Reglerteknik Z / Kf / F / E

Kurskod: SSY 051, ERE 091, ESS 015

Tentamen 2010-01-13

Tid: 14:00-18:00, Lokal: M-huset

Lärare: Bengt Lennartson 3722

Tentamen omfattar 25 poäng, där betyg tre fordrar 10 poäng, betyg fyra 15 poäng och betyg fem 20 poäng.

Tentamensresultat anslås senast den *28 januari* på avdelningens anslagstavla i ED-huset våning 5. *Granskning* av rättning sker den *28 och 29 januari* kl 12:30-13:00 på avdelningen.

Tillåtna hjälpmedel:

- Formelsamling i reglerteknik (gammal och ny). Anteckningar är tillåtna i formelsamlingen.
- Bodediagram (finns längst bak i tentatesen).
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook.
- Valfri kalkylator.

Lycka till!

Institutionen för signaler och system
Avdelningen för reglerteknik, automation och mekatronik
Chalmers tekniska högskola

1

Relationen mellan insignalen och utsignalen för ett dynamiskt system anges av överföringsfunktionen

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

a) Bestäm bandbredden ω_b för detta system.

(2 p)

b) Visa att systemets insvängningstiden $t_{5\%} = 4.74T$

(2 p)

2

En andra ordningens process

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

skall regleras. De två regulatorerna

$$F_{PI}(s) = 1.7\,\frac{s+0.8}{s} \qquad F_{PI_f}(s) = 5.6\,\frac{s+0.8}{s(s+5)}$$

jämförs. Den andra regulatorn kan ses som en PI-regulator i serie med ett lågpassfilter. De två regulatorerna är inställda så att fasmarginalen $\varphi_m = 50°$, d.v.s. de har likvärdiga stabilitetsmarginaler.

a) Utred de två regulatorernas egenskaper för denna andra ordningens process genom att bestämma lågfrekvensasymptoterna för $S(s)$ och $S(s)G(s)$ samt högfrekvensasymptoten för $F(s)S(s)$. Räkningarna förenklas genom att först studera låg- och högfrekvensegenskaperna för känslighetsfunktionen $S(s)$.

(2 p)

b) Vilka slutsatser kan vi dra när det gäller reglersystemens förmåga att följa referenssignaler, kompensera processtörningar samt styrsignalens känslighet för mätstörningar? I vilka situationer bör speciellt den mer komplexa regulatorn F_{PI_f} rekommenderas?

(2 p)

3

En inverterad pendel placerad på en vagn kan beskrivas av följande olinjära differential-ekvation

$$\ddot{\theta}(t) = \omega_0^2 \sin\theta(t) + u(t)\frac{\omega_0^2}{g}\cos\theta(t)$$

där insignalen är vagnens acceleration $u(t)$ och utsignalen är vinkeln på pendeln $\theta(t)$.

a) Bestäm en linjär tillståndmodell runt jämviktspunkten då pendeln står rakt upp ($\theta = 0$).

(3 p)

b) Ange systemets poler och kommentera systemets stabilitet

(1 p)

4

En ren dödtidsprocess

$$y(t) = u(t - T_d)$$

ska regleras med en P-regulator med förstärkningen K_r.

Bestäm med hjälp av Nyquists stabilitetskriterium för vilka värden på K_r som det återkoppplade systemet är stabilt.

(4 p)

5

Betrakta det roterande systemet utan dämpning

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

där vinkeln $\theta(t)$ ska styras till önskat läge med hjälp av momentet $u(t)$.

a) Dimensionera en tillståndsåterkoppling då både vinkeln θ och vinkelhastigheten $\omega = \dot{\theta}$ är mätbara och därmed kan återkopplas. Välj det återkopplade systemets poler som en dubbelpol i $s = -\alpha$.

(2 p)

b) Studera kretsöverföringen $L(s)$ och rita ett bodediagram där frekvensaxeln normeras med polen α. Ange speciellt den normerade överkorsningsfrekvensen ω_c/α och den resulterande fasmarginalen φ_m.

(2 p)

6

En första ordningens process

$$G(s) = \frac{b}{s+a}$$

ska simuleras i en dator.

a) Bestäm därför en tidsdiskret modell

$$y(kh+h) = \alpha y(kh) + \beta u(kh)$$

där h är samplingsintervallets längd.

(1 p)

b) Visa att insvängningen från ett begynnelsevärde $y(0)$, då insignalen $u(kh) = 0$, kan uttryckas som

$$y(kh) = \alpha^k y(0)$$

och bestäm $y(t)$ för $t = 1$. Antag att $a = 1$.

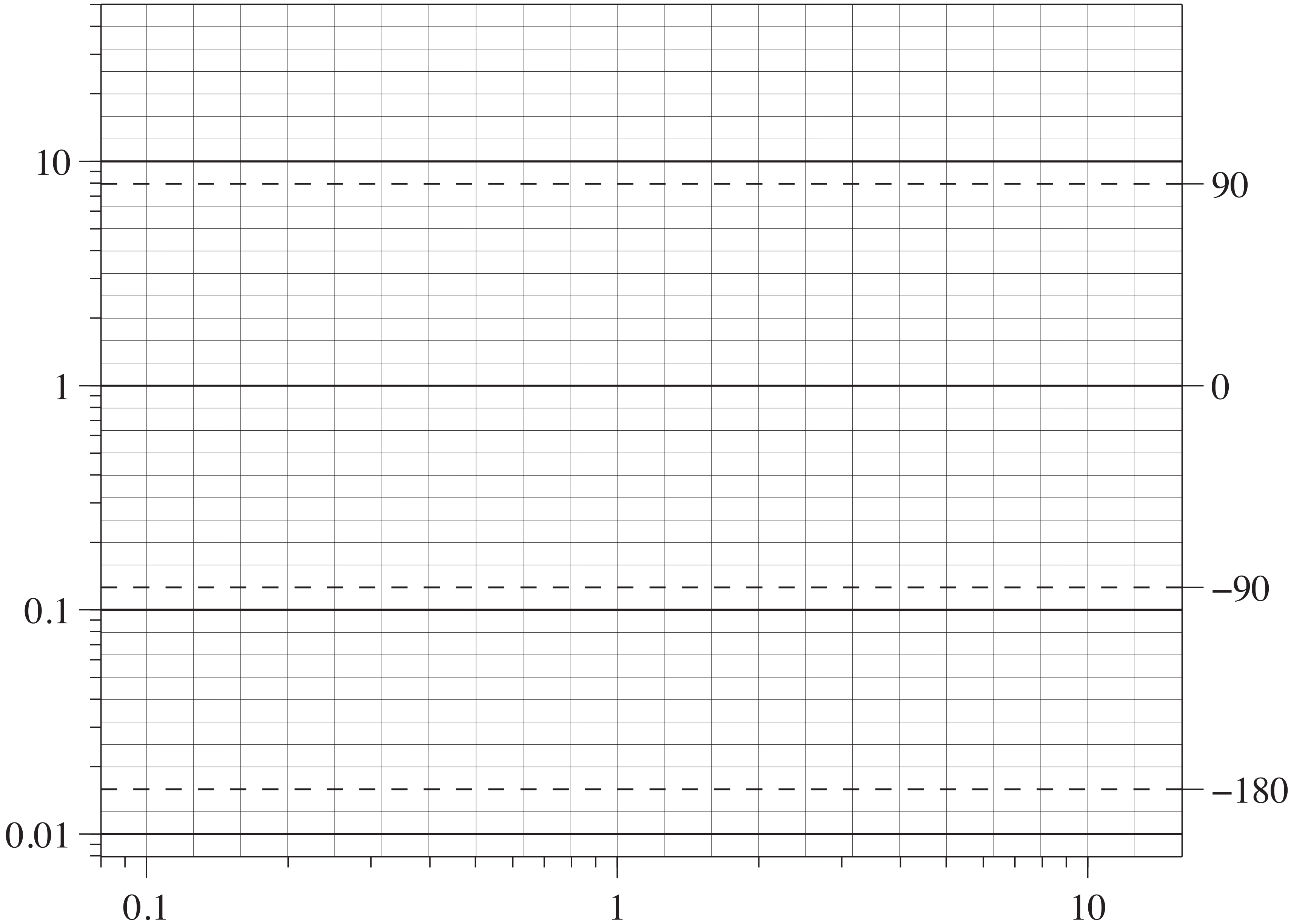
(1 p)

c) Numeriska problem kan uppstå då samplingsintervallet h är kort. Notera exempelvis att $\alpha \to 1$ oavsett värdet på a, då $h \to 0$. Vad blir då $y(\infty)$ vid ovan beskrivna insvängning, och vilken tidskontinuerlig process motsvarar detta?

(1 p)

d) Studera insvängningen då α representeras i datorn med ett litet relativt fel, d.v.s. α ersätts av $(1+\varepsilon)\alpha$ i ovanstående uttryck, där vi antar att $\varepsilon = 10^{-7}$. Bestäm y(1) ($a = 1$) för $h = 10^{-2}, 10^{-4}$ och 10^{-6} och studera skillnaden jämfört med den exakta lösningen från uppgift b), dvs ange felet i lösningen på grund av representationsfelet i datorn. Vilka slutsatser bör man dra när det gäller valet av h i förhållande till ε.

(2 p)


10
1
0.1
0.01
90
0
−90
−180
0.1
1
10