

Eksamen TTK4100

Kybernetikk Introduksjon

18. mai 2009

Tid: 09:00 - 13:00

Kontaktperson: Jan Tommy Gravdahl
Tlf.: (735)94358

Hjelpemidler: D-ingen trykte eller håndskrevne hjelpemidler er tillatt.
NTNU typegodkjent kalkulator med tomt minne er tillatt.

Språk: Norsk (Bokmål)

Antall sider: 4

Da tidligere vurdering i faget teller 30% av den endelige karakteren i faget,
teller denne eksamen 70%.

Oppgave 1. (17%)

Vi ønsker å lage en fartsregulator ('cruise-control') for en bil. En forenklet model av hastigheten til bilen er gitt av

$$m\dot{v} = F_l + F_g + u$$

hvor v er hastigheten, u er pådraget og m er massen til bilen. Luftmotstanden antas være gitt av likningen $F_l = k_l v$, hvor $k_l > 0$ er konstant, mens gravitasjonskreftene er gitt av $F_g = mg\theta$, hvor g er tyngdeakselerasjonen og θ er vinkelen bilen har i forhold til horisontalplanet ($\theta > 0$ dersom bilen kjører oppoverbakke, og $\theta < 0$ dersom bilen kjører nedoverbakke).

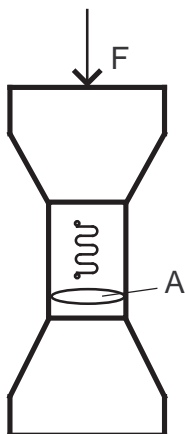
- a) (5%) Anta at bilen kjører oppoverbakke med konstant stigning, dvs $\theta = \theta_0 > 0$. Hva blir stasjonærverdien ved å bruke en P-regulator $u = K_p e = K_p (r - v)$, hvor r er en (konstant) referanseverdi og med proporsjonalitetskonstant K_p ?
- b) (2%) Er systemet lineært eller ulineært? Begrunn svaret.
- c) (4%) Anta nå at θ varierer ettersom bilen kjører opp- eller nedoverbakke. Vil PI-regulatoren $u = K_p e + \int e dt$ sørge for at det ikke blir noe stasjonæravvik, altså at $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$? I såfall, begrunn svaret. Hvis ikke, foreslå en regulator som løser reguleringsproblemet?
- d) (6%) Hva slags målinger trengs for å implementere regulatoren fra oppgave c)? Foreslå måleinstrumenter for å skaffe målingene som trengs og forklar hvorfor disse instrumentene er egnet til oppgaven.

Oppgave 2. (12%)

- a) (2%) Hvorfor brukes strøm og ikke spenning til å representere signaler i reguleringsystemer?
- b) (4%) Anta at temperaturintervallet fra -20° til $100^\circ C$ blir lineært konvertert til strømintervallet 4 til $20mA$. Hvor stor strøm må vi ha for å representere $0^\circ C$? Hvilken temperatur er representert av strømmen $15mA$?

- c) (6%) Beskriv kort og tegn prinsippsskisser for tre forskjellige metoder for å måle nivå for et fluid i en tank.

Oppgave 3. (10%)



Figur 1: Strekkklapp i lastcelle

Gauge Factor for en strekkklapp er definert som

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}, \quad (1)$$

der $GF \approx 2$ for metaller. En strekkklapp med $GF = 2.13$ og nominell motstand $R = 120\Omega$ er montert i en lastcelle som skal måle en kraft F som varierer mellom 0 og $20kN$. Lastcellen er utformet som en stolpe med tverrsnittsareal $A = 2 \cdot 10^{-3}m^2$ som vist i figur 1. Stolpen er lagd av aluminium med elastisitetsmodul $E = 6.89 \cdot 10^{10}N/m^2$. Sammenhengen mellom stress og strain er gitt av

$$E = \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{F/A}{\Delta l/l}. \quad (2)$$

- a) (5%) Hva er motstanden i strekkklappen ved full last? (NB motstanden avtar med økende last/kompresjon)
- b) (5%) Strekkklappen plasseres i en Wheatstonebro med driftspenning $2V$. De tre andre motstandene i broa er på 120Ω . Hvor stort er målebroens avvik ΔV fra likevekt ved full last?

Oppgave 4. (20%)

Gitt et system bestående av to førsteordens systemer:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -k_1x_1 + x_2 \\ \dot{x}_2 &= -k_2x_2 + u\end{aligned}$$

- a) (2%) Gitt at $k_2 > 0$, hva blir stasjonærverdien til x_2 hvis $u = 1$?
- b) (4%) Sett $y = x_1$ og vis at systemet kan skrives som én andreordens differensialligning gitt av

$$\ddot{y} + (k_1 + k_2)\dot{y} + k_1k_2y = u$$

- c) (4%) Gitt at $k_2 > 0$, $k_1 < 0$ og $k_1 + k_2 > 0$ slik at systemet er ustabilt. Hva må den positive konstanten k_3 i P-regulatoren

$$u = -k_3y$$

oppfylle for at systemet skal være stabilt?

- d) (5%) Forutsatt at at k_3 har blitt valgt slik at systemet er stabilt, finn et uttrykk for systemets relative dempingsfaktor og udempede resonansfrekvens som funksjon av konstantene k_1 , k_2 og k_3 .
- e) (2%) Er systemet monovariabelt eller multivariabelt? Begrunn svaret.
- f) (3%) Tegn blokkdiagram for systemet med regulator.

Oppgave 5. (11%)

- a) (4%) I et system med preemptive scheduling, tråder på forskjellige prioriteter og delte resurser beskyttet av semaforer, så kan fenomenet 'priority inversion' forekomme. Forklar hvordan priority inversion fungerer og hva problemet er.
- b) (3%) Konverter disse tallene til 10-tallssystemet: 10001001_2 (binær), 34_8 (oktal) og $AB22_{16}$ (hexadesimal)
- c) (4%) Beskriv kort hvilke uønskede effekter tidsforsinkelse og begrensning i pådraget kan ha i et reguleringsystem.