

Sprawozdanie

Komputerowe modelowanie układów i procesów

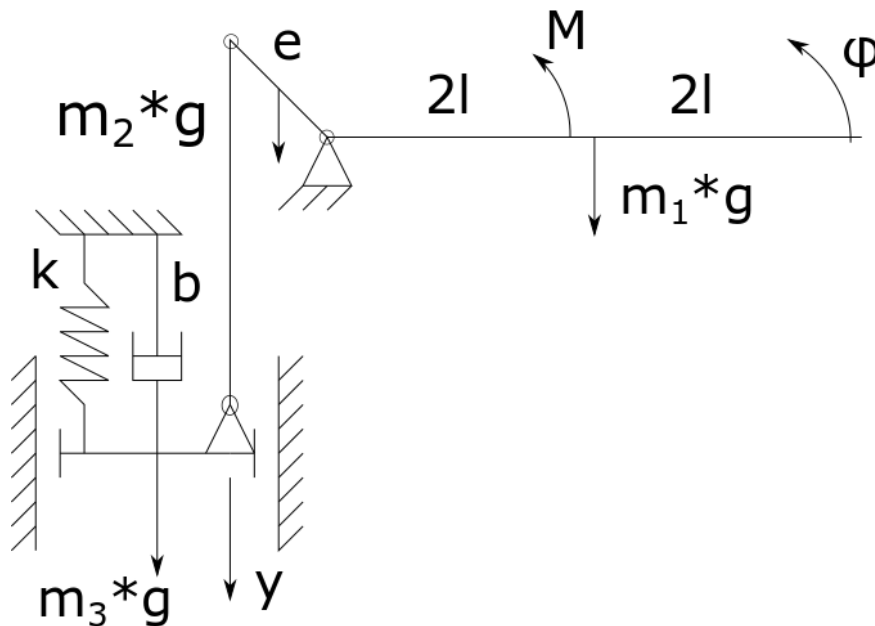
Model dynamiczny szlabanu

Mateusz Krupnik
Grupa I02
Nr albumu: 285608

16 kwietnia 2019

1 Model fizyczny

Wybrany model fizyczny przedstawiony jest schematycznie na rysunku 1. Składa się on z ramienia szlabanu, dźwigni przesuwającej dolną płytę, która jest prowadzona za pomocą łożysk liniowych. Do płyty przytwierdzone są równoległe pracujące sprężyna oraz tłumik. Kąt pomiędzy dźwignią a ramieniem szlabanu został dobrany tak aby w trakcie pracy szlabanu łącznik poruszał się ruchem jak najbardziej przypominającym ruch postępowy. Poniżej przedstawiony zostanie schemat mechanizmu.



Rysunek 1: Schemat mechanizmu

Na podstawie modelu fizycznego wyprowadzony został model matematyczny w punkcie 2. Przy wyprowadzaniu równań ruchu zastosowano następujące założenia:

- masa belki jest masą skupioną w środku belki,
- masa dźwigni jest masą skupioną w środku łącznika,
- masa płyty wraz z łącznikiem stanowi jedną masę skupioną,
- płyta porusza się w prowadnicach bez tarcia,
- moment napędowy przyłożony jest do osi obrotu, przyjęta została stała wartość momentu
- ruch łącznika uwzględnia tylko ruch wzdłuż prowadnic płyty (przemieszczenie na kierunku promieniowym względem dźwigni jest pomijalnie małe względem ruchu na kierunku prowadnic,
- jako sterowanie przyjęto stałą wartość momentu i zmianę jego kierunku.

Należy pamiętać, że tak otrzymane przebiegi (i drgania końca belki) stanowią ruch mechanizmu. W rzeczywistości należałoby rozwiązać model opisujący ruch mechanizmu, a następnie rozwiązanie modelu przyjąć jako wymuszenie na model belki o parametrach ciągłych to pozwoliłoby wyznaczyć drgania swobodne belki po zatrzymaniu mechanizmu.

2 Model matematyczny

Na podstawie rysunku x1x z punktu 1 wyprowadzone zostały równania ruchu za pomocą równań Lagrange'a II rodzaju. Energia kinetyczna, potencjalna, funkcja strat liniowych oraz siła uogólniona przedstawione zostaną poniżej.

$$E_k = \frac{1}{2} \left(\frac{m_2 e^2}{3} + \frac{16 m_1 l^2}{3} \right) \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} m_3 e^2 \dot{\phi}^2 \sin^2(45^\circ - \phi) \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{2} k e^2 (\cos(45^\circ - \phi) - \cos(45^\circ))^2 \quad (2)$$

$$N = b e^2 \dot{\phi}^2 \sin^2(45^\circ - \phi) \quad (3)$$

$$Q_\phi = M - m_1 g 2l \cos(\phi) + e g \cos(45^\circ - \phi) \left(\frac{m_2}{2} + m_3 \right) \quad (4)$$

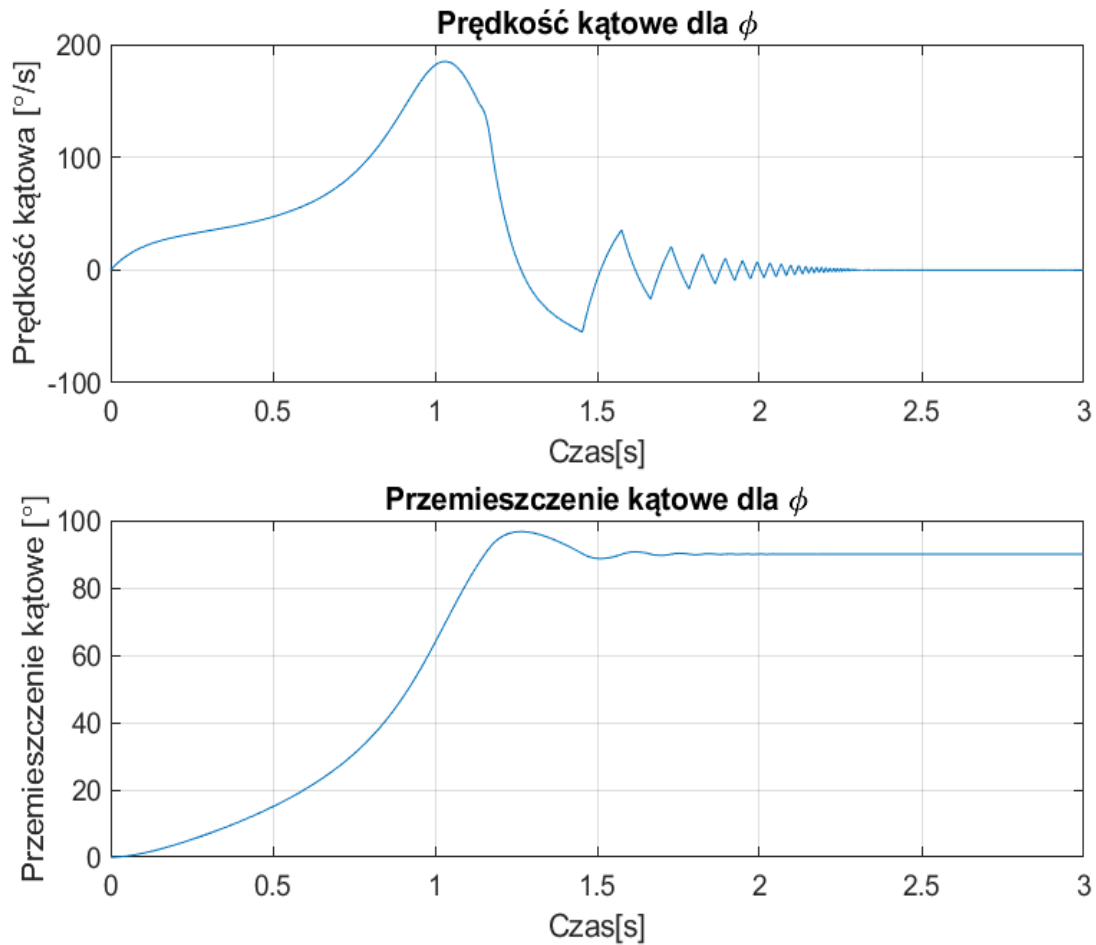
$$\begin{aligned} \left(\frac{m_2 e^2}{3} + \frac{16 m_1 l^2}{3} + m_3 e^2 \sin^2(45^\circ - \phi) \right) \ddot{\phi} = & M - m_1 g 2l \cos(\phi) + \\ & e g \cos(45^\circ - \phi) \left(\frac{m_2}{2} + m_3 \right) - \\ & k e^2 \cos(45^\circ - \phi) \sin(45^\circ - \phi) - \\ & b e^2 \dot{\phi} \sin^2(45^\circ - \phi) + 2 m_3 e^2 \dot{\phi}^2 \sin^2(45^\circ - \phi) \end{aligned} \quad (5)$$

3 Rozwiązanie równań ruchu

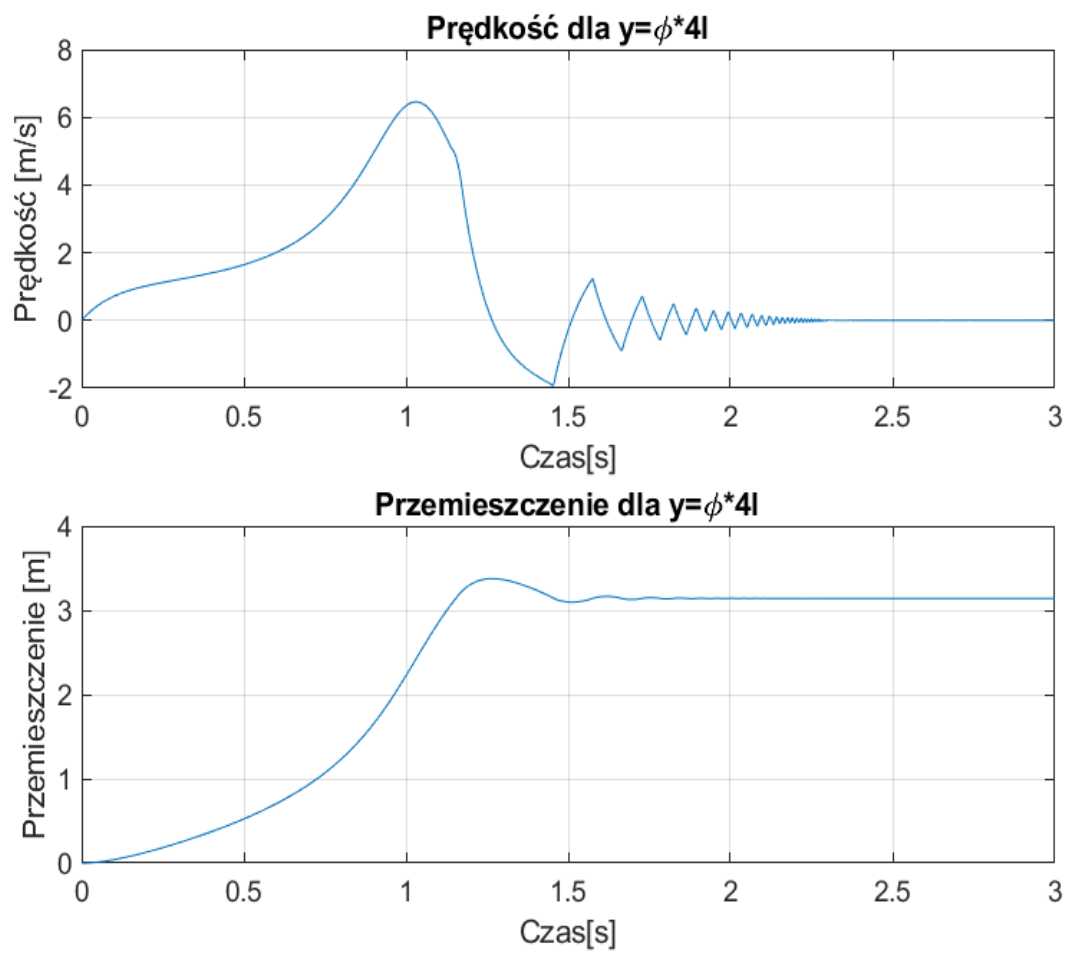
Równanie ruchu zostało rozwiązane w programie Matlab za pomocą funkcji ode45. Przyjęto następujące parametry układu: $m_1 = 6[kg]$, $m_2 = 1[kg]$, $m_3 = 3[kg]$, $l = 0.5[m]$, $e = 0.1[m]$, $k = 2000[\frac{N}{m}]$, $b = 7000[\frac{Ns}{m}]$. Moment (M) napędowy przyjęto jako stałą wartość $M = 100[Nm]$ i przyjęto następującą funkcję sterowania:

- przypadek podnoszenia, dla $\phi \in (0^\circ, 90^\circ)$ $M = M$, dla $\phi > 90^\circ$ $M = -M$
- przypadek opuszczania, dla $\phi \in (0^\circ, 90^\circ)$ $M = -M$, dla $\phi < 0^\circ$ $M = M$

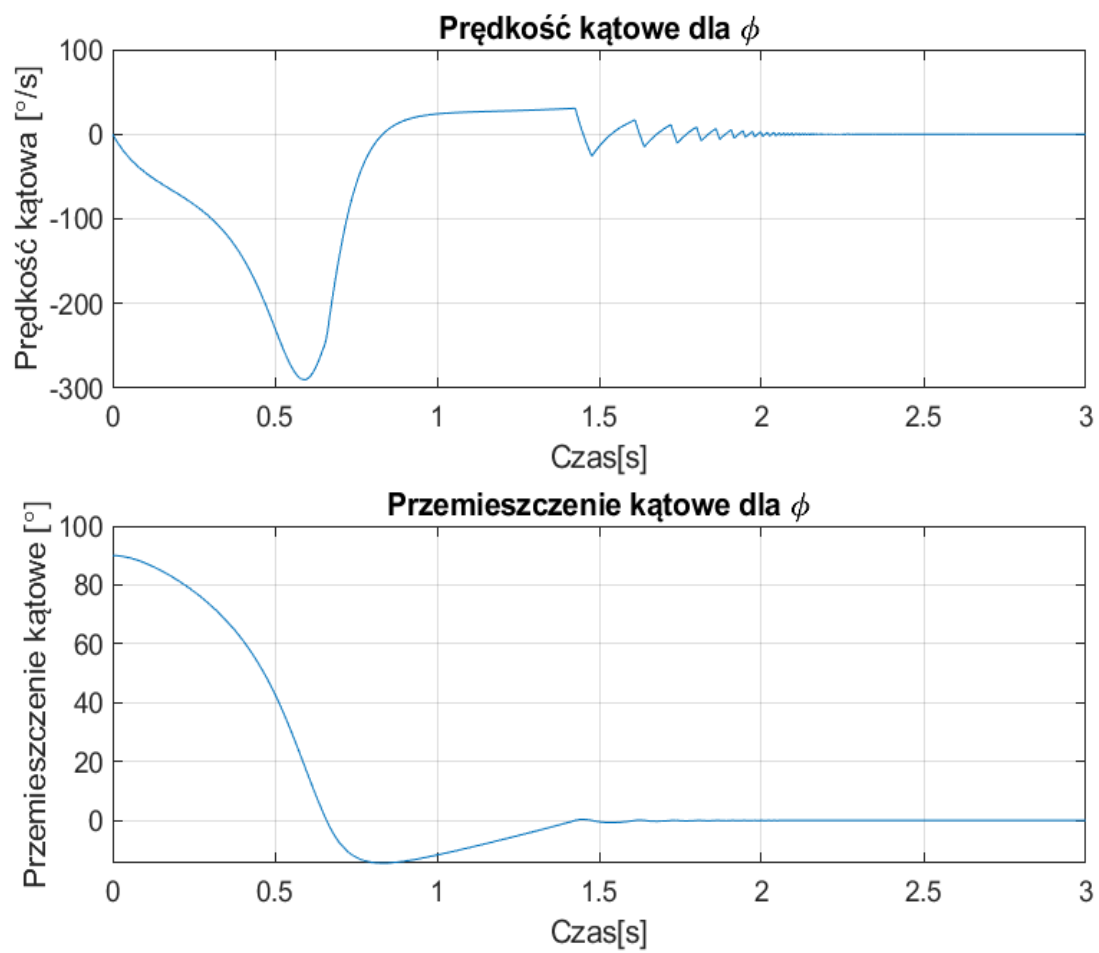
Taki algorytm sterowania pozwala na uzyskanie żądanego położenia szlabanu. Poniżej zamieszczone zostaną rozwiązania dla przypadku opuszczania oraz podnoszenia szlabanu. Wykresy przedstawiają przebieg prędkości i przemieszczenia, zarówno kątowej mechanizmu jak i liniowej końca belki.



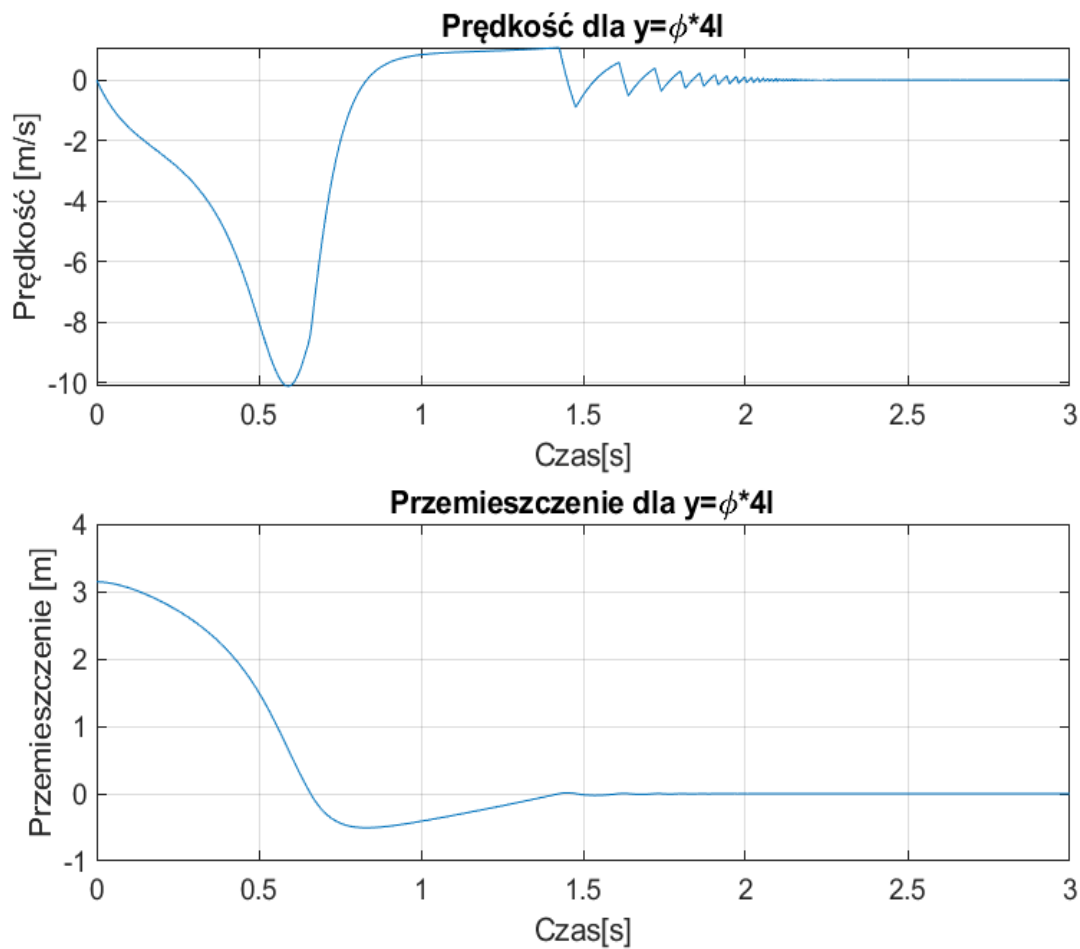
Rysunek 2: Wykres podnoszenia szlabanu dla zmiennej ϕ



Rysunek 3: Wykres podnoszenia szlabanu dla końca belki



Rysunek 4: Wykres opuszczania szlabanu dla zmiennej ϕ



Rysunek 5: Wykres opuszczania szlabanu dla końca belki

4 Podsumowanie

Uzyskane przebiegi przemieszczeń i prędkości wykazują charakter oscylacyjny pod koniec fazy ruchu. Oscylacje te w dużej mierze wynikają z zastosowanego sterowania momentem napędowym. Oscylacje te są szybko zanikające ze względu na występowanie elementu rozpraszającego jak sterowania momentem tak aby przeciw działał on przemieszczeniu od zdanego położenia co dodatkowo wytłumia oscylacje. Jako bardziej dokładny model należałoby rozważyć model uwzględniający sztywność belki i jej możliwe drgania własne niezależnie od przemieszczenia wynikającego z obrotu mechanizmu.

5 Kod programu

5.1 Kod źródłowy funkcji wywoływany przez solver *ode45*

```
function dQ = szlaban_new(t, Q, pocz)

dfi=Q(1);
fi=Q(2);

k=2000; m1=6; m2=1; m3 =3; b=7000; g=9.81; e=0.15; l=2/4;
Me = 100;

if pocz==1
    if fi>= 0 && fi < pi/2
        Me = Me;
    elseif fi > pi/2
        Me = -Me;
    end
elseif pocz==0
    if fi <= pi/2 && fi > 0
        Me = -Me;
    elseif fi < 0
        Me = Me;
    end
end

J = [(16*m1*l^2+m2*e^2+m3*e^2*(sin(pi/4-fi))^2)/3, 1];
M = diag(J);

F = -k*e^2*sin(pi/4-fi)*(cos(pi/4-fi)-cos(pi/4)) - ...
    b*e^2*dfi*(sin(pi/4 - fi))^2 + Me + (m2/2+m3)*g*e*cos(pi/4-fi) - ...
    m1*g*2*l*cos(fi) + 2*m3*e^2*(dfi^2)*sin(pi/4-fi)*cos(pi/4-fi);

W = [F;
     dfi];

dQ = M \ W;
```

5.2 Kod źródłowy rozwiązujący zagadnienie

```
clc
clear all

t0=0;
tk=3;
```

```

n=2000;
l=0.5;
tr = linspace(t0,tk,n);

pocz = 0;
if pocz==1
    y0=[0,0];
    nazwa1='podnoszeniefi.png';
    nazwa2='podnoszeniey.png'
elseif pocz==0
    y0 = [0, pi/2];
    nazwa1='opuszczaniefi.png';
    nazwa2='opuszczaniey.png';
end

[t,y] = ode45(@(t,x) szlaban_new(t,x,pocz), tr, y0);
yy = y*4*l;

y = rad2deg(y);

```