



Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet

Datum för tentamen	2015-03-16
Sal (1) (Om tentan går i flera salar ska du bifoga ett försättsblad till varje sal och ringa in vilken sal som avses)	TER E, TER 4, TER 3
Tid	8:00–13:00
Kurskod	TSRT19
Provkod	TEN1
Kursnamn/benämning	Reglerteknik
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	5
Jour/kursansvarig (Ange vem som besöker salen)	Inger Erlander Klein
Telefon under skrivtiden	013-281665,0730-916919
Besöker salen cirka kl.	9:00, 10:30 och 12:00
Kursadministratör/ kontaktperson (Namn, telefonnummer, mejladress)	Ninna Stensgård, 013-282225, ninna.stensgard@liu.se
Tillåtna hjälpmedel	1. <i>T. Glad & L. Ljung</i> : ”Reglerteknik. Grundläggande teori” eller liknande bok i reglerteknik 2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.: <i>L. Råde & B. Westergren</i> : ”Mathematics handbook”, <i>C. Nordling & J. Österman</i> : ”Physics handbook”, <i>S. Söderkvist</i> : ”Formler & tabeller” 3. Miniräknare utan färdiga program Inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.
Övrigt	—
Vilken typ av papper ska användas, rutigt eller linjerat	Rutigt
Antal exemplar i påsen	

TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

SAL: TER E, TER 4, TER 3

TID: 2015-03-16 kl. 8:00–13:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Inger Erlander Klein, tel. 013-281665,0730-916919

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:30 och 12:00

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: ”Reglerteknik. Grundläggande teori” eller liknande bok i reglerteknik

2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.:

L. Råde & B. Westergren: ”Mathematics handbook”,

C. Nordling & J. Österman: ”Physics handbook”,

S. Söderkvist: ”Formler & tabeller”

3. Miniräknare utan färdiga program

Inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter tentans slut.

VISNING av tentan äger rum 2015-03-31, kl. 12.30–13.00 i Reglertekniks bibliotek, B-huset, ingång 25, A-korridoren till höger.

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 motiveringar ger poängavdrag.

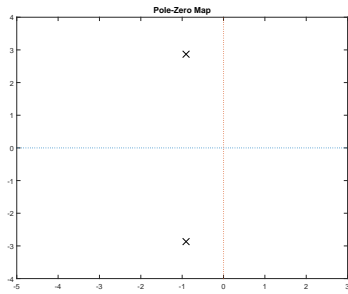
Lycka till!

1. (a) Betrakta systemet $Y(s) = G(s)U(s)$ där

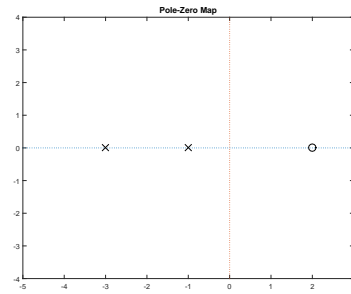
$$G(s) = \frac{2}{s+2}$$

Låt insignalen vara $u(t) = \sin(2t)$. Vad blir $y(t)$ då alla transienter har försvunnit? (2p)

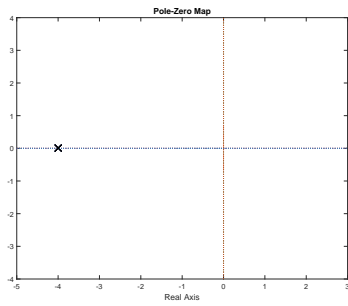
- (b) Vilka tre faktorer begränsar i praktiken möjligheten att få utsignalen att följa referenssignalen? (3p)
- (c) I figur 1 finns pol-nollställediagram för sex olika system. I figur 2 finns motsvarande stegsvar. Para ihop rätt pol-nollställediagram med rätt stegsvar. Motivera ditt svar. (5p)



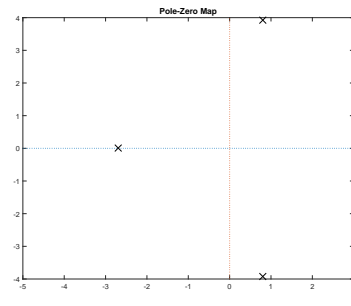
(a) A



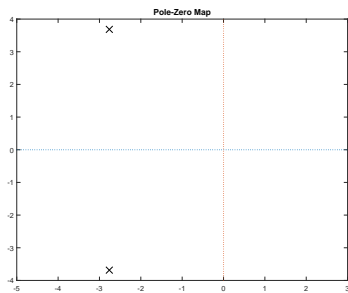
(b) B



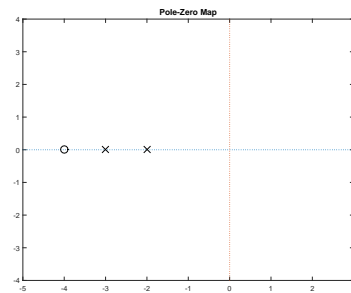
(c) C



(d) D

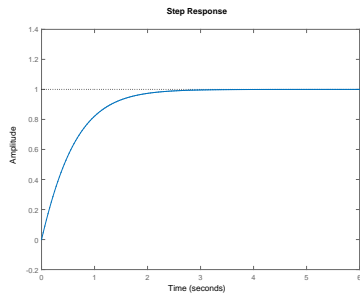


(e) E

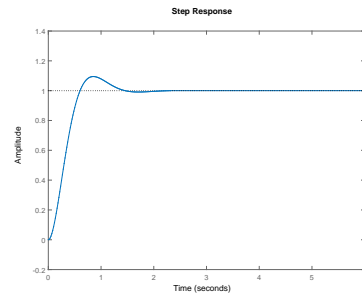


(f) F

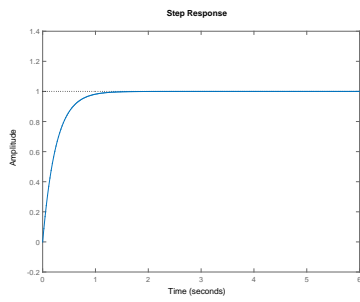
Figur 1: Pol-nollställediagram till uppgift 1. Det är samma skala i alla figurerna.



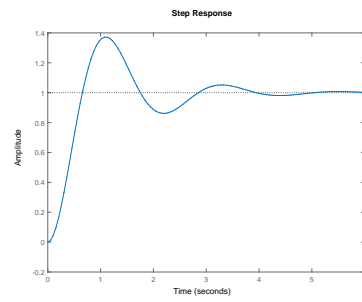
(a) 1



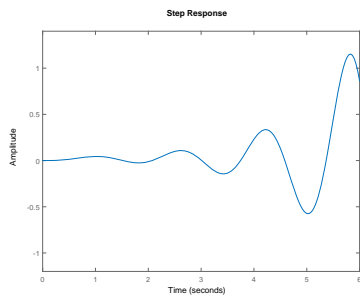
(b) 2



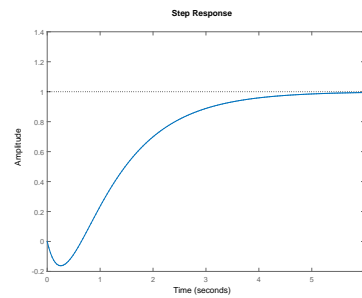
(c) 3



(d) 4



(e) 5



(f) 6

Figur 2: Stegsvvar till uppgift 1. Det är samma tidsskala i alla figurerna, och samma amplitudskala i alla utom (e).

2. Chefen har hört att den nyutexaminerade civilingenjören Emma har läst en kurs i reglerteknik. Hon får därför i uppgift att designa en regulator för en ny konstruktion. Företaget har ingen matematisk modell av systemet G , men har genom experiment konstruerat ett bodediagram, se figur 3.

(a) En anställd vid företaget berättar att de försökt använda en P-återkoppling $U() = K(R(s) - Y(s))$ med förstärkning $K = 10$. Vad bör ha hänt i detta experiment och varför? (2p)

(b) Antag att en P-regulator används för att reglera systemet. Hur stor förstärkning kan användas utan att det återkopplade systemet blir instabilt? (2p)

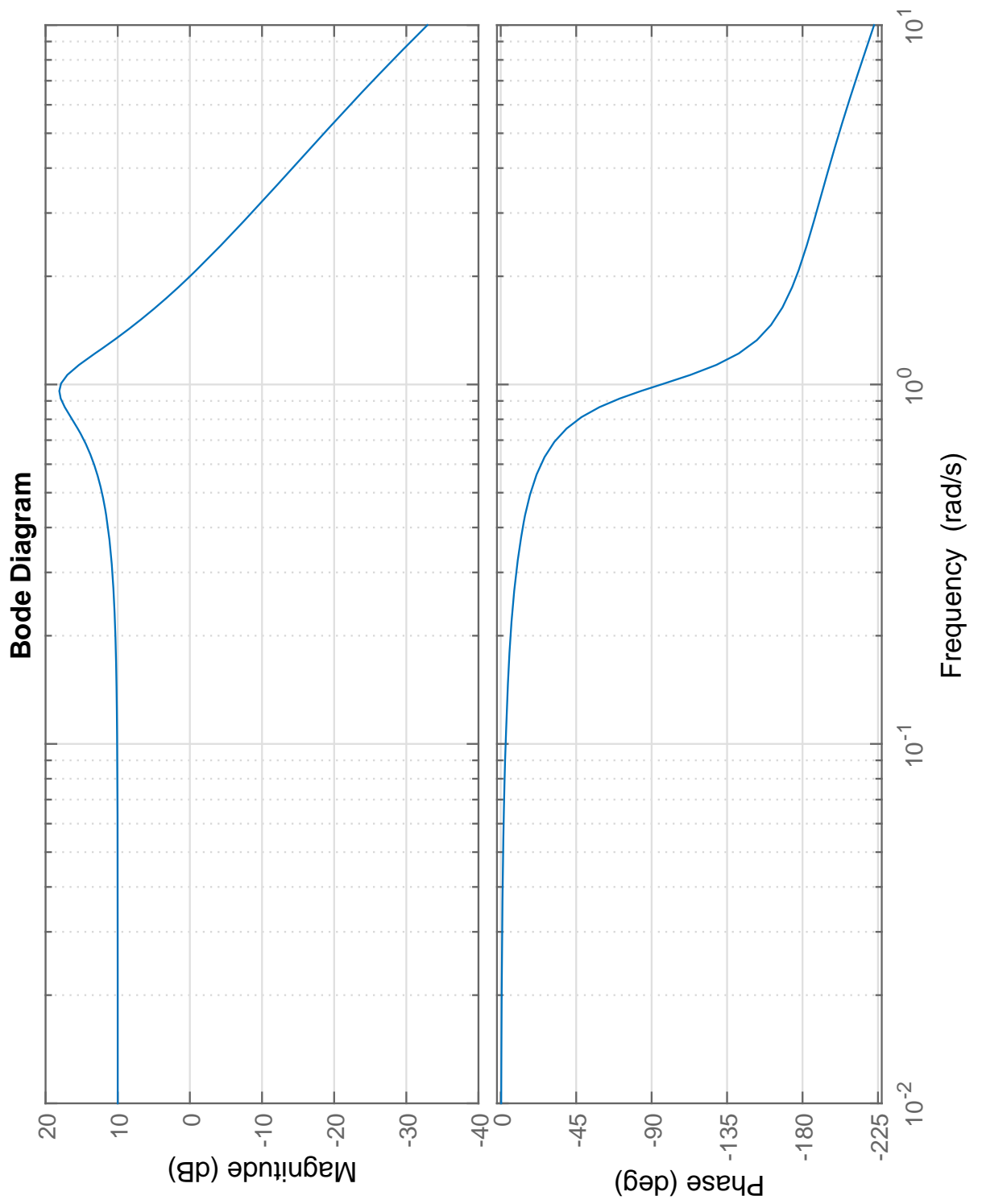
(c) Civilingenjören Emma tolkar företagets prestandakrav så att

- önskad skärfrekvens: 2 rad/s
- önskad fasmarginal: 45°
- det stationära felet ska vara 0 då referenssignalen är ett steg

Konstruera en regulator $U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$ där

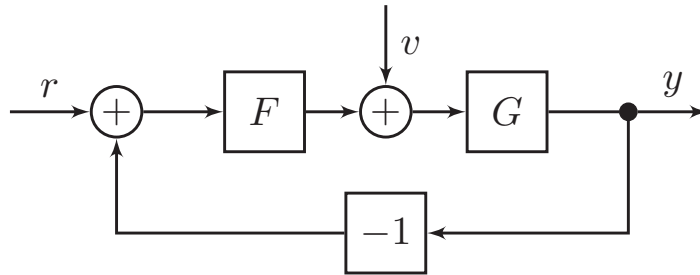
$$F(s) = K \frac{\tau_D s + 1}{\beta \tau_D s + 1} \frac{\tau_I s + 1}{\tau_I s + \gamma}$$

så att det återkopplade systemet uppfyller kraven. (6p)



Figur 3: Bodediagram till uppgift 2.

3. Betrakta det återkopplade servosystemet i figur 4. Systemet ges av över-



Figur 4: Servosystem med störningen v i uppgift 3.

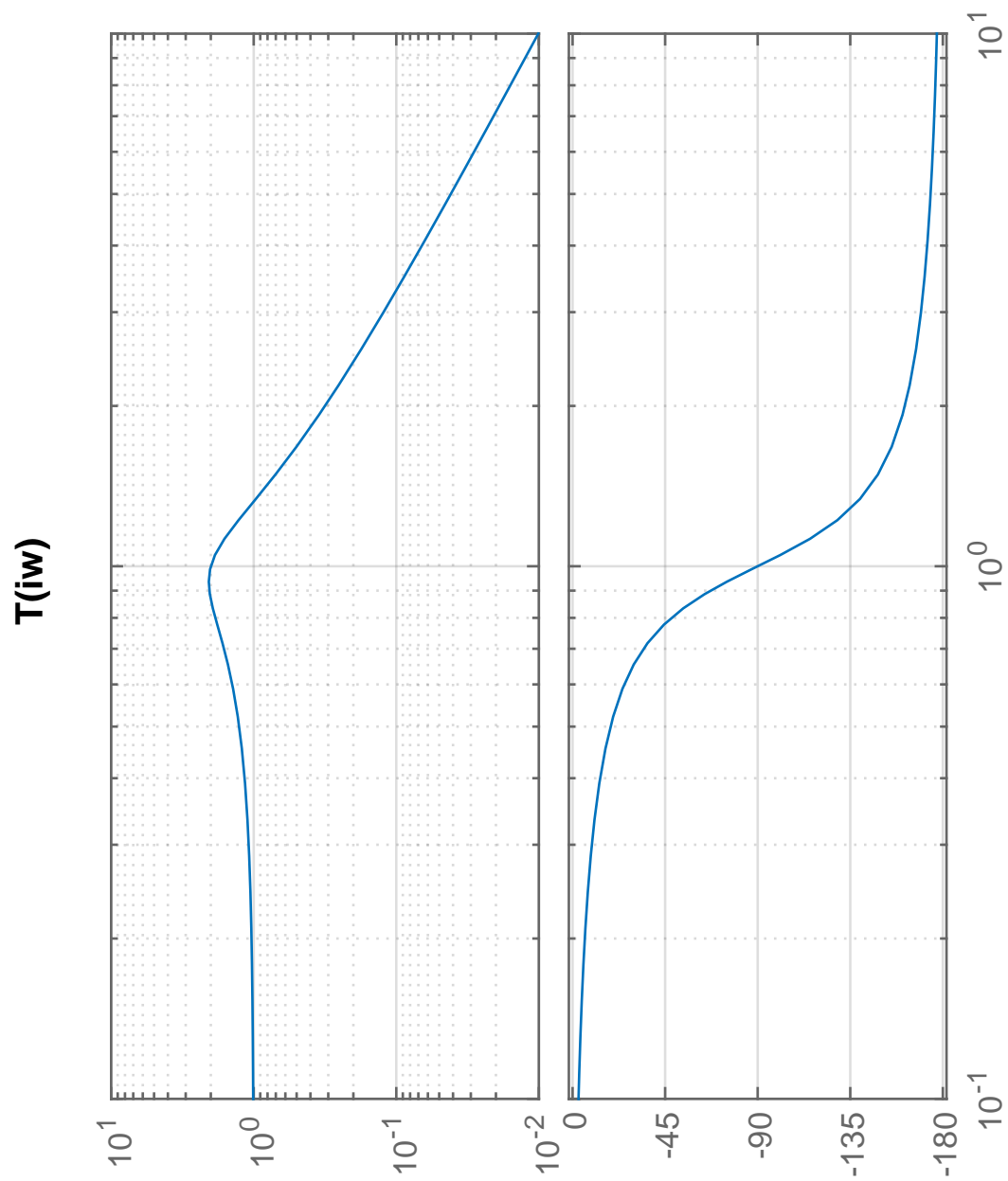
föringsfunktionen

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

och regulatorn av

$$F(s) = \frac{s+1}{s+0.5}$$

- (a) Antag att laststörningen $v = 0$ och beräkna slutvärdet av $y(t)$ för ett enhetssteg i r . (2p)
- (b) Antag att referensvärdet $r = 0$ och beräkna slutvärdet av $y(t)$ för ett enhetssteg i v . (2p)
- (c) Antag att systemet som regleras i figuren inte är $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ utan att det istället ges av $G^0(s) = G(s)(1 + \gamma s)$, där $\gamma \geq 0$. Bestäm med hjälp av robusthetskriteriet för vilka γ som det slutna systemet är stabilt om man använder samma regulator. Bodediagrammet för slutna systemets överföringsfunktion från r till y då servot beskrivs av $G(s)$ finns i figur 5. (6p)



Figur 5: Bodediagrammet för slutna systemets överföringsfunktion från r till y då servot beskrivs av $G(s)$ i uppgift 3.

4. (a) Betrakta systemet

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

Antag att det regleras med $u = l_r r - Lx$. Bestäm L och l_r så att slutna systemet får egenvärden i -1 och så att den statiska förstärkningen från r till $y(t) = (0 \ 1)x(t)$ blir ett. (5p)

- (b) Betrakta systemet

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

$$y(t) = (0 \ 1)x(t)$$

Vilka poler och nollställen har systemet? (3p)

- (c) Ett system på tillståndsform ges av

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

$$y(t) = (1 \ 0)x(t)$$

Är systemet styrbart? (2p)

5. En PID-regulator

$$U(s) = K \left(1 + \frac{K_I}{s} \right) (1 + K_D s)$$

för en process med avtagande amplitud- och faskurvor hade ställts in av Ingenjör Fasdottir så att stegsvar för det slutna systemet var väl dämpade.

- (a) En måndagmorgon såg Fasdottir att processen nästan självsvängde. Detta var efter att Ingenjör Pillman varit ansvarig för processen över helgen. I loggen kunde Fasdottir se att Pillman ändrat värdet för proportionalitetsförstärkningen K . Fasdottir ändrade tillbaka K så att processens blev mer väl dämpad. Ökade eller minskade Fasdottir på värdet för K ? Motivera ditt svar. (5p)
- (b) Nästa helg när Pillman var ansvarig igen för processen noterade hon att Fasdottir ställt tillbaka värdet för K . Pillman upplevde att processen svarade för långsamt på ändringar i referensvärden, och hon valde då att ändra på *en* av de andra två förstärkningarna. Hon gjorde detta så att processen blev snabbare utan att dämpningen blev sämre. Vad gjorde hon för ändring? Motivera ditt svar. (5p)