Institutt for teknisk kybernetikk
Fakultet for informasjonsteknologi, matematikk og elektroteknikk

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Faglig kontakt under eksamen: Trond Andresen, mobil **9189 7045**
Han går to veiledningsrunder, ca. kl. 0940 - 1010 og ca. kl. 1115 - 1145.

Eksamen i TTK4100 kybernetikk introduksjon

26. mai 2008
Tid: 0900 - 1300

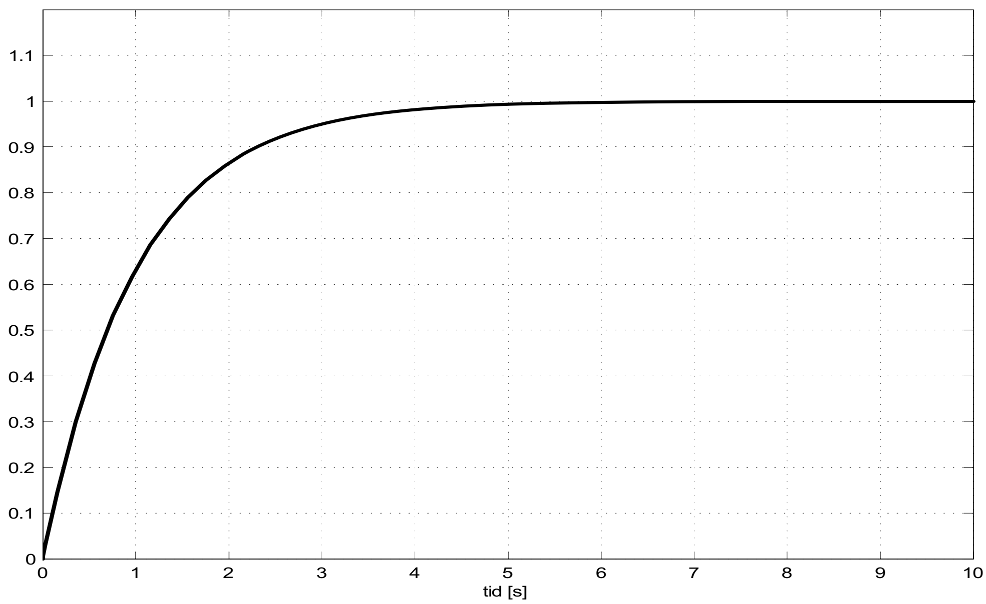
Denne besvarelsen teller 70% på karakteren, men 85% for dem som kommer bedre ut når man ser bort fra resultatet fra midtsemesterprøven. Poengene på oppgavene summerer seg opp til 70%, men vil bli skalert opp for dem som havner på det andre alternativet.
Sensur vil foreligge innen tre uker. Den blir også lagt ut på its learning når den er klar.

Hjelpemiddelkombinasjon C: Bestemt, enkel kalkulator tillatt. Tillatte skriftlige hjelpemidler er C.D. Johnson: "Process Control Instrumentation Technology" og Rottmanns formelsamling. Ingen andre skriftlige hjelpemidler tillatt.

Oppgave 1 (18 %)

Et system gitt av $\dot{x} = ax + bu$, med initalbetingelse: $x(0) = 0$ (1.1)

påtrykkes et pådrag $u = 0.2$ for $t \geq 0$. Figur 1.1 viser responsen:



Fag nr.: TTK4100
Dato: 26. mai 2008
Student nr.:
Sidenr.:

figur 1.1

a) (3 %) Finn tidskonstanten *T* og forsterkninga *K* for systemet ved hjelp av figuren. Tegn i figuren for å indikere hvordan du fant *T*, og levér denne sida som del av besvarelsen.

b) (3 %) Hva blir verdiene til konstantene *a* og *b*?

Bruk fra nå av bare *a* og *b* slik som angitt i ligning (1.1). Systemet skal reguleres til å følge en referanse $r(t)$, slik at $u = K(r - x)$ (variablenes avhengighet av t er underforstått, og indikeres ikke fra nå av).

c) (3 %) Tegn elementært blokkdiagram (med integrator etc.) for systemet med denne regulatoren.

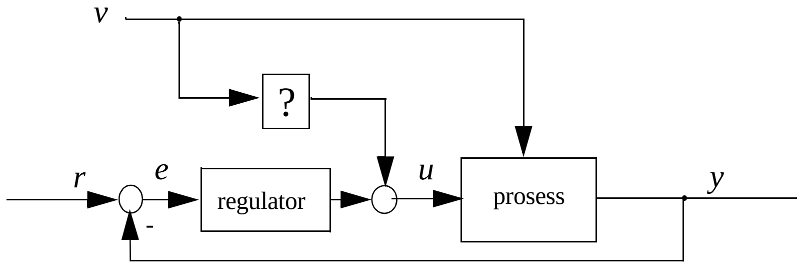
d) (6 %) Hva kaller vi regulatoren? Hva blir den nye differensiallikninga for systemet med tilbakekopling? Finn den nye tidskonstanten som funksjon av a,b og K.

e) (2 %) Vi tenker oss at referansen er et enhetssprang, $r = 1$ for $t \geq 0$.
Finn avviket $e = r - x$ når $t \to \infty$.

f) (1 %) Hva slags regulator burde du bruke for å oppnå $e \to 0$ når $t \to \infty$?

Oppgave 2 (4 %)

Gitt et reguleringssystem som vist i figur 2.1.



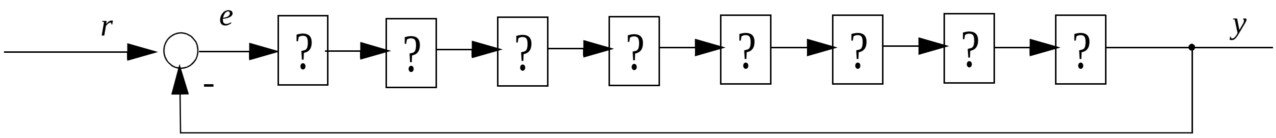
figur 2.1

a) (2 %) r er en referanse som y skal holde, og v er en forstyrrelse. Hva kaller vi den blokken som er merket med spørsmålstegn, og hva kreves for at en slik blokk kan benyttes i et reguleringssystem?

b) (2 %) Prosessen som skal styres er innetemperaturen i en bygning; r og y er henholdsvis ønsket og målt innetemperatur. Hva er v er i dette tilfellet?

Oppgave 3 (9 %)

Figur 3.1 viser et blokkdiagram for et reguleringssystem hvor åtte komponenter inngår:



figur 3.1

Regulatoren er en diskret regulator (= algoritme i en datamaskin).

a) (6 %) Du skal tegne blokkdiagrammet med gitte symboler i riktig rekkefølge. Følgende symboler skal brukes i blokkene (her oppgitt i tilfeldig rekkefølge):
P = fysisk prosess, A/D = analog til digital omsetter (taster, sampler),
D/A = digital til analog omsetter = holdeelement, FI = filter for å fjerne målestøy,
R = regulator, MI = måleinnretning (-instrument, -apparat), PO = pådragsorgan,
SS = strømsløyfe.

b) (3 %) Det oppgis at den høyeste frekvens som kan forekomme i prosessen er 20 rad/s. Hva slags tastetid (samplingstid) T vil du velge for A/D-omsetteren? Begrunnet svar!

Oppgave 4 (5%)

a) (3 %) En spenningsmåling ligger i området 0 - 10 V. Den skal konverteres til en digital verdi med 8 bits representasjon. Hvor stor avstand blir det i volt mellom hvert trinn som denne 8-bits presisjonen gir oss?

b) (2 %) En person er 61 år. Hva er personens alder uttrykt heksadesimalt?

Oppgave 5 (15 %)

En masse *m* skal posisjoneres på et vannrett underlag ved hjelp av et kraftpådrag *u* [N]. Friksjonen er så liten at vi kan se bort fra den.

a) (4 %) Kall posisjonen x_1 og hastigheten x_2. Formulér systemets modell som to koblede differensialligninger (tips: de blir ekstremt enkle).

Fra nå av skal du i stedet benytte én 2. ordens differensialligning for samme prosess. Kall nå posisjonen for x og hastigheten for $\dot{x}$.

b) (2 %) Massens posisjon skal følge en referanse r og vi lager derfor et reguleringssystem. Vi innfører en regulator $u = K_1(r - x) + K_2(\dot{r} - \dot{x})$. Hva kaller vi en slik regulator?

c) (4 %) Finn en lineær 2. ordens differensialligning for reguleringssystemet på formen

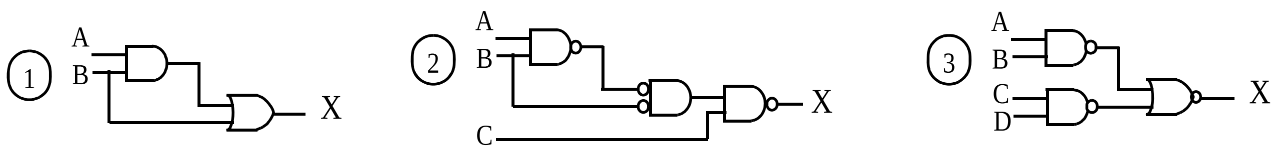
$$\ddot{x} + p\dot{x} + qx = f(r, \dot{r}) \tag{5.1}$$

d) (2 %) Ligning (5.1) har samme venstreside som ligninga for et masse-fjær-demper-system. Anta at vi setter $K_2 = 0$ i regulatoren. Hva innebærer det for det tilsvarende masse-fjær-demper-system?

e) (3 %) Med $K_2 = 0$ i regulatoren: hva kan du si om svingeforløpet for vårt reguleringssystem hvis $r = 0$ og $x > 0$ ved start $t = 0$? Lag en enkel, kvalitativ skisse. Hva kan du si om systemets stabilitet? Er $K_2 = 0$ et akseptabelt alternativ?

Oppgave 6 (7 %)

Figur 6.1 viser tre elementære kombinatoriske kretser:



figur 6.1

a) (3 %) Skriv det logiske uttrykket for utgangssignalet X, uten å forenkle, i hver av de gitte kretsene (portkrets-koblingene) nr. 1-3. De logiske innsignalene er A, B, osv. som vist.

b) (4 %) Forsøk å forenkle uttrykkene, dvs. finn enklest mulig form. (Tips: Sett opp enkle tabeller som viser utgangssignalets funksjon av kombinasjoner av innsignalenes verdier.)

Oppgave 7 (4 %)

Å dele opp et programvaresystem er vanlig.

a) (2 %) Bruk av "globale variable" er ofte ansett som en uting. Forklar kort hvorfor i et slikt vedlikeholdsperspektiv.

b) (2 %) Argumenter tilsvarende kort imot bruk av “goto”, dvs. ustrukturerte hopp i programkoden.

Oppgave 8 (2 %)

Hva er den viktigste virkninga av en tidsforsinkelse i måling eller pådrag i et tilbakekoplet system?

Oppgave 9 (6 %)

På ei isolert øy befinner det seg to dyrearter, rever og harer. Harene lever av plantene på øya, revene lever av harene. Vi kaller antall harer for x_1, og antall rever x_2. Vi antar at x_1 og x_2 kan betraktes som kontinuerlige variable, sjøl om de jo egentlig er heltall. En mye brukt modell for et slikt enkelt økosystem, er

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a_1 x_1 - d_1 x_1^2 + c_1 x_1 x_2 \\ \dot{x}_2 &= -a_2 x_2 + c_2 x_1 x_2 \end{aligned} \tag{9.1}$$

Her er a_i, c_i, x_i og $d_1 > 0$, og a_i, c_i og d_1 er konstanter. Antall møter mellom rev og hare pr. tidsenhet er proporsjonalt med produktet mellom harepopulasjonen (= “befolkningen”) x_1 og revepopulasjonen x_2.

a) (1 %) Er dette et lineært eller ulineært ligningssystem? Begrunn svaret!

b) (1.5 %) Hvilket ledd i en av de to ligningene uttrykker at harenes beiteressurser er begrenset og ikke uendelig store? Begrunnet svar!

c) (2 %) Finn likevektspunktet $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ for systemet, uttrykt ved systemets konstanter!

d) (1.5 %) Anta ingen harer i systemet, og at antall rever er x_{20} ved t = 0. Hvilket tidsforløp får vi for revepopulasjonen?