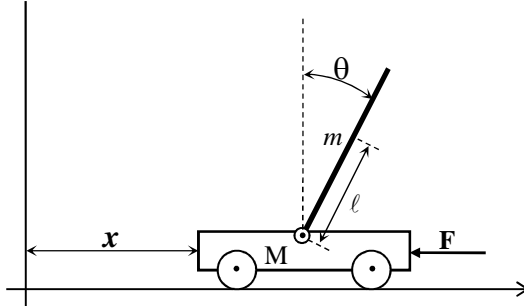


Praktikum II

Pöördpendel liikaval alusel ja süsteemi stabiliseerimine tagasisidega

1. Pöördpendli lihtsustatud mudel (vt demoks nt <https://youtu.be/yfgA5jKZ63w>)



Olekumudeli muutujad ja parameetrid:

- θ - pendli nurk [rad]
- x - aluskäru asend [m]
- M - aluskäru mass [kg]
- m - pendli varda mass [kg]
- ℓ - kaugus pendli varda raskuskeskmene [m]
- g - raskuskiirendus [m/s^2]
- F - jõud aluskäru liigutamiseks [N] (mudeli sisend u)

Olekumudel (olekuvõrrandi maatriksid) ja olekumuutujate vektor X

$$\begin{cases} \dot{X} = A \cdot X + B \cdot U \\ Y = C \cdot X \end{cases} \quad X = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ x \\ \dot{x} \end{bmatrix} \begin{matrix} x_1 - \text{nurk} \\ x_2 - \text{nurga tuletis e nurkkiirus} \\ x_3 - \text{aluse asend} \\ x_4 - \text{asendi tuletis e joonkiirus} \end{matrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{M+m}{M \cdot \ell} \cdot g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{m}{M} \cdot g & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix}$$

Lineaarne mudel on saadud lineariseerimisega: $\sin(0+\theta) \approx \theta$ ja $\cos(0+\theta) \approx 1$ kui $|\theta| \leq 0.2 \text{ rad} \Leftrightarrow$ mudeli viga jääb $< 1\%$.

Mudeli kirjeldamine Matlabis:

```
% parameetrite initsialiseerimine
g = 9.8; M = 2; m = 0.2; l = 0.6;
```

```
% olekumudeli maatriksite sisestamine
A = [0 1 0 0; g*(M+m)/(M*l) 0 0 0; 0 0 0 1; -m/M*g 0 0 0]
B = [0; -1/(M*l); 0; 1/M]
C = eye(4) % ühikmaatriksi loomine et Y = X
D = zeros(4,1) % nullise maatriksi loomine
sys=ss(A,B,C,D) % olekumudeli maatriksite koondamine ühe nime alla
```

2. Määrake süsteemi omaväärtused (poolused) ja stabiilsus. Kontrollige, et süsteem oleks täielikult juhitud olekutagasiside kasutamiseks.

```
ov=eig(sys.a)      % omaväärtused ja stabiilsuse määramine  
  
rank(ctrb(sys))   % juhitavuse kontroll
```

3. Teisendage olekumudel diskreetaega (sobiva diskreetimis-sammuga):

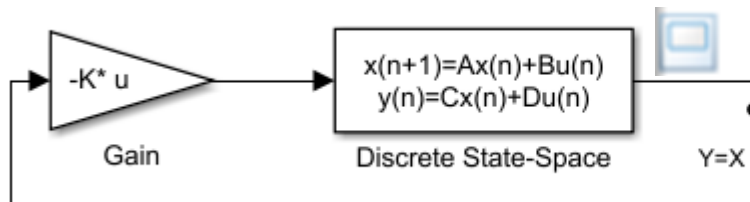
```
td = 0.1          % diskreetimissamm (-takt)  
sysd=c2d(sys,td) % süsteemi diskreetimine sammuga td  
  
ovz=eig(sysd), plot(real(ovz),imag(ovz),'x'),zgrid % diskreetaja olekumudeli  
omaväärtused
```

4. Arvutage (sünteesige) tagasiside maatriks K , mis stabiliseerib mittestabiilse süsteemi diskreetajas: $U(k) = -K \cdot X(k)$

```
Z = [0.7 0.8 0.9 0.95] % soovitud suletud süsteemi omaväärtused  
plot(real(Z),imag(Z),'*');zgrid
```

```
K = place(sysd.a, sysd.b, Z) % tagasisidemaatriksi arvutus suletud süsteemi  
pooluste paigutusega (pole placement)
```

5. Koostage Simulinki skeemina tagasisidestatud süsteem ja uurige mudeli käitumist mittennullise pendli algnurga korral, erinevate kiirustega suletud süsteemi omaväärtuste juures. Soovitud stabiilne lõppolek $X(\infty)$ on $[0;0;0;0]$ st pendel täpselt püsti kokkuleppeliselt nullises asukohas.



Paremklakk X joonel,
Create & Connect Viewer,
Simulink,
Scope,