



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Institutionen för
REGLERTEKNIK

Tentamen i Systemteknik/Processreglering

22 augusti 2011 kl 14–19

Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar sex uppgifter om totalt 20 poäng (Systemteknik) eller åtta uppgifter om totalt 25 poäng (Processreglering). Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift. Preliminära betygsgränser:

Systemteknik:

Betyg 3: 10 poäng

4: 14 poäng

5: 17 poäng

Processreglering:

Betyg 3: 12 poäng

4: 17 poäng

5: 21 poäng

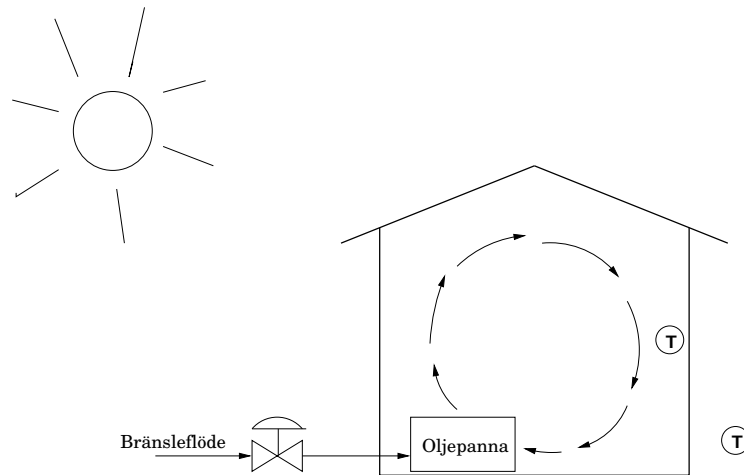
Tillåtna hjälpmedel

Matematiska tabeller (TEFYMA eller motsvarande), formelsamling i reglerteknik samt icke förprogrammerade räknare.

Tentamensresultat

Resultatlistor anslås senast fredagen den 2 september på institutionens anslagstavla samt på kurshemsidorna. För visning, vänligen kontakta Mikael Lindberg.

1. Din uppgift är att reglera inomhustemperaturen i ett hus, se figur 1. Till ditt förfogande har du en oljepanna vars bränsletillflöde kan styras. Du har också via temperaturgivare tillgång till inomhustemperaturen och utomhustemperaturen i skuggan.
 - a. Ge minst två exempel på störningar som kan påverka systemet. (1 p)
 - b. Beskriv strukturen på ett lämpligt regelsystem för att reglera inomhustemperaturen. Tänk på att du kan använda båda mätgivarna! Vilka fördelar medför den extra informationen från utomhustemperaturen? (2 p)



Figur 1 Huset i uppgift 1.

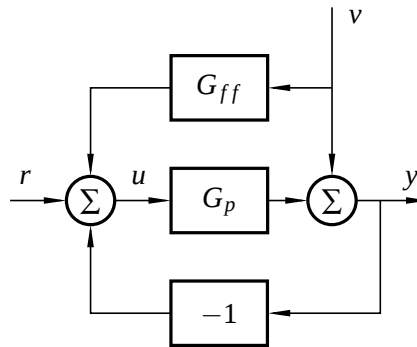
2. Ett system ges av

$$\ddot{y} = -4\dot{y} - 3y + 2u - \dot{u}$$

- a. Bestäm systemets överföringsfunktion $G(s)$, där $Y(s) = G(s)U(s)$. (1 p)
 - b. Ange systemets poler och nollställen. (1 p)
 - c. Undersök om systemet är stabilt och, om så är fallet, ange systemets statiska förstärkning. (1 p)
3. Antag att du ska använda en PI-regulator för att reglera processen

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

- a. Bestäm PI-regulatorns parametrar så att det slutna systemets poler placeras enligt det karakteristiska polynomet $s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2$. (2 p)
- b. Förklara mycket kortfattat hur parametrarna ω och ζ påverkar det slutna systemet. (1 p)
- c. När man använder en PI-regulator så finns det risk för integratoruppvridning (*integrator windup*). Förklara kortfattat vad problemet är och hur det yttrar sig. (Du behöver inte föreslå någon åtgärd.) (1 p)



Figur 2 Reglersystemet i uppgift 4

4. Figur 2 visar ett reglersystem där en störning v kommer in på utsignalen. För att reducera effekten av störningen, som är mätbar, vill man införa en framkoppling G_{ff} .

Processens överföringsfunktion ges av

$$G_p(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)} e^{-0.1s}$$

- Antag att $G_{ff} = 0$, d.v.s. ingen framkoppling förekommer. Beräkna det stationära reglerfelet om $r = 0$ och $v = -1$. Du kan förutsätta att det slutna systemet är asymptotiskt stabilt. (2 p)
 - Förklara varför det inte går att eliminera inverkan av en godtycklig störning $v(t)$ med hjälp av framkopplingen G_{ff} . Vad är ett lämpligt val av G_{ff} om man antar att störningen är konstant? (1 p)
5. I en alternativ verklighet existerar det vampyrer, som lever dolda bland människorna och dricker deras blod. Populationerna av människor och vampyrer i ett ekosystem bestående av en stad betraktas; populationen av människor betecknas med M och populationen av vampyrer med V . Vampyrernas törstsläckande aktiviteter minskar den mänskliga befolkningen med takten α . Samtidigt förekommer det att vampyrer gör människor till nya vampyrer vilket sker med takten β . Vampyrer dör inte naturligt, men de hamnar i konflikter med varandra, vilket minskar deras antal med takten γ , samtidigt som de ibland jagas ned av människor med takten δ . Nya människor föds med takten ε och avlider av icke-vampyrrelaterade orsaker med takten ζ . Utflyttning och inflyttning i staden betraktas som försumbara för båda populationerna. Detta kan beskrivas med följande ekvationer:

$$\begin{cases} \frac{dM}{dt} = -\alpha VM - \beta VM + \varepsilon M - \zeta M \\ \frac{dV}{dt} = \beta VM - \gamma V - \delta VM \end{cases}$$

$$\alpha = 9.998 \cdot 10^{-7}$$

$$\beta = 2 \cdot 10^{-10}$$

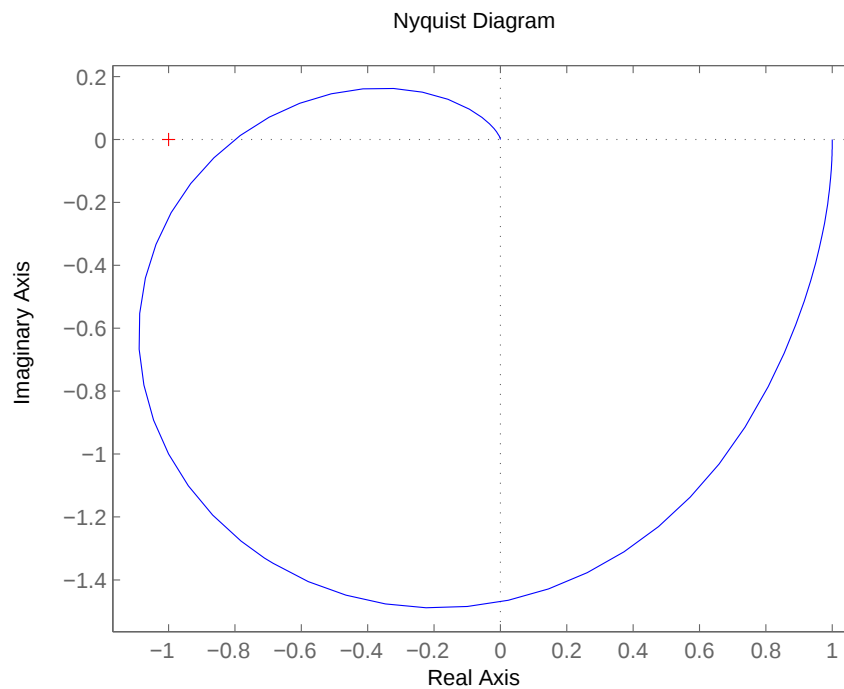
$$\gamma = 5 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta = 1 \cdot 10^{-10}$$

$$\varepsilon = 2 \cdot 10^{-2}$$

$$\zeta = 1.99 \cdot 10^{-2}$$

- a. Systemet har två jämviktpunkter (M^0, V^0). Beräkna dessa. (1 p)
 - b. Linjärisera systemet kring den jämviktpunkt där $M^0 > 0$ (2 p)
 - c. Avgör det linjäriserade systemets stabilitet. (1 p)
6. En process ska regleras med en P-regulator med förstärkning K . Nyquistkurvan för processen, som är stabil, syns i figur 3.



Figur 3 Nyquistkurva för processen som ska regleras i uppgift 6

- a. Vad är processens statiska förstärkning? (1 p)
 - b. För vilka värden på K blir det slutna systemet stabilt? (1 p)
 - c. Bestäm K så att det slutna systemet får ungefär 45° fasmarginal. (1 p)
7. **Endast för Processreglering**
En tidskontinuerlig regulator

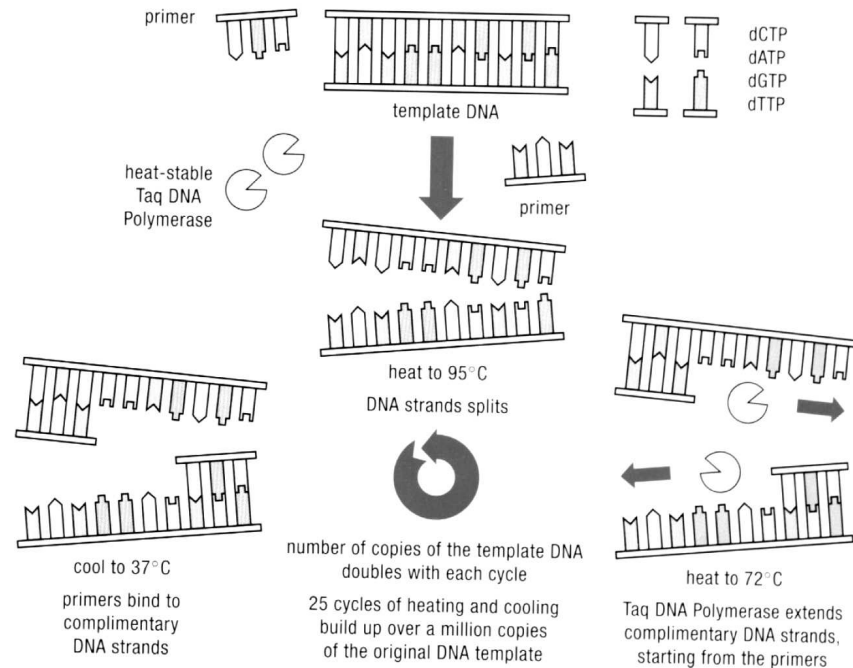
$$\frac{du(t)}{dt} = -2u(t) + 5e(t)$$

ska implementeras i en dator.

- a. Diskretisera regulatorn med framåtdifferens (Eulerapproximation) och samplingsintervallet $h = 0.1$. Skriv resultatet som en differensekvation. (1 p)
- b. Diskretisera regulatorn med bakåtdifferens och samplingsintervallet $h = 0.1$. Skriv resultatet som en differensekvation. (1 p)

8. Endast för Processreglering

Ett viktigt verktyg inom molekylärbiologin är den så kallade PCR-metoden (Polymerase Chain Reaction) med vars hjälp man kan isolera och massproducera enskilda gener och DNA-sekvenser. I varje cykel fördubblas antalet kopior av den önskade DNA-sekvensen och efter 20 cykler kan man erhålla ca 1 miljon (2^{20}) kopior.



Figur 4 Principen för PCR-metoden i uppgift 8.

En mycket förenklad beskrivning av metoden kan göras enligt följande:

1. Fyll provröret med DNA-prov, primers, DNA-polymeras och nukleotider.
2. Värm till 95°C. (Separation av DNA-strängar.)
3. Kyl till 37°C. (Primers binder till separerade DNA-strängar.)
4. Värm till 72°C. (DNA-polymeras fortsätter att bygga på nukleotidbaser med början vid primers och nya DNA-kopior erhålls.)
5. Upprepa punkt 2–4 önskat antal cykler.

Gör en GRAFCET som beskriver en PCR-sekvens med 20 cykler. Sekvensen skall starta när signalen **Start** blir sann. Du har dessutom tillgång till följande variabler:

Temp mätsignal för temperatur (0–100°C)

Heat styrsignal för värmeelement (på/av)

Cool styrsignal för kylelement (på/av)

Counter räknare (heltalsvariabel)

Reset_Counter signal som nollställer räknaren Counter

Increase_Counter signal som ökar Counters värde med ett.

Fill signal för att fylla provröret med önskade ingredienser.

Ready signal som talar om att provröret är fyllt och redo att starta.

(3 p)