna placeras för att detta skall åstadkommas? (2p)
- (b) Beräkna en tillståndsåterkoppling samt skalning av referenssignal, så att polerna för det slutna systemet placeras enligt din lösning i föregående uppgift och konstanta referenssignaler följs utan statistiskt reglerfel. Om du inte lyckats lösa (a) så kan du placera polerna i $-3 \pm i$. (5p)
- (c) Antag att utsignalen även är lågpasfiltrerad, dvs den faktiska utsignalen från systemet är $y_m(t)$ där vi har att $Y_m(s) = \frac{1}{s+1}Y(s)$. Skriv upp tillståndsmodellen för det öppna system som har $u(t)$ som insignal och $y_m(t)$ som utsignal. (3p)



Figur 3: Slutet system med Smith-regulator. Smith-regulatorn utgörs av blocken innanför de streckade linjerna.

5. För att reglera system med tidsfördröjningar kan en regulator av typen Smith-regulator användas. Blockschemat ges av figur 3.
 - (a) Härled överföringsfunktionen för själva regulatorn innanför det streckade blocket, med insignal $e(t)$ och utsignal $u(t)$. Alla steg i räkningarna ska framgå. (2p)
 - (b) Härled överföringsfunktionen för det slutna systemet, d.v.s. från r till y , när en Smith-regulator används. Alla steg i räkningarna ska framgå och slutresultatet ska anges i de överföringsfunktioner som finns i blockschemat ovan (d.v.s. ev. hjälpvariabler som ni inför ska inte finnas med i slutresultatet). (3p)
 - (c) Rita om blockschemat i figur 3 genom att, på korrekt ställe, införa den signal $v(t)$ som representerar den störning på utsignalen som används i definitionen av känslighetsfunktionen $S(s)$. (2p)
 - (d) Härled överföringsfunktionen $S(s)$ för känslighetsfunktionen, förslagsvis utgående från blockschemat i föregående deluppgift, när en Smith-regulator används. Alla steg i räkningarna ska framgå och slutresultatet ska anges i de överföringsfunktioner som finns i blockschemat ovan (d.v.s. ev. hjälpvariabler som ni inför ska inte finnas med i slutresultatet). (3p)