

REGLERTEKNIK

KTH

REGLERTEKNIK AK EL1000/EL1110/EL1120

Tentamen 2010-01-15 kl 08.00-13.00

Hjälpmedel: Kursboken i Reglerteknik AK (Glad, Ljung: Reglerteknik eller motsvarande) räknatabeller, formelsamlingar och räknedosa.
Observera att 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

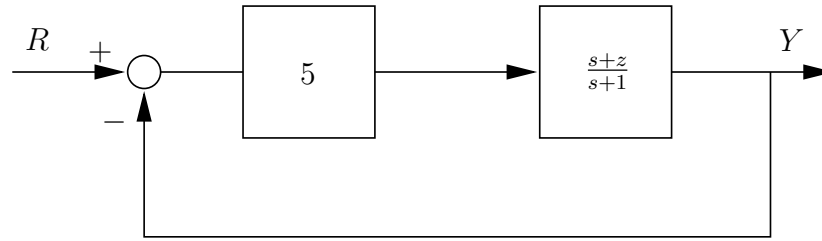
Ansvarig: Elling W. Jacobsen 0703 722 244

Resultat: Finns på Studerande-expeditionen (STEX) 2010-02-05

Utlämning: Tentamen kan hämtas ut vid Studerande-expeditionen, plan 3, Osquidas väg 10.

Lycka till!

1. (a) Betrakta blockschemat nedan



För vilka värden av parametern z blir det slutna systemet stabilt? (3p)

- (b) Systemet

$$\frac{dy}{dt} = -y(t) + 3u(t)$$

återkopplas med regulatoren

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

Bestäm det stationära reglerfelet $e = r - y$ då börvärdet

i. $r(t) = 1$ (2p)

ii. $r(t) = \sin(t)$ (2p)

- (c) Givet systemet

$$\frac{dx_1}{dt} = -x_1(t) + x_2(t) + u(t)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -x_2(t)$$

Kan man konstruera en observatör som baserat på mätning av tillståndet x_1 skattar tillståndet x_2 ? Motivera! (3p)

2. (a) En instabil kemisk reaktor beskrivs av modellen

$$\frac{dc}{dt} = c(t)^2 - q(t)c(t)$$

där c är halten av ett kemisk ämne och q är ett flöde. Man vill köra reaktorn kring den stationära punkten motsvarande $c = 1$. Visa att reaktorn är instabil i denna punkt och bestäm en P-regulator som stabiliserar reaktorn i punkten. (4p)

- (b) Vi skall studera positionsreglering av en robot i en dimension, dvs. längs en linje. Regleringen baseras på mätningar av hastighet och position, och med motorkraft som styrsignal. Överföringsfunktionen från motorkraft till hastighet ges av

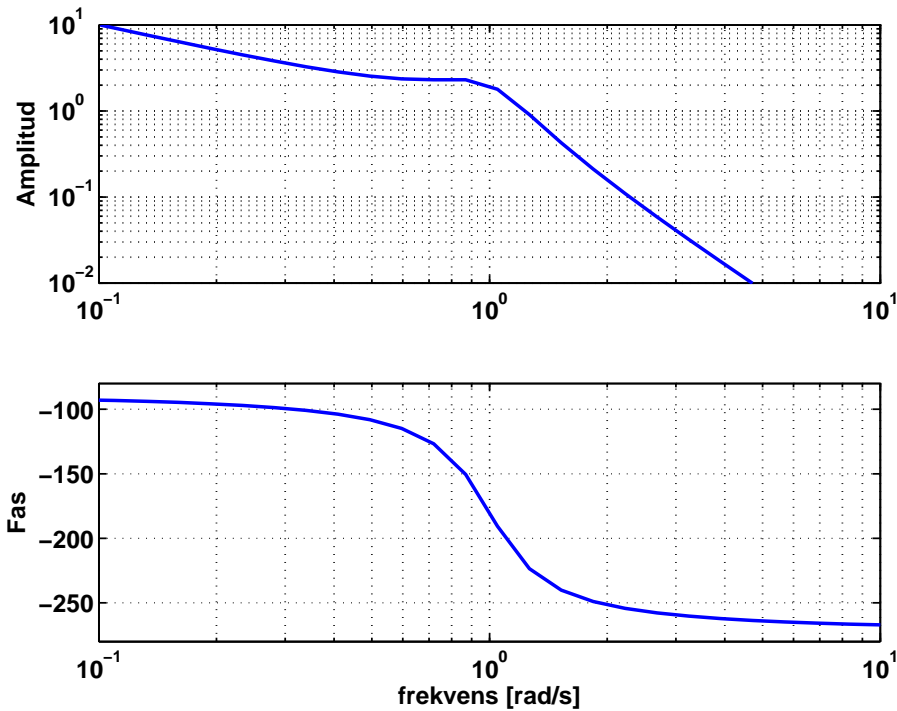
$$G(s) = \frac{0.5}{0.2s + 1}$$

För att utnyttja båda mätsignalerna skall vi använda kaskadreglering. I den inre reglerkretsen regleras robotens hastighet, och i den yttre robotens position. Bestäm först en P-regulator $F_1(s)$ för den inre kretsen, med hastighet som utsignal, så att denna kretsen har pol i $s = -10$. Konstruera därefter en P-regulator $F_2(s)$ för den yttre kretsen, med position som utsignal, så att denna blir kritiskt dämpad, dvs. har relativ dämpning 1. Rita blockschema. (6p)

3. Ett system beskrivs av modellen

$$G(s) = \frac{1}{s(s^2 + 0.5s + 1)}$$

Bodediagrammet för G visas nedan. Vi skall bestämma en regulator för systemet så att systemet blir väldämpat och med en bandbredd $\omega_B = 1 \text{ rad/s}$.



- (a) Bestäm den maximala skärfrekvensen ω_c man kan åstadkomma med en PI-regulator om man vill ha en fasmarginal på 50° . (2p)
- (b) Bestäm en regulator som ger en skärfrekvens $\omega_c = 1 \text{ rad/s}$, en fasmarginal $\phi_m = 50^\circ$ samt noll stationärt reglerfel för steg i börvärdet. (5p)
- (c) Anta att det finns en tidsfördröjning i reglerkretsen som man inte har tagit med i modellen ovan. Hur stor får denna maximalt vara om den inte skall äventyra stabiliteten med regulatorn från uppgift (b)? (3p)

4. Betrakta systemet

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{pmatrix} 0 & 0.1 \\ -0.4 & -0.4 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= (10 \ 0) x(t)\end{aligned}$$

Vi skall studera två olika metoder för att placera systemets poler i $s = -1$ genom återkoppling från utsignalen $y(t)$.

- (a) Bestäm en regulator $F(s)$ som ger ett slutet system med överföringsfunktion

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

(4p)

- (b) Bestäm en regulator baserat på skattning av systemets tillstånd samt återkoppling från dessa så att slutna systemet får två poler i $s = -1$. Observatörens poler placeras i $s = -2$. Tillståndsåterkopplingen bestäms så att slutna systemet får statisk förstärkning 1. (6p)

5. (a) Visa att ett stabilt slutet systems känslighetsfunktion måste ha ett belopp större än 1 vid den frekvens ω_{180} där öppna systemet har fas -180° . Det öppna systemet antas vara stabilt. Förklara även vad detta betyder vad gäller regleringens störningsundertryckning vid frekvensen ω_{180} ? (7p)
- (b) Ett vanligt krav vid design av regulatorer är att amplituden av slutna systemets känslighetsfunktion S skall vara mindre än 2 vid alla frekvenser. Vilka krav ger detta på amplitudmarginalen för öppet stabila system? (3p)