ELEC-C1110 Automaatio- ja systeemitekniikan perusteet

Kurssitentti 18.04.2023

Anvisningar för tentamen:

- Tentamenstiden är 2,5 timmar (kl. 10.00–12.30). Om du har ansökt om tilläggstid för tentamen har du 3,5 timmar på dig, alltså till kl. 13.30.
- Du måste vara på plats i minst en (1) timme, varefter du får lämna in tentamen.
- Under de sista 15 minuterna får du inte lämna in tentamen eller lämna salen, för att alla ska ha möjlighet att färdigställa sina svar i lugn och ro.
- Uppgifterna kan besvaras på finska eller svenska.
- Presentera tydliga svar och inkludera också tillräckligt med mellansteg som visar hur du kommit fram till svaret.
- Lämna in tentamen enligt följande anvisningar:
    - Lämna in alla papper som du har skrivit något på.
    - Om du vill kan du spara detta uppgiftspapper.
    - Skriv ditt namn, ditt studentnummer, kursens kod och namn, datum, sal och underskrift på svarspappren.
    - *Skriv ditt namn och studentnummer också på luntlappen.*
    - *Kryssa tydligt över allt som du inte vill att ska bedömas, inklusive klottpappren.*
    - *Uppvisa identitetsbevis och skriv din underskrift vid ditt namn på namnlistan när du lämnar in tentamen.*
- Räck upp handen tydligt om du har frågor, behöver mer papper eller behöver gå på toaletten under tentamen.

Uppgift 1: Förklaringsuppgift (10p)

Förklara med några meningar:

a) Vad är skillnaden mellan öppna och slutna system? Beskriv med exempel när man kan använda öppna system och när man kan använda slutna system. (3p)

b) PID-regulatorns delar och betydelsen av dess parametrar. (3p)

c) Beskriv vad kaskadreglering är. I hurdana situationer kan man ha nytta av kaskadreglering? Beskriv med exempel kaskadregleringens olika delar/nivåer och hur de fungerar ihop. (4p)

Uppgift 2: Inlärning av modellen (12p)

a) Det finns en fysikbaserad linjär differentialmodell för systemet. Modellen beaktar bland annat gravitation och friktion, men du märker baserat på proverna du kan mäta att modellen inte modellerar systemet tillräckligt noggrant. Förklara för en studerande som inte ännu gått kursen 1) Vad du gör när du vet att modellen är korrekt men inte kalibrerad. 2) Vad du gör när du vet att modellen är kalibrerad men inte en exakt approximation av systemet. Du vill ha exaktare prognoser men du känner inte till den exakta fysikaliska modellen. (4p)

b) Systemet har gett 2 prover $y(t_1) = 2, x(t_1) = 1, \dot{x}(t_1) = 1$ och $y(t_2) = 3, x(t_2) = 1, \dot{x}(t_2) = 0$. Modellen som man vill tillämpa på proverna är $y(t) = x(t)a + \dot{x}(t)b$. Räkna talvärdet för a och b när summan av kvadratfelet minimeras. (4p)

c) Systemet har getts modellen $y(t) = x(t)^2ab^2 + x(t)^3a^2b$. Du vill använda gradientmetoden. Härled partiella derivator för parametrarna a och b i förhållande till förlustfunktionen som mäter summan av kvadratfelet. Markera alla mellanskeden. Tips: summan av kvadratfelet är $\sum_n\left(\left(f(x(t_n),\theta) - y(t_n)\right)\right)^2$, där $f(x(t_n),\theta)$ är modellen, θ modellens parametrar, och $x(t_n)$ och $y(t_n)$ är prov från tidpunkten t_n . (4p)

Uppgift 3: Differentialekvation, integrering, regulatorer, stabilitet, blockscheman --- **Uppgift 3:** TODO Regulatorer, stabilitet, blockscheman (13p)

Systemet regleras med hjälp av återkoppling genom en PID-regulator där $k_I = 0$. Inställningsvärdet är $g_A(t) = 1$. Processens differentialekvation är $\dot{g}(t) = g(t) + u(t)$, där $u(t)$ är PID-regulatorns styrsignal och $g(t)$ är processens respons som mäts med en exakt givare utan fördröjning.

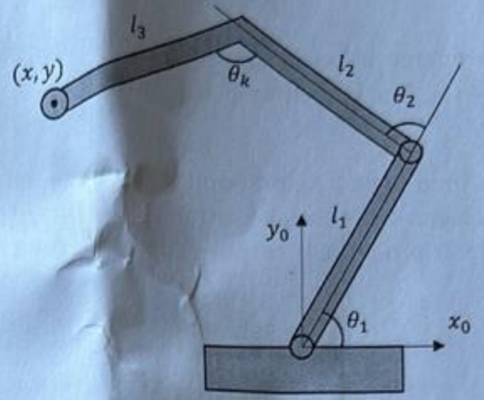
a) Rita ett blockshema för systemet (3p)

b) Lös $g(t)$ i differentialekvationen, när $k_I = 0, k_D = 0$ och k_P är parametern som kan välja funktion för PID-regulatorn. Med vilka k_P värden på PID-regulaton 1) är systemet stabilt 2) vibrerar systemet, 3) har det en stationär avvikelse? Motivera ditt svar. **Tips:** du kan lösa uppgiften bland annat genom att använda typiska lösningar för dylika differentialekvationer och lösa tre konstanter. Lämna denna uppgift till sist om den känns krånglig. (5p)

c) Processen ändras. Differentialekvationen är nu $\dot{g}(t) = \frac{1}{g(t)} + g(t)^2 + u(t)$. Räkna ut $g(t)$ för tidpunkterna $t_1 = 0.1$, $t_2 = 0.2$, $t_3 = 0.3$ genom att använda numerisk integrering med Eulers metod. PID-regulatorns (styrsignal $u(t)$) värden är $k_P = 3, k_I = 0, k_D = 0$ och $g(t_0 = 0) = 1$. (5p)

Uppgift 4: Robotens kinematik och dynamik (15p)

Varsi arm	Pituus längd
l_1	0.50m
l_2	0.30m
l_3	0.40m



a) Skapa matriser för direkt kinematik för robotmanipulatorn som verkar i planet ovan genom att använda homogena transformationer. Var ligger arbetspunkten (x, y) i koordinatsystemet (x_0, y_0)? Beräkna matriserna utgående från arbetspunktens placering när ledernas vinklar är:

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} rad, \theta_2 = \frac{5\pi}{6} rad$$

Armarna l_2 och l_3 är fixerade i varandra och vinkeln mellan dem är $\theta_k = \frac{2\pi}{3}$.

Obs! Du behöver inte presentera varje mellansteg i matrismultiplikationerna. (8p)

b) Om du räknar ut invers kinematik för roboten, hur många lösningar kan du få? Varför? Om även vinkeln θ_k kan väljas och inte är låst, hur många lösningar kan det finnas för den inversa kinematiken? (3p)

c) Om roboten tar tag i ett föremål och börjar lyfta det, vilka dynamiska krafter (vridmoment) verkar på robotens leder? Hur kan dessa krafter elimineras i regleringen av roboten (du kan rita en bild)? Berätta för varje kraft vilka saker som påverkar storleken på kraften. (4p)