REGLERTEKNIK, KTH

REGLERTEKNIK AK EL1000, EL1110 och EL1120

Tentamen 2015–01–09, kl 8:00 – 13:00

Hjälpmedel: Kursboken i Reglerteknik AK
(Glad, Ljung: Reglerteknik eller motsvarande),
räknetabeller, formelsamlingar och räknedosa.
Observera att slides av föreläsningar och övningsmaterial
(övningsuppgifter, ex-tentor och lösningar) INTE är tillåtna hjälpmedel.

Observandum: Behandla inte mer än en uppgift per blad.
Varje steg i lösningen skall motiveras.
Bristfällig motivering kan ge poängavdrag.
Skriv svar (med enhet i förekommande fall).
Skriv namn och personnummer på varje inlämnat ark.
Skriv endast på en sida per ark.
Fyll i antalet inlämnade ark på omslaget.

Tentamen består av fem uppgifter, som vardera bedöms med 10 poäng.
Poängsättningen för deluppgifter har markerats.

Betygsgränser: betyg Fx: ≥ 21
betyg E: ≥ 23
betyg D: ≥ 28
betyg C: ≥ 33
betyg B: ≥ 38
betyg A: ≥ 43

Ansvarig: Bo Wahlberg 08 790 72 42

Resultat: Anslås på
`https://www.kth.se/student/minasidor/`
senast 2015-01-23.

Lycka till!

1. (a) Låt

$$u(t) = A\sin(\omega t + \varphi), \quad t \geq 0$$

vara insignal till ett system med överföringsfunktion

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

Motsvarande utsignal blir då

$$y(t) = \sin(t), \quad t \geq 0$$

Bestäm A, ω och φ. (3p)

(b) Det öppna systemet ges av

$$G_o(s) = \frac{\sqrt{2}}{s+1}$$

Ange motsvarande skärfrekvens ω_c och fasmarginal φ_m. (3p)

(c) En regulator har överföringsfunktionen

$$F(s) = \frac{s+3}{s+9}$$

från reglerfel $e(t)$ till styrsignal $u(t)$. Vi vill implementera en tidsdiskreta regulator med hjälp av Euler bakåt och samplingsintervall $T = 0.1$. Ange motsvarande differensekvation. (2p)

(d) Antag att vi vill reglera systemet

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

med en PI-regulator

$$u(t) = K[e(t) + \int_0^t e(\tau)d\tau]$$

Beräkna K så att det slutna systemets poler hamnar i -1, -0.5 och -0.5. (2p)

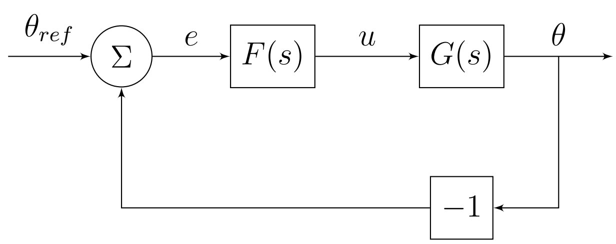
2. Överföringsfunktionen för en DC-motor kan beskrivas med

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

Systemets utsignal är vinkeln $\theta(t)$ och insignal är pålagd spänning $u(t)$. Vi vill konstruera en regulator

$$F(s) = K\frac{s+b}{s}$$

för att reglera DC-motorn enligt Figur 1.



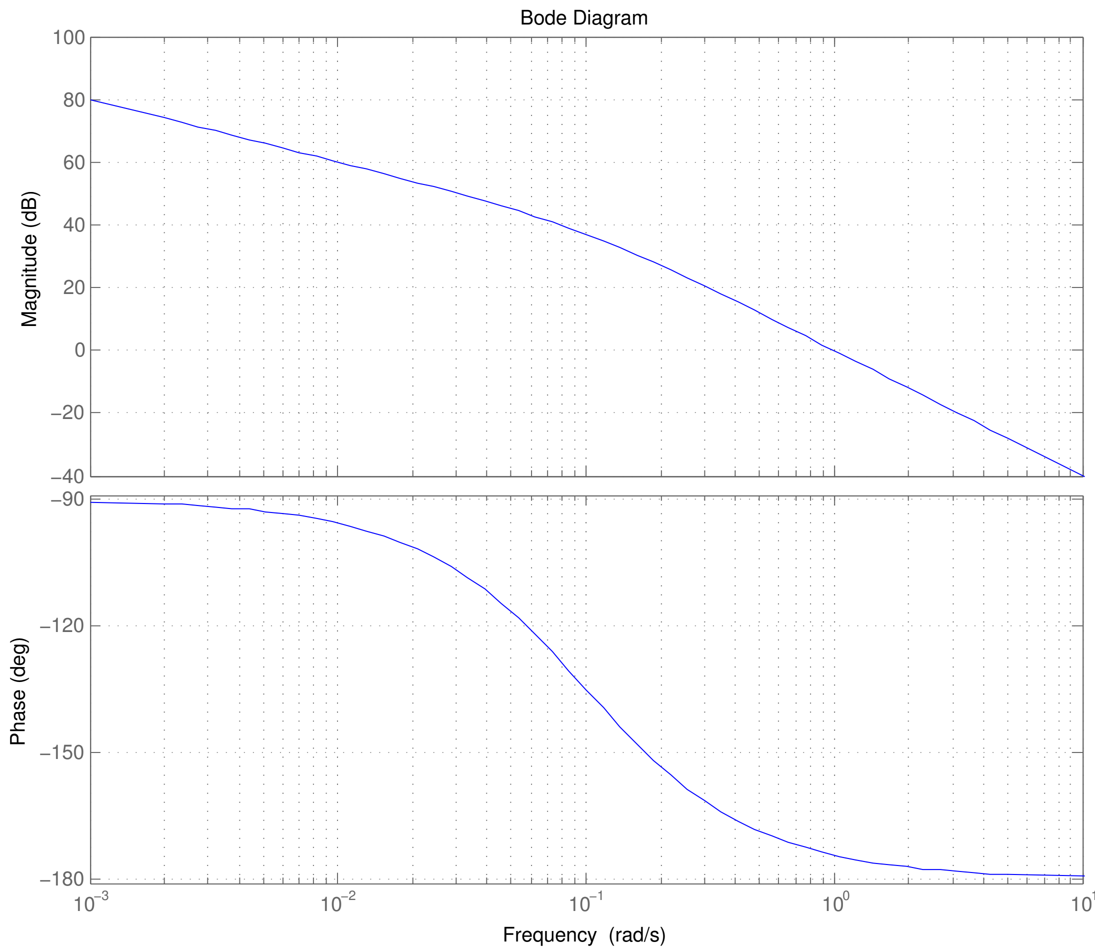
Figur 1: Blockdiagram för det återkopplade systemet för Uppgift 2).

Vi vill analysera val av K och b i regulatorn

$$F(s) = K\frac{s+b}{s}\,.$$

genom att rita rotort för det återkopplade systemets poler med avseende på $b > 0$ för givet $K > 0$. *Observera att vi normalt ritar rotort med avseende på K, men i denna uppgift skall det göras med avseende på $0 \leq b \leq \infty$.*
Använd rotorten för att bestämma för vilka värden på K och b som det återkopplade systemet är stabilt. (10p)

3. Ett system med överföringsfunktion $G(s)$ skall regleras med hjälp av en regulator $F(s)$ som i Figur 3 på nästa sida. Bodediagrammet för $G(i\omega)$ ges i Figur 2. Observera att förstärkningen ges i dB, dvs $20\log_{10}|G(i\omega)|$.



Figur 2: Bodediagram för $G(i\omega)$ i Uppgift 3.

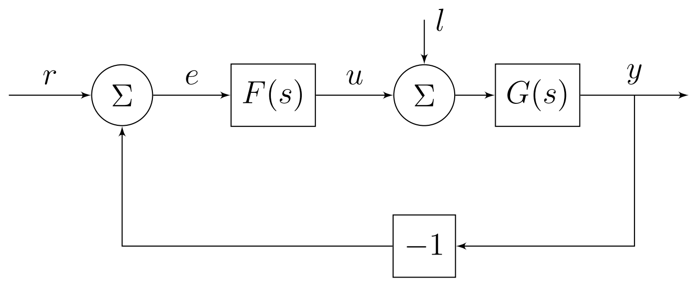
(a) Konstruera en regulator

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

så att vi får

- skärfrekvens: $\omega_c = 0.3$ rad/sec,
- fasmarginal: $\varphi = 65°$.

(5p)

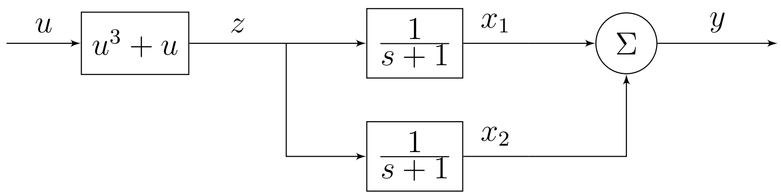


Figur 3: Blockdiagram för det återkopplade systemet för Uppgift 3b.

(b) Antag att referenssignalen $r = 0$ och att vi har en konstant insignalstörning $l = 1$ som i Figur 3.
Vad blir det stationära felet om vi använder lead-regulatorn från Uppgift 3a)?
Ta fram en modifierad regulator så att det stationära felet från insignalstörningen blir lika med noll.

(5p)

4. Studera systemet i Figur 4,



Figur 4: Blockdiagram för Uppgift 4).

Med det olinjära blocket menar vi att $z(t) = [u(t)]^3 + u(t)$.

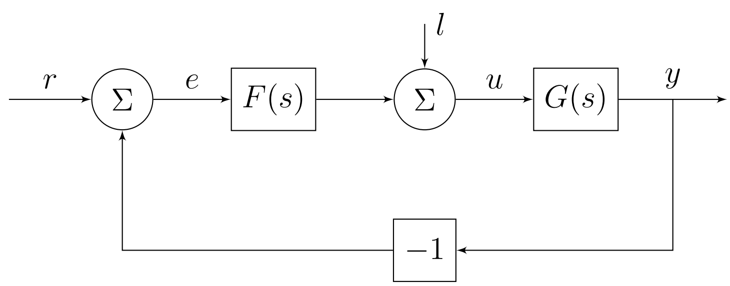
(a) Ta fram en tillståndsbeskrivning för systemet i Figur 4, med tillstånden $x_1(t)$ och $x_2(t)$, insignal $u(t)$ och utsignal $y(t)$. (2p)

(b) Bestäm en linjäriserad tillståndsbeskrivning för systemet i Figur 4 med tillstånd enligt Uppgift 4a) för stationär punkt med $u(t) = 2$. (3p)

(c) Antag att $u = 2$ och att vi kan mäta $y(t)$. Vi vill konstruera en observatör för att skatta tillstånden $x_1(t)$ och $x_2(t)$.
Var kan observatörens poler placeras? (3p)

(d) Är det linjäriserade systemet observerbart? (2p)

5. Vi vill konstruera en regulator $F(s)$ enligt Figur 5 för att stabilisera ett *instabilt* system med överföringsfunktion $G(s)$. *Vi antar att systemet är minimumfas, dvs* $G(s)$ *har alla nollställen strikt i vänstra halvplanet.*



Figur 5: Blockdiagram för det återkopplade systemet för Uppgift 5).

Vi ansätter regulatorstrukturen

$$F(s) = \frac{1}{Q(s)} - \frac{1}{G(s)}$$

där $Q(s)$ är en godtycklig *stabil* överföringsfunktion.

(a) Bestäm överföringsfuktionerna från referenssignal r och insignalstörning l till utsignal y och insignal u enligt Figur 5 då

$$F(s) = \frac{1}{Q(s)} - \frac{1}{G(s)}$$

där $Q(s)$ är stabil och $G(s)$ är minimum-fas. Är dessa fyra överföringsfunktioner stabila ? (4p)

(b) Ett möjligt problem med regulatorn $F(s)$ enligt ovan är att den kan innehålla rent deriverande termer. Studera till exempel

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

för vilket

$$\frac{1}{G(s)} = \frac{(s-1)^2}{s+1} = s + \frac{-3s+1}{s+1}$$

Ett sätt att undvika detta problem är att desutom kräva att $Q(s)$ har liknade struktur. Ansätt här

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

och visa att gränsvärdet

$$\lim_{s \to \infty} F(s)$$

då är ändligt, där

$$F(s) = \frac{1}{Q(s)} - \frac{1}{G(s)}$$

(1p)

(c) Antag att $G(s)$ har n poler och m stabila nollställen med $m < n$. Ange hur man kan konstruera $Q(s)$ så att

$$\lim_{s \to \infty} F(s)$$

är ändligt. Här är

$$F(s) = \frac{1}{Q(s)} - \frac{1}{G(s)}$$

(5p)