TENTAMEN I TSIU61 REGLERTEKNIK

SAL:

TID: 2018-01-04 kl. 8:00–12:00

KURS: TSIU61 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Gustaf Hendeby, tel. 013-28 58 15

BESÖKER SALEN: cirka kl. 9:00, 10:00, 11:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-28 22 25, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: ”Reglerteknik. Grundläggande teori”. Normala anteckningar, dvs ej lösningar till exempelsamlingen eller liknande, är tillåtna i kursboken.
2. Tabeller och formelsamling.
3. Miniräknare

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

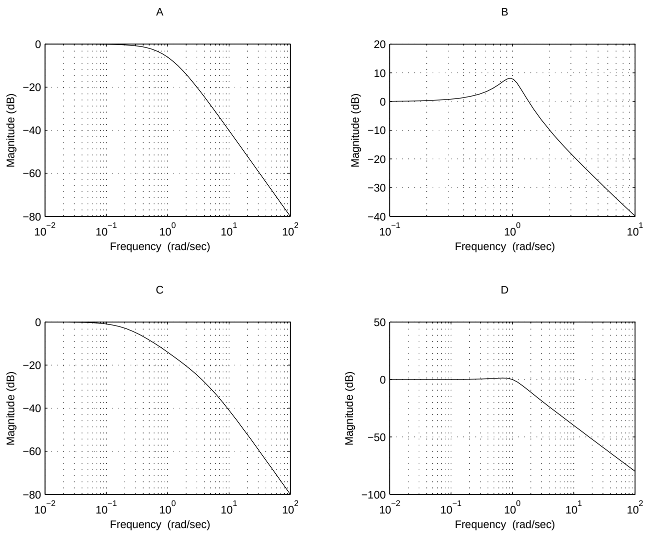
VISNING av tentan äger rum 2018-01-24, kl. 12.30–13.00 i examinators tjänsterum 2A:503, ingång B27 direct till höger. i Ljungeln, B-huset, ingång 27, A-korridoren till höger.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	betyg 3	12 poäng
	betyg 4	18 poäng
	betyg 5	24 poäng

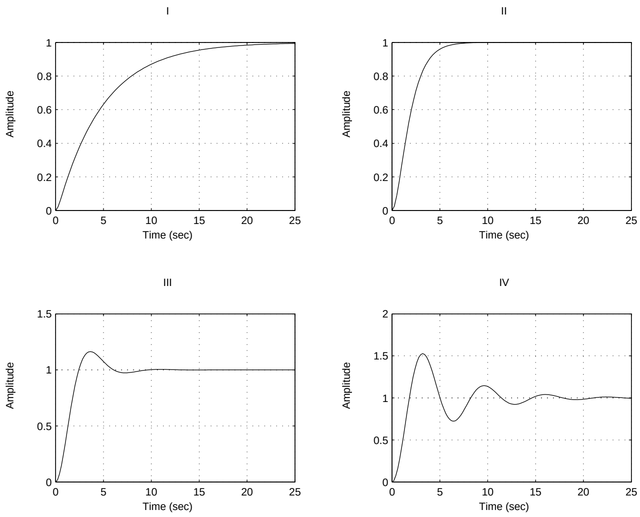
OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. All egen skriven kod som används ska skrivas ut och lämnas in med tentan. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) I figurerna 1 och 2 visas stegsvar respektive bodediagram för fyra system. Kombinera stegsvaren och bodediagrammen. Motivera ditt svar. (4p)



Figur 1: Bodediagram till uppgift 1a.



Figur 2: Stegsvar till uppgift 1a.

(b) Ett stabilt system beskrivs av sambandet

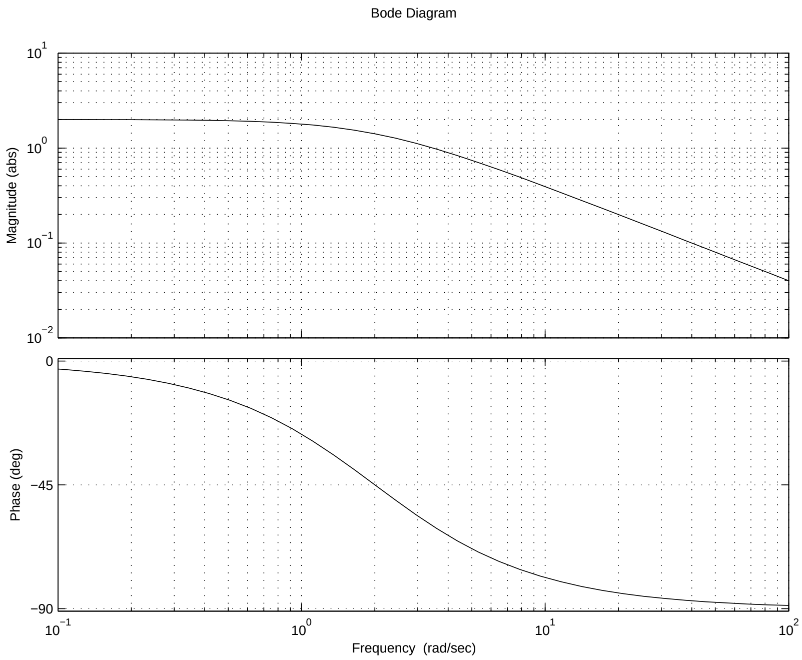
$$Y(s) = G(s)U(s)$$

och har bodediagrammet som visas i figur 3. Antag att insignalen till systemet ges av

$$u(t) = \sin 5t$$

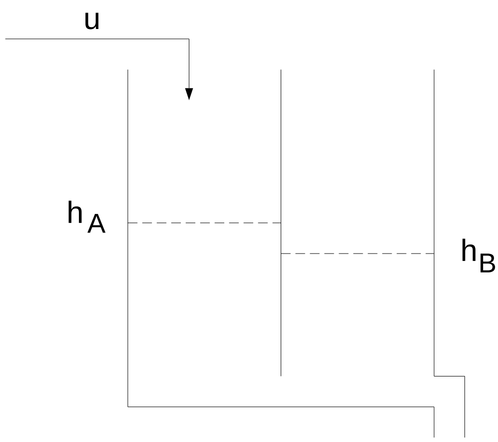
Vad blir utsignalen efter att den transienta delen av utsignalen dött ut? Hur mycket, uttryckt i sekunder, kommer utsignalen att vara förskjuten relativt insignalen?

Om du mäter något i figuren, markera detta i figuren och bifoga med tentan när du lämnar in (saknas figuren ges poängavdrag).



Figur 3: Bodediagram till uppgift 1b.

(3p)



Figur 4: Figur till uppgift 1.b.

2. (a) Ett system består av två sammankopplade vattentankar enligt figur 4. Nivåerna i tankarna betecknas $h_A(t)$ respektive $h_B(t)$ och kan approximativt beskrivas av ekvationerna

$$\dot{h}_A(t) = -\alpha\big(h_A(t) - h_B(t)\big) + u(t)$$

och

$$\dot{h}_B(t) = \alpha\big(h_A(t) - h_B(t)\big) - \beta h_B(t)$$

där konstanterna α och β beror av egenskapena hos förbindelsen mellan tankarna samt utloppet, och $u(t)$ betecknar insignalen. Ange överföringsfunktionen från insignalen $u(t)$ till nivån i tank A, d v s $h_A(t)$. Antag $\alpha = \beta = 1$. (3p)

(b) Implementera med hjälp av Eulers approximationsformel en tidsdiskret variant av regulatorn som beskrivs av

$$U(s) = \frac{s+2}{4s+3}E(s).$$

Samplingstiden är $T = 0.25\,\mathrm{s}$. Svaret ska anges på formen

$$u(t) = a_1 u(t-T) + a_2 u(t-2T) + \cdots + b_0 e(t) + b_1 e(t-T) + \ldots.$$

(2p)

3. I artikeln [1] nedan studeras problemet att reglera rotationshastigheten hos ett vindkraftverk när vindens hastighet varierar. Enligt [1] kan sambandet mellan insignalen till den mekanism som ändrar rotorbladens vinkel och rotationshastigheten förenklat beskrivas med modellen

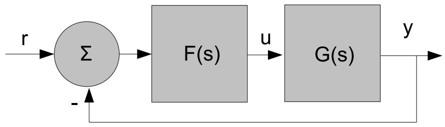
$$Y(s) = G(s)U(s)$$

där

$$G(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \cdot \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

där $\tau = 5$, $K = 7$, $\zeta = 0.05$ och $\omega_n = 20$. Bodediagrammet för modellen visas i figur 6.

Antag att systemet skall styras med återkoppling enligt figur 5.



Figur 5: Reglersystem.

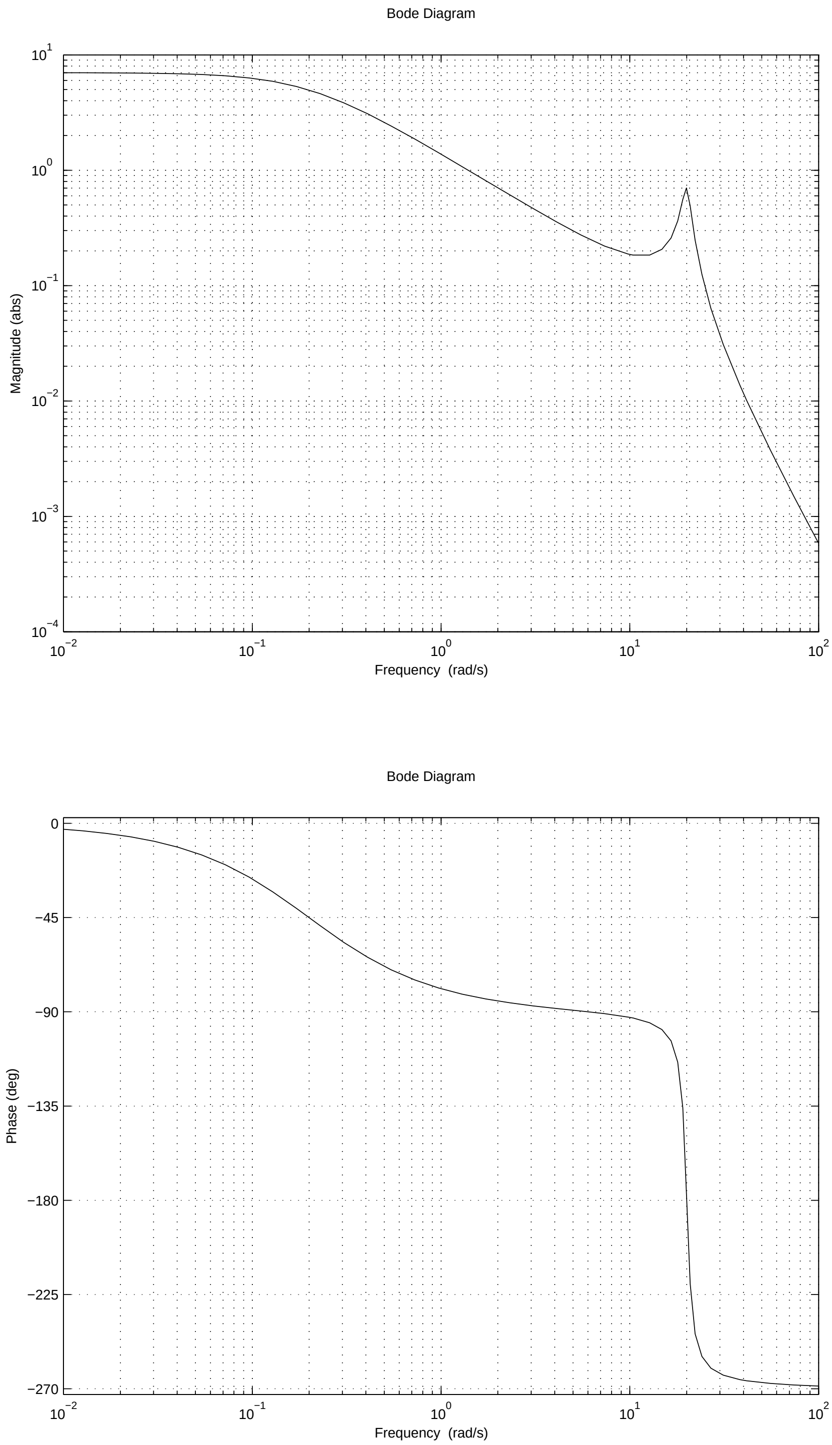
Bestäm en regulator $F(s)$ sådan att följande specifikationer uppfylls:

- Det stationära reglerfelet skall vara noll då referenssignalen är ett steg.
- $\omega_c = 0.4$ rad/s
- $\phi_m \geq 60°$

Av implementationsmässiga skäl bör kompenseringslänken inte ha för stor förstärkning för någon frekvens.

Om du mäter något i figuren, markera detta i figuren och bifoga med tentan när du lämnar in (saknas figuren ges poängavdrag). (6 p)

[1] L. Y. Pao och K. E. Johnson, "A Tutorial on the Dynamics and Control of Wind Turbines and Wind Farms". *Proceedings of the American Control Conference,* 2009.



Figur 6: Bodediagram för system i uppgift 3.

4. Ett systemet beskrivs av sambandet

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

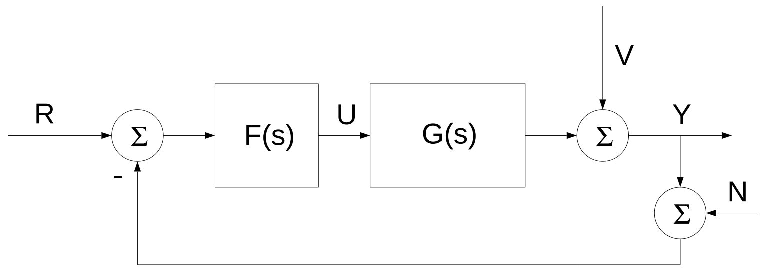
där

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

och V är en systemstörning. Systemet styrs med återkopplingen

$$U(s) = F(s)\Big(R(s) - \big(Y(s) + N(s)\big)\Big)$$

enligt figuren nedan, där $F(s) = K$, $K > 0$, och $N(s)$ betecknar en mätstörning.



Figur 7: Figur till uppgift 4.

(a) Antag att $r(t) = 0$. Bestäm sambandet mellan utsignalen Y, systemstörningen V och mätstörningen N. (2p)

(b) Bestäm känslighetsfunktionen $S(s)$ och dess absolutbelopp $|S(i\omega)|$. Verifiera att återkopplingen alltid gör nytta i den meningen att känslighetsfunktionens absolutbelopp är mindre än ett för alla ω. Antag att systemet påverkas av en systemstörning på formen $v(t) = \sin t$. Hur måste K väljas för att förstärkningen från $v(t)$ till $y(t)$ ska vara mindre än 0.1? (4p)

5. Ett föremål med massan $m = 1$ rör sig friktionsfritt under påverkan av en kraft $u(t)$ och kan beskrivas med differentialekvationen

$$\ddot{y}(t) = u(t)$$

där $y(t)$ är föremålets position.

(a) Inför tillståndsvariablerna $x_1 = y$ och $x_2 = \dot{y}$ och ställ upp systemet på tillståndsform. (1p)

(b) Bestäm en tillståndsåterkoppling

$$u(t) = -Lx(t) + \ell_0 r(t)$$

sådan att det återkopplade systemets poler får absolutbelopp $\omega_0 = 2$ och relativ dämpning $\zeta = 1$. (3p)

(c) Välj ℓ_0 så det återkopplade systemet får statisk förstärkning ett. (2p)