

TENTAMEN I REGLERTEKNIK (TSRT93)

SAL:

TID: 5 juni, 2026, klockan 14–19

KURS: TSRT93, REGLERTEKNIK

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 3

ANTAL SIDOR PÅ TENTAMEN: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019, (Anders Hansson, 070-3004401)

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård 013-282225, 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 delfråga.

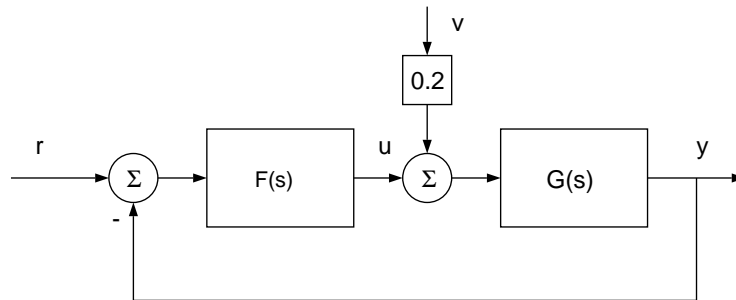
Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg kan följas på ett tydligt sätt. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) En köksugn är ett exempel på en enkel reglerteknisk process. Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv. Vad är referenssignal $r(t)$, mätsignal $y(t)$ och styrsignal $u(t)$? Vad skulle modellen representera? Vad skulle ett typiskt modellfel kunna vara? Vad skulle en typisk störning kunna vara? 4 p
- (b) Hederlige Harry har gett sig in i elektronikbranschen och säljer nu utrustning för musikstudion. I databladet till en mikrofon läser du att den påstås ha, på reglertekniskt språk, en överföringsfunktion från ljud till inspelad signal $\frac{1}{\frac{s}{2\pi} + 1}$. Är detta ett bra köp? 4p
- (c) Är någon, båda eller ingen av de två regulatorerna $F_1(s) = \frac{s+0.1}{s} + 2s$ och $F_2(s) = \frac{s^2+2s+1}{s^2}$ PID-regulatorer? 2p
- (d) Betrakta ett regelsystem för temperaturreglering där överföringsfunktionen från u till y ges av

$$G(s) = \frac{1}{10s + 0.2}.$$

Antag att temperaturen styrs med återkoppling enligt figuren nedan.



- i. Antag att temperaturen styrs med proportionell återkoppling

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

d v s $F(s) = K$. Bestäm överföringsfunktionen från v till reglerfelet e . 3p

- ii. Antag att utetemperaturen varierar sinusformat enligt $v(t) = \sin 0.1t$ och att $r(t) = 0$. Hur ska K väljas för att man ska uppnå att $|e(t)| \leq 0.1$ i stationärt tillstånd? 3p

- iii. Antag nu att temperaturen styrs med en PI-återkoppling på formen

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau$$

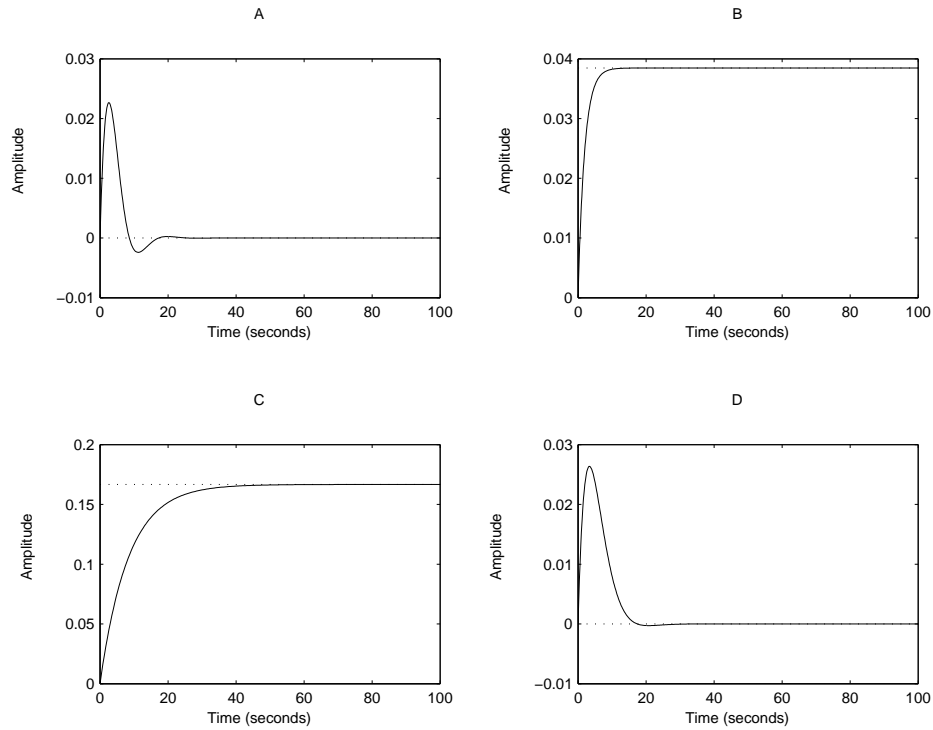
I figurerna nedan visas utsignalen när $v(t)$ är ett enhetssteg, samtidigt som $r(t) = 0$ för fyra kombinationer av koefficienterna K_P och K_I .

$$(i) K_P = 5 \quad K_I = 1 \quad (ii) K_P = 5 \quad K_I = 0$$

$$(iii) K_P = 1 \quad K_I = 0 \quad (iv) K_P = 5 \quad K_I = 2$$

Kombinera parametervärdena med utsignalerna.

4p



Figur 1: Figur till uppgift 1d.

2. (a) Hur många tillståndvariabler behövs för att realisera följande modell på tillståndsform

$$G(s) = \frac{(s + 1)^{100}}{(s + 3)^{200}}$$

4p

- (b) Din konsultfirma har fått i uppdrag av ett bryggeri att utveckla en regulator för en jäsningsprocess som beskrivs av följande ekvationer:

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

Bestäm en regulator $u(t) = -Lx(t) + l_0r(t)$ så att det slutna systemet får poler i -2 , samt att inget stationärt reglerfel uppstår då referenssignalen är ett steg. 8p

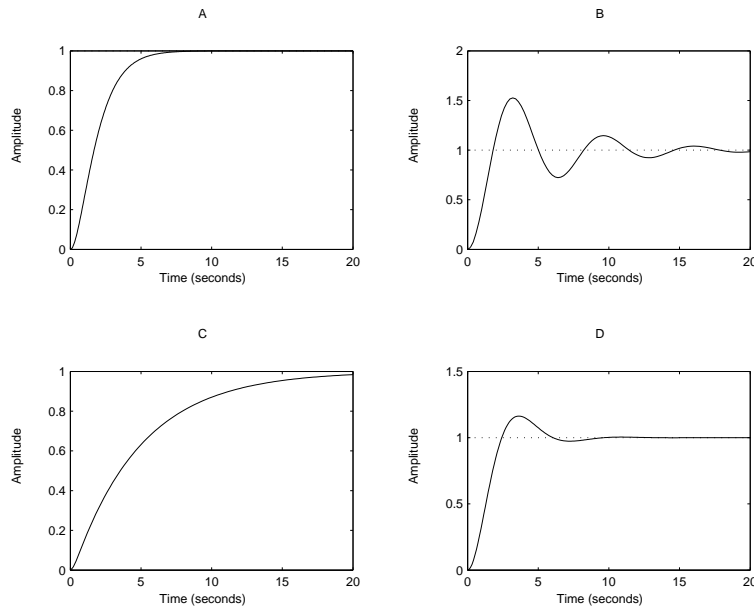
- (c) Vid närmare analys så visar det sig att man inte har tillgång till mätningar av båda tillstånden i deluppgift (b). Dessutom så finns det otydligheter i specifikationen som givits av leverantören av mätutrustningen, så man vet i nuläget inte om man kommer att mäta signalen $x_1(t)$ eller $x_2(t)$. Visa att det går att konstruera en observatörsförstärkning som kommer att fungera (dvs resultera i asymptotiskt stabila skattningar av tillstånden) oavsett vilken mätsignal som faktiskt används i slutändan. 8p

3. (a) Figurerna 2 och 3 visar stegsvar respektive absolutbelopp av frekvensfunktionen för fyra olika exempel på $G(s)$ i sambandet

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

Kombinera stegsvaren och amplitudkurvorna.

4p



Figur 2: Stegsvvar till uppgift 3a.

- (b) Ett system antas beskrivas av modellen

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

Systemet styrs med proportionell återkoppling

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

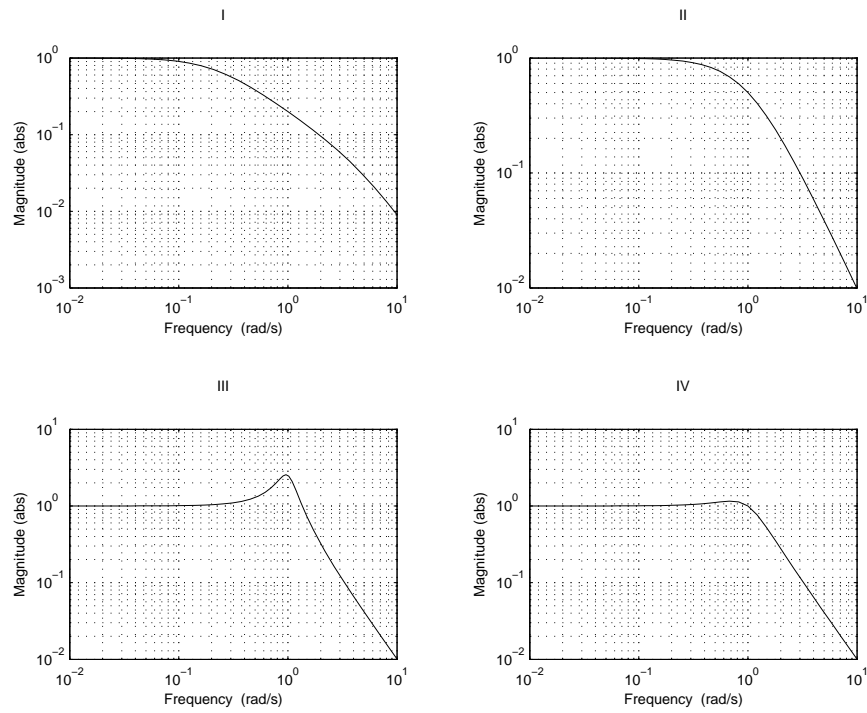
där $F(s) = K$.

- i. Antag att systemet i verkligheten beskrivs av

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

där α är en okänd positiv konstant, och att man använder förstärkningen $K = 4$ i återkopplingen. För vilka värden på α är det återkopplade systemet insignalutsignalstabil med denna återkoppling? 5p

- ii. Antag nu att man vill analysera inverkan av den okända konstanten α via robusthetskriteriet i läroboken. Vilket relativt modellfel Δ motsvarar den okända konstanten α ? 3p



Figur 3: Amplitudkurvor till uppgift 3a.

- iii. Vilket krav på α (ett numeriskt värde önskas) ger lärobokens robustetskriterium för att man ska kunna garantera att det återkopplade systemet är stabilt när man styr systemet $G^0(s)$ med återkopplingen $F(s) = 4$? 6p
- iv. Kommentera eventuella skillnader mellan villkoren i i) och iii). 2p