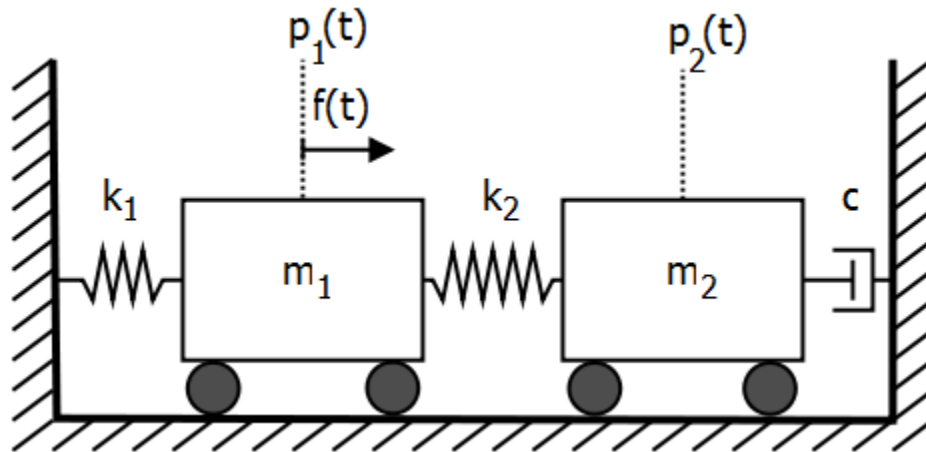


MS-E2129 Systemien identifiointi

4. kotitehtävä

Tarkastellaan systeemiä, joka koostuu kahdesta vaunusta, joiden massat ovat  $m_1$  ja  $m_2$  ja keskipisteet  $p_1(t)$  ja  $p_2(t)$ , kuten kuvassa 1 on esitetty.



Kuva 1: Kahdesta vaunusta koostuva systeemi

Vasen vaunu on kiinnitetty seinään jousella, jonka jousivakio on  $k_1$  ja tasapainoasema  $x_{01}$ . Vaunut on kiinnitetty toisiinsa jousella, jonka jousivakio on  $k_2$  ja tasapainoasema  $x_{02}$ . Lisäksi vasempaan vaunuun kohdistuu ulkoinen voima  $f(t)$ . Oikea vaunu on kiinnitetty seinään viskoosia nestettä sisältävällä sylinterillä, joka vastustaa vaunun liikettä voimalla  $F_C = c\dot{p}_2(t)$ . Vaunut liikkuvat kitkattomilla pyörillä.

Merkitään jousen 1 venymää tasapainosta  $\Delta x_1$ :llä ja jousen 2 venymää tasapainosta  $\Delta x_2$ :lla.  $p_i$ :llä ja  $\Delta x_i$ :llä on tällöin seuraava yhteys, kun oletetaan että vaunujen pituudet sisältyvät jousien tasapainoasemiin:

$$p_1 = x_{01} + \Delta x_1$$

$$p_2 = x_{01} + \Delta x_1 + x_{02} + \Delta x_2$$

Voit olettaa, että vaunut eivät törmää toisiinsa tai seiniin. Kirjoita kuvan 1 systeemiä kuvaavat differentiaaliyhtälöt ja näiden avulla systeemin tilaesitykset, jossa tiloina ovat

- a)  $p_1$  ja  $p_2$
- b)  $\Delta x_1$  ja  $\Delta x_2$

sekä näiden ensimmäisen kertaluvun derivaatat.