

REGLERTEKNIK

KTH

REGLERTEKNIK AK EL1000/EL1110/EL1120

Tentamen 2009–10–20 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

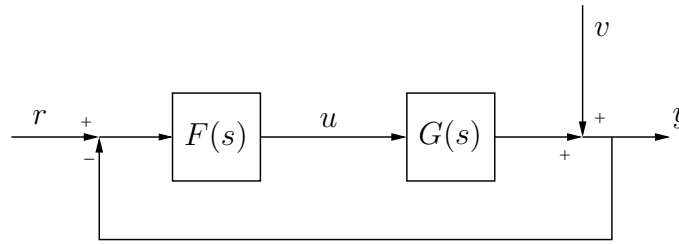
Ansvarig: Elling W. Jacobsen 0703 722 244

Resultat: Finns på Studerande-expeditionen (STEX) 2009-11-10

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

Lycka till!

1. (a) Betrakta det återkopplade systemet i figuren nedan



där

$$F(s) = K_c$$

och

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

- (i) Avgör för vilka värden av regulatorförstärkningen K_c som det slutna systemet är stabilt. (2p)
- (ii) Bestäm det stationära reglerfelet för ett steg i störningen $v(t)$ då förstärkningen K_c har valts så att amplitudmarginen blir 2. Du kan anta $r = 0$. (3p)

- (b) Ett system beskrivs av modellen

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -3x_1(t) - 2x_2(t) + 2u(t) \\ \dot{x}_2 &= x_1(t) \\ y(t) &= -x_1(t) + x_2(t)\end{aligned}$$

Avgör om systemet är minfas från styrsignalen u till utsignalen y . (3p)

- (c) PD-regulatorn

$$F(s) = 10(5s + 1)$$

skall implementeras tidsdiskret med samplingsintervall $T = 0.1$ s. Bestäm differensekvationen som beskriver sambandet mellan reglerfelet $e(t)$ och styrsignalen $u(t)$ då regulatorn approximeras med Euler bakåt. (2p)

2. (a) Processen

$$G(s) = \frac{3}{10s + 1}$$

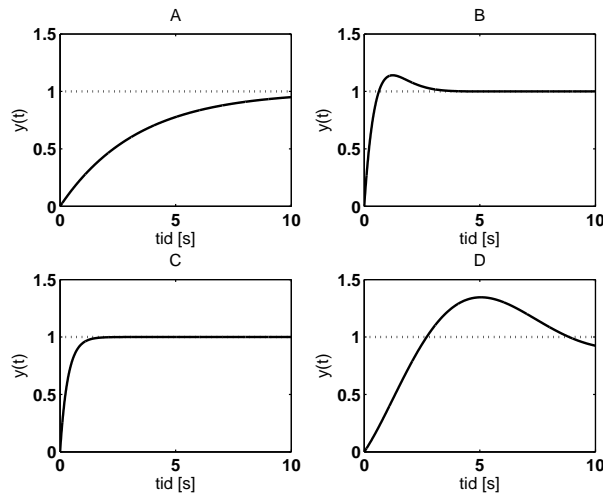
återkopplas med en PI-regulator

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

Man har testat ut 4 olika kombinationer av regulator-parametrerna K_c och T_I

I) $K_c = 10, T_I = 10$ II) $K_c = 10, T_I = 1$ III) $K_c = 1, T_I = 10$ IV) $K_c = 1, T_I = 1$

Systemets stegsvar för de olika inställningarna visas nedan. Para ihop regulatorparametrar och stegsvar. Motivera dina svar!



(4p)

(b) Temperaturen i en kemisk reaktor beskrivs av den förenklade modellen

$$\frac{dT}{dt} = T(t)^2 - Q(t)$$

där T är temperaturen och Q är kylningen som kan betraktas som styrsignal. Man vill köra reaktorn kring den stationära punkten som motsvarar $T = 20$. Visa att reaktorn är instabil i denna punkten, och bestäm en P-regulator som stabiliserar reaktorn i punkten. (4p)

(c) Bestäm en regulator $F(s)$ för processen

$$G(s) = \frac{0.6}{10s + 1}$$

så att slutna systemet blir

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

(2p)

3. Nyquistkurvan för ett asymptotiskt stabilt system $G(s)$ visas i figur 1. Frekvenssvaret $G(i\omega)$ har utvärderats i punkterna A-F (se Nyquistdiagrammet) och resultatet ges i Tabell 1 (nästa sida).

- (a) Man sluter först det öppna systemet $G(s)$ med negativ återkoppling och regulatorn $F(s) = 1$. Bestäm det resulterande slutna systemets amplitudmarginal och fasmarginal. *Basera räkningarna på de värden som finns i Tabell 1 på nästa sida.* (3p)
- (b) För att verifiera fasmarginalen återkopplar man $G(s)$ med regulatorn

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

och justerar parametern T tills systemet börjar självsvänga. För vilket värde av T börjar systemet självsvänga om fasmarginalen som räknades fram i uppgift (a) är korrekt? (3p)

- (c) Designa en PD-regulator

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

för $G(s)$ så att fasmarginalen för det slutna systemet blir 50° med bibehållen skärfrekvens. (4p)

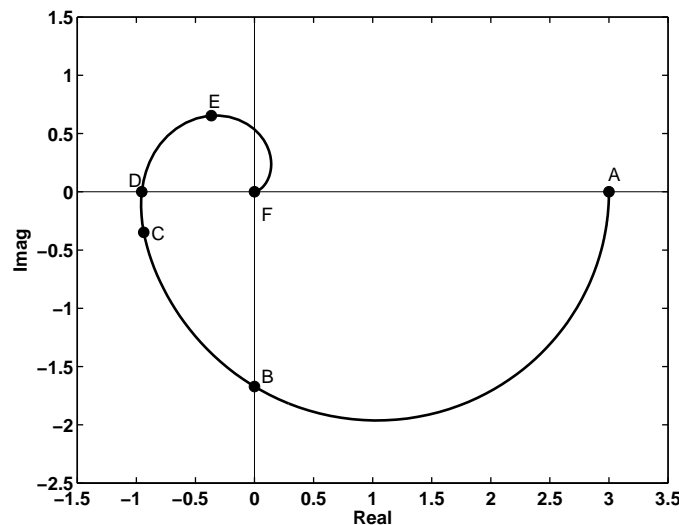
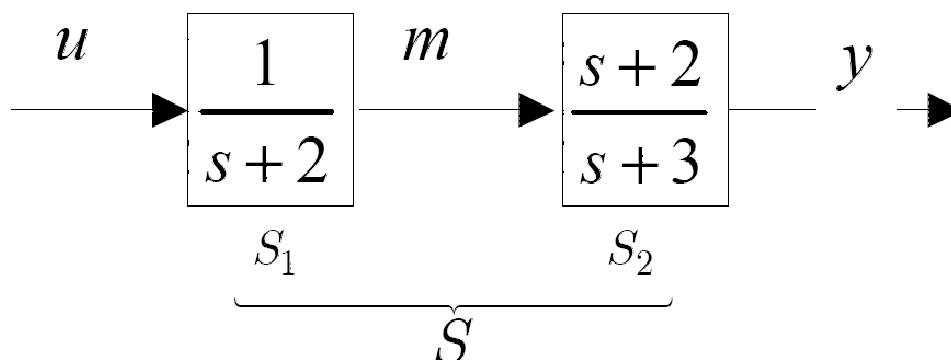


Figure 1: Nyquistkurvan för $G(s)$. **OBS: alla numeriska värden som behövs finns i tabell 1 på nästa sida.**

Table 1: $G(i\omega)$ för olika ω i uppgift 3.

	ω	$ G(i\omega) $	$\operatorname{Re}(G(i\omega))$	$\operatorname{Im}(G(i\omega))$
A	0	3	3	0
B	0.1675	1.6709	0	-1.6709
C	0.4896	1	-0.9373	-0.3480
D	0.6138	0.9541	-0.9541	0
E	1.0	0.7487	-0.3653	0.6535
F	∞	0	0	0

4. Betrakta systemet S med insignal u och utsignal y i figuren nedan. Systemet består av två delsystem S_1 och S_2 kopplade i serie. Vi skall studera styrbarheten och observerbarheten till systemet.



- (a) Bestäm en tillståndsbeskrivning för var och en av de två delsystemen S_1 och S_2 , dvs. en tillståndsbeskrivning för S_1 och en för S_2 . (2p)
- (b) Bestäm en tillståndsbeskrivning för hela systemet S där m skall vara en tillståndsvariabel. (1p)
- (c) Är tillståndsbeskrivningen som du tog fram för S i uppgift (b) styrbar? Tolka resultatet av din analys. (2p)
- (d) Är tillståndsbeskrivningen som du tog fram för S i uppgift (b) observerbar? Tolka resultatet av din analys. (2p)
- (e) En tillståndsbeskrivning (A, B, C, D) av ett system säges vara minimal om A har den lägsta möjliga dimensionen, dvs. det minsta antal tillstånd som behövs för att beskriva sambandet mellan insignal och utsignal. Bestäm en minimal tillståndsbeskrivning av systemet S , och avgör om denna är styrbar och observerbar. (3p)

5. Man skall reglera en process

$$G(s) = \frac{3}{5s + 1}$$

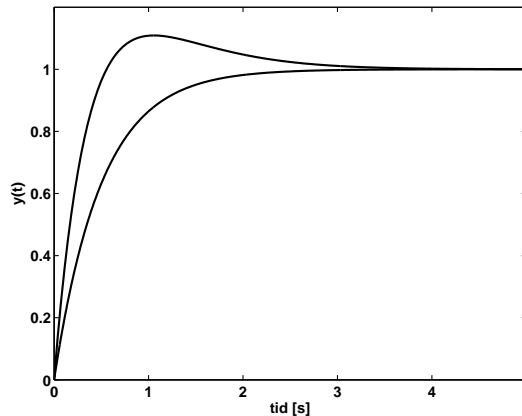
och önskar att jämföra två föreslagna regulatorer. Den ena regulatorn är baserat på Internal Model Control och ges av

$$F_1(s) = \frac{10}{3} \frac{5s + 1}{5s}$$

Den andra regulatorn är baserat på polplacering och ges av

$$F_2(s) = \frac{19}{3} \frac{0.95s + 1}{0.95s}$$

Stegsvaret från börvärde till utsignal för de två motsvarande återkopplade systemen visas nedan.



Regulatorn F_2 är designat för att ge en kortare stigtid, medan regulatorn F_1 ger en kortare insvängningstid.

- (a) Antag först att målet med regleringen är att undertrycka en störning på utsignalen, dvs.

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

Antag att $v(t)$ är en stegstörning och att det är viktigt att inverkan av $v(t)$ på $y(t)$ regleras bort så fort som möjligt. Vilken regulator är då att föredra? Motivera! (4p)

- (b) Antag nu istället att målet är att undertrycka störningar på insignalen, dvs.

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

Antag att $w(t)$ är en stegstörning och att målet är att inverkan av $w(t)$ på $y(t)$ regleras bort så fort som möjligt. Vilken regulator är då att föredra? Motivera! (6p)