

**Tehtävä 1: Selitystehtävä --- Uppgift 1: Förklaringsuppgift (10p)**

Selitä muutamalla virkkeellä --- Förklara med några meningar:

- a) Impulssivaste ja askelvaste, hahmottele lisäksi molemmille kuvaajat missä näkyy sekä syöte että vaste (yleisessä tapauksessa). (3p)

*Impulssvar och stegsvar, skissa också grafer för dem båda som visar både insignal och svar (i vanliga fall).*

- b) PID-säätimen osat ja sen parametrien merkitykset. (3p)

*PID-regulatorns delar och betydelsen av dess parametrar.*

- c) Differentiaaliyhtälön ja Laplace-tasossa olevan yhtälön eroavaisuudet, sekä hyvät ja huonot puolet säätötekniikan sovelluksissa. (4p)

*Skillnaderna mellan en differentialekvation och en ekvation i Laplaceplanet samt deras fördelar och nackdelar i reglertekniska tillämpningar.*

**Tehtävä 2: Laplace-muunnokset --- Uppgift 2: Laplacetransformer (12p)**

- a) Laplace-muunna seuraava differentiaaliyhtälö ja ratkaise  $Y(s)$ . (4p)

*Laplacetransformera följande differentialekvation och lös  $Y(s)$ .*

$$3\ddot{y}(t) - 6\dot{y}(t) + 4y(t) - 2u(t) = 1, \text{ kun } t \geq 0$$

$$y(0) = 4, \quad \dot{y}(0) = 7$$

- b) Etsi Laplace-käänteismuunnos seuraavalle siirtofunktiolle: (4p)

*Sök en invers Laplacetransform för följande överföringsfunktion:*

$$G(s) = \frac{4}{s^2 + 5s + 6}$$

- c) Systemin siirtofunktio on  $G(s) = \frac{8s+26}{s+5+\frac{4}{s}}$ . Laske järjestelmälle askelvaste aikatasossa. (4p)

*Ett system har överföringsfunktionen  $G(s) = \frac{8s+26}{s+5+\frac{4}{s}}$ . Beräkna systemets stegsvar i tidsplanet.*

**Tehtävä 3:** Säätimet, stabiilisuus, lohko-kaaviot --- **Uppgift 3:** Regulatorer, stabilitet, blockscheman (13p)

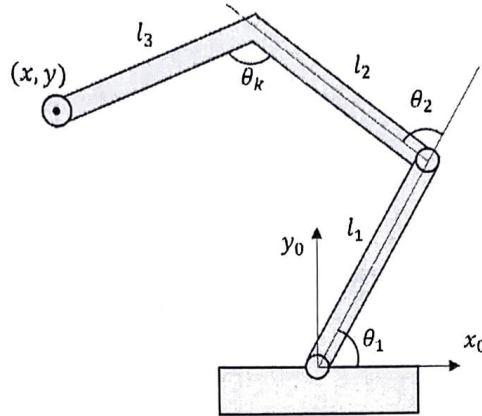
Systeemi koostuu kahdesta sarjaan kytketystä prosessista  $G_1$  ja  $G_2$ . Näiden prosessien siirtofunktiot ovat:  $G_1 = \frac{s^2+6s+9}{s+3}$  ja  $G_2 = \frac{1}{s+3}$ . Systeemiä säädetään takaisinkytkennän avulla hyödyntäen PID-säädintä, jonka arvot on asetettu seuraavasti  $K_P = 5$ ,  $K_I = 0$ ,  $K_D = 2$ . Säätimen siirtofunktiota merkitään  $G_C$ . Mittaavan anturin siirtofunktio on lisäksi  $G_M = \frac{1}{s^2}$ .

*Ett system består av de två seriekopplade processerna  $G_1$  och  $G_2$ . Överföringsfunktionerna för dessa processer är:  $G_1 = \frac{s^2+6s+9}{s+3}$  och  $G_2 = \frac{1}{s+3}$ . Systemet regleras genom återkoppling med en PID-regulator, vars värden är  $K_P = 5$ ,  $K_I = 0$ ,  $K_D = 2$ . Regulatorns överföringsfunktion betecknas  $G_C$ . Överföringsfunktionen för mätgivaren är  $G_M = \frac{1}{s^2}$ .*

- Piirrä systeemiä kuvaava lohko-kaavio (3p)  
*Rita ett blockschema för systemet*
- Johda systeemille siirtofunktio (4p)  
*Härled överföringsfunktionen för systemet.*
- Laske siirtofunktiosta systeemin navat ja nollat (3p)  
*Beräkna systemets poler och nollställen ur överföringsfunktionen.*
- Piirrä napa-nolla kuvio ja kerro sen perusteella systeemin käyttäytymisestä. (3p)  
*Rita ett pol-nollställe-diagram och berätta utgående från det hur systemet beter sig.*

Tehtävä 4: Robotin kinematiikka --- Uppgift 4: Robotens kinematik (15p)

Varsi arm	Pituus längd
$l_1$	0.85m
$l_2$	0.40m
$l_3$	0.40m



- a) Muodosta yllä olevalle tasossa toimivalle robottimanipulaattorille suorankinematikanmatriisit käyttäen homogeenisia muutoksia. Missä työkalupiste  $(x, y)$  sijaitsee koordinaatistossa  $(x_0, y_0)$ . Laske matriiseja käyttäen missä työkalupiste sijaitsee kun nivelien kulmat ovat:

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

Varret  $l_2$  ja  $l_3$  ovat kiinteästi kiinni toisissaan niiden välinen kulma  $\theta_k = \frac{2\pi}{3}$ .

**Huom!** Matriisien kertolaskujen jokaista välivaiheita ei tarvitse esittää. (8p)

*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:*

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

*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.

- b) Laske samalle robotille käänteinen kinematiikka. Laske nivelten kulmat kun työkalupiste on koordinaateissa  $(1.0\text{m}, 0.8\text{m})$ . Etsi kaikki mahdolliset ratkaisut. (7p)

*Beräkna den inversa kinematiken för samma robot. Beräkna ledernas vinklar när arbetspunkten har koordinaterna  $(1.0\text{m}, 0.8\text{m})$ . Sök alla tänkbara lösningar.*