Universitetet i Stavanger

DET TEKNISK - NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: ELE320 Reguleringsteknikk

DATO: 1. desember 2016

VARIGHET: 4 timer

TILLATTE HJELPEMIDLER: Bestemt enkel kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 1 OPPGAVE PÅ 3 SIDER

MERKNADER: - Formelvedlegget er på side 3 og 4.
- Deloppgavene har ulik vekt.

FORELESER: Tormod Drengstig

TELEFON: 93 88 55 33.

Oppgave 1

a) (6%) Hva menes med begrepet arbeidspunkt for en prosess? Hvor mange arbeidspunkt kan en prosess ha? Hvorfor fokuserer vi på begrepet arbeidspunkt i dette faget?

b) (5%) Hva vil det egentlig si at en prosess er ulineær? Hva er ulempen med en slik prosess ut fra et reguleringsteknisk synspunkt?

c) (8%) Gitt en prosess som du ikke har en matematisk modell for. Beskriv i detalj med ord og skisser hvordan du vil gjennomføre eksperimenter på prosessen for å avsløre hvorvidt prosessen er ulineær. Det eneste du vet er at både inngangs- og utgangssignalet varierer mellom 0 og 1. Referer gjerne til hvordan du har gjort tilsvarende på lab.

d) (6%) Anta at du har utviklet både en ulineær matematisk modell basert på matematisk modellering og en lineær modell basert på eksperimenter. Beskriv hva som er sammenhengen mellom modellene, hva som er forskjellen på modellene, hva kan de brukes til, hva kan de ikke brukes til, osv.

e) (8%) Anta at du i Simulink har laget en sub-blokk for hver av modellene i oppgave d). Anta videre at du har loggede måledata i form av inngangsignal $u(t)$ og utgangssignal $y(t)$ (f.eks. sprangrespons omkring et arbeidspunkt u_A og y_A), og disse sprangresponsene kan hentes inn i Simulink vha. av egne blokker.

Vis hvordan du i Simulink kan koble modellenes sub-blokker opp mot måledataene $u(t)$ og $y(t)$ slik at du får verifisert både den ulineære modellen og den lineære modellen.

f) (6%) Gitt en ulineær prosess. Er det da generelt en sammenheng mellom verdiene til arbeidspunktene u_A og y_A og verdien til prosessforsterkningen K for den lineære prosessen i arbeidspunktet? For å få poeng på denne oppgaven må du også forklare hvorfor/hvorfor ikke?

g) (6%) Anta i resten av eksamen at den lineære modellen du fant er gitt ved transferfunksjonen $H_p(s)=\frac{y(s)}{u(s)}$

$$H_p(s) = \frac{K}{Ts+1}e^{-\tau s} \tag{1}$$

Finn et uttrykk for prosessens frekvensrespons, dvs. amplitudeforsterkning $|H_p(j\omega)|$ og faseforskyvning $\angle H_p(j\omega)$.

h) (5%) Benytt følgende verdier: K=0.2, T=10 og τ=3. Benytt et sprang med en høyde U som du selv bestemmer og skisser sprangresponsen omkring arbeidspunktet u_A=0.6 og y_A=0.4. Vis hvordan du finner K, T og τ i sprangresponsen. Indiker tallverdier på skissen der du avleser ting. Husk at pådraget kan variere $0 \leq u(t) \leq 1$.

i) (8%) Benytt et sinussignal med samme amplitude som spranghøyden i forrige deloppgave og omkring samme arbeidspunkt. La frekvensen til sinussignalet tilsvare knekkfrekvensen ω_k=1/T. Bruk uttrykkene du fant i oppgave g) til skissere inngangssignalet og utgangssignalet i hver sin figur. Få frem detaljer som periodetid, max-verdier og fase.

Dersom du ikke har funnet noe svar i oppgave g), vis/forklar hvordan du prinsipielt ville løst oppgaven.

j) (6%) Du skal nå lage et reguleringssystem for systemet. Hvilke av regulatorparameterinnstillingsmetodene som du kjenner til vil fungere for denne prosessen? Hvilke vil ikke fungere?

k) (8%) I denne oppgaven skal du vise at en PI-regulator anvendt på prosessen vil gi reguleringsavvik e=0 ved et sprang i referansen.

Derfor, vis først at transferfunksjonen til en PI regulator er

$$H_r(s) = \frac{K_pT_is + Kp}{T_is} \tag{2}$$

Videre kan du anta at måleinstrumentet har første ordens dynamikk med forsterkning lik 0.4 og tidskonstant lik 0.1 sekund. Finn $H_m(s)$.

Vis deretter at ved å benytte denne regulatoren, vil reguleringssavviket e=0 ved sprang i referansen. Benytt enten $N(s)$ eller $M(s)$ til dette.

l) (12%) Som du kjenner til har sensistivitetsfunksjonen $N(s)$ to tolkninger. Anta at du i stabilitetsanalysen for reguleringssystemet leser av følgende informasjon av $|N(j\omega)|$ ved $\omega = \omega_s$ i Bodediagrammet:

$$|N(j\omega_s)| = -10.6 \text{ dB} \tag{3}$$

Vis med eksempler hva denne informasjonen konkret sier noe om? Få frem begge tolkningene i eksemplene.

m) (6%) Hva forventer du at amplitudeforsterkningen til følgeforholdet $M(s)$ er i frekvensen ω_s i forrige deloppgave? Altså, hva forventer du at $|M(j\omega_s)|$ er (sånn ca)? Begrunn svaret.

n) (10%) Anta at regulatorparametrene som benyttes er K_p=7.5 og T_i=10. Dersom du skulle stilt inn regulatoren med en metode du selv velger fra vedlegg, hvilke verdier finner du for K_p og T_i. Dersom du velger å implementere de nye regulatorparametrene, hvor mye vil forsterkningsmargin ΔK endres med?

Vil fasemargin ϕ samtidig økes, reduseres eller forbli uendret?

Lag et Bodeplot som viser hvordan du prinsipelt avleser ΔK og ϕ. Få frem hvilken transferfunksjon som benyttes.

Formelsamling

- Et generelt 2-ordens system kan skrives som

$$H(s) = \frac{K}{(\frac{s}{\omega_0})^2 + 2\frac{\zeta}{\omega_0}s + 1} \tag{4}$$

- Et komplekst tall z kan skrives på kartesisk form slik:

$$z = \text{Re}(z) + j\text{Im}(z) \tag{5}$$

eller på polar form slik:

$$z = |z|e^{j\angle z} \tag{6}$$

- Sammenheng mellom kartesisk og polar form er:

$$|z| = \sqrt{\text{Re}(z)^2 + \text{Im}(z)^2} \tag{7}$$

$$\angle z = \arctan\frac{\text{Im(z)}}{\text{Re(z)}} \tag{8}$$

- Sluttverditeorem
$$\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{s\to 0} s \cdot f(s) \tag{9}$$

- Ziegler Nichols åpen sløyfe metode:
$$K_p = \frac{0.9 \cdot U}{L \cdot R} \tag{10}$$
$$T_i = 3.3 \cdot L \tag{11}$$

  hvor L er ekvivalent dødtid, R er stigningstallet på sprangresponsen og U er sprangets høyde. Dersom prosessen er første orden med dødtid er
$$R = \frac{K \cdot U}{T} \tag{12}$$
$$L = \tau \tag{13}$$

- Polplassering for 1 ordens system (PI-regulator):
$$K_p = \frac{2\zeta w_0 T - 1}{K} \tag{14}$$
$$T_i = \frac{2\zeta w_0 T - 1}{w_0^2 T} \tag{15}$$

- Pol-nullpunktkansellering 1 ordens system (PI-regulator):
$$K_p = \frac{T}{T_M \cdot K} \tag{16}$$
$$T_i = T \tag{17}$$

- Sammenheng mellom $M(s)$, $N(s)$ og $H_0(s)$
$$M(s) = \frac{H_0(s)}{1 + H_0(s)} = \frac{y(s)}{y_r(s)} \tag{18}$$

$$N(s) = \frac{1}{1 + H_0(s)} = \frac{e(s)}{y_r(s)} \tag{19}$$