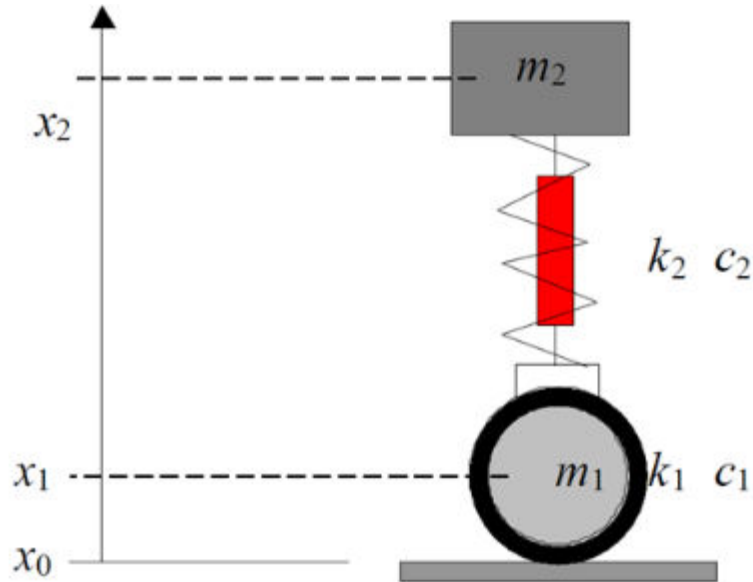


# Laboratorium 5

Janusz Pawlicki

## 1. Wstęp

### Równania opisujące zawieszenie samochodu



$x_0$  - współrzędna pionowa podłoża

$x_1$  - współrzędna pionowa środka masy koła

$x_2$  - współrzędna pionowa środka masy nadwozia

$$\begin{cases} m_2 \ddot{x}_2 = -k_2 (x_2 - x_{20} - x_1 + x_{10}) - c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \\ m_1 \ddot{x}_1 = -k_1 (x_1 - x_{10} - x_0) - c_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_0) + k_2 (x_2 - x_{20} - x_1 + x_{10}) + c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) \end{cases} \quad (1)$$

Odchyłkowe zmienne:

$$y_1 = x_1 - x_{10}$$

$$y_2 = x_2 - x_{20}$$

Po podstawieniu i przekształceniach:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{y}_1 = -k_1 (y_1 - x_0) - c_1 (\dot{y}_1 - \dot{x}_0) + k_2 (y_2 - y_1) + c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) \\ m_2 \ddot{y}_2 = -k_2 (y_2 - y_1) - c_2 (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) \end{cases}$$

Po uproszczeniu:

$$\begin{cases} \ddot{y}_1 = -\frac{k_1+k_2}{m_1} y_1 + \frac{k_2}{m_1} y_2 - \frac{c_1+c_2}{m_1} \dot{y}_1 + \frac{c_2}{m_1} \dot{y}_2 + \frac{k_1}{m_1} x_0 + \frac{c_1}{m_1} \dot{x}_0 \\ \ddot{y}_2 = \frac{k_2}{m_2} y_1 - \frac{k_2}{m_2} y_2 + \frac{c_2}{m_2} \dot{y}_1 - \frac{c_2}{m_2} \dot{y}_2 \end{cases}$$

## 2. Przebieg laboratorium

### Zadanie

Wykonać dwa modele w simulinku:

1. W oparciu o równania (5) z wykorzystaniem bloczków integratorów
2. W oparciu o równanie stanu (7) z wykorzystaniem bloczka state space dla danych  $m_1 = 90 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 600 \text{ kg}$ ,  $k_1 = 370000 \text{ N/m}$ ,  $k_2 = 35000 \text{ N/m}$ ,  $c_1 = 100 \text{ Ns/m}$ ,  $c_2 = 2000 \text{ Ns/m}$

Należy rozważyć różne rodzaje podłoża i jego wpływ na jakość jazdy obserwując czasowe przebiegi prędkości pionowej i przyspieszenia.

3. Wyznaczyć transmitancję.

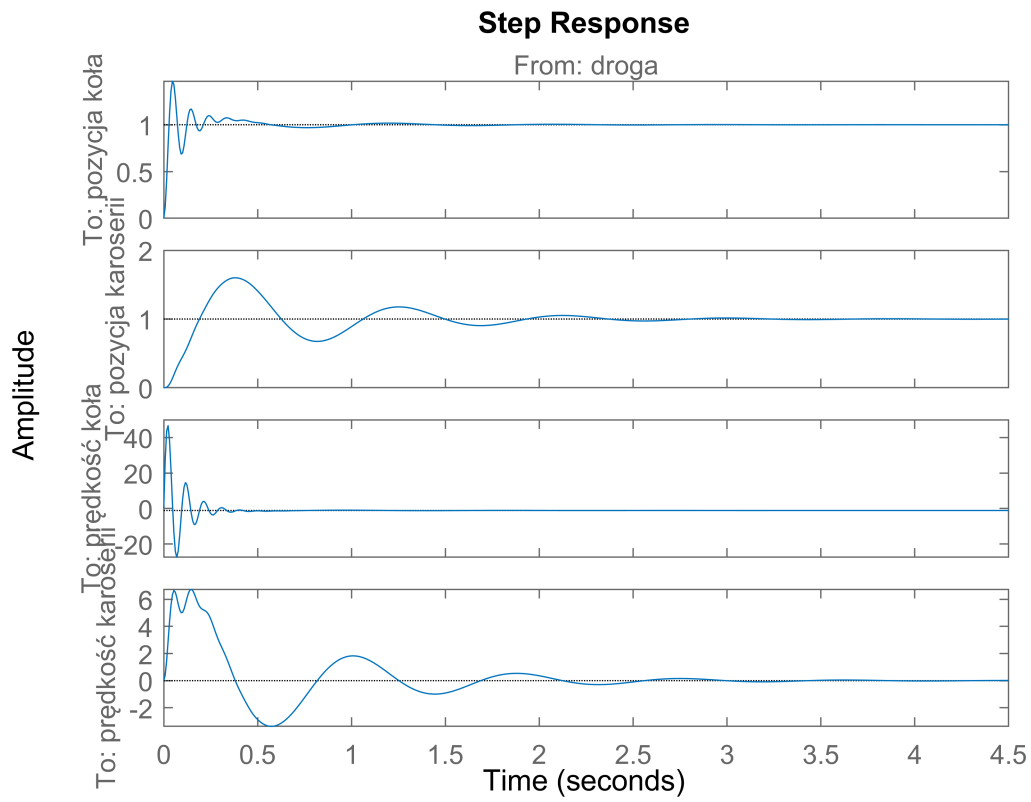
```
clear
```

```
m1 = 90;
m2 = 600;
k1 = 370000;
k2 = 35000;
c1 = 100;
c2 = 2000;
```

```
A = [0 0 1 0; 0 0 0 1; -(k1 + k2)/m1 k2/m1 -(c1 + c2)/m1 c2/m1; k2/m2 -k2/m2 c2/m2 -c2/m2];
B = [(c1/m1); 0; (k1/m1) - ((c1 + c2)*c1)/(m1*m1); (c1*c2)/(m1*m2)];
C = eye(4,4);
D = [0; 0; 0; 0];
```

```
sys = ss(A,B,C,D, ...
    'InputName','droga',...
    'StateName',{'pozycja koła', 'pozycja karoserii', 'prędkość koła', 'prędkość karoserii'},
    'OutputName',{'pozycja koła', 'pozycja karoserii', 'prędkość koła', 'prędkość karoserii'});
```

```
%Wykres odpowiedzi skokowej
step(sys)
```



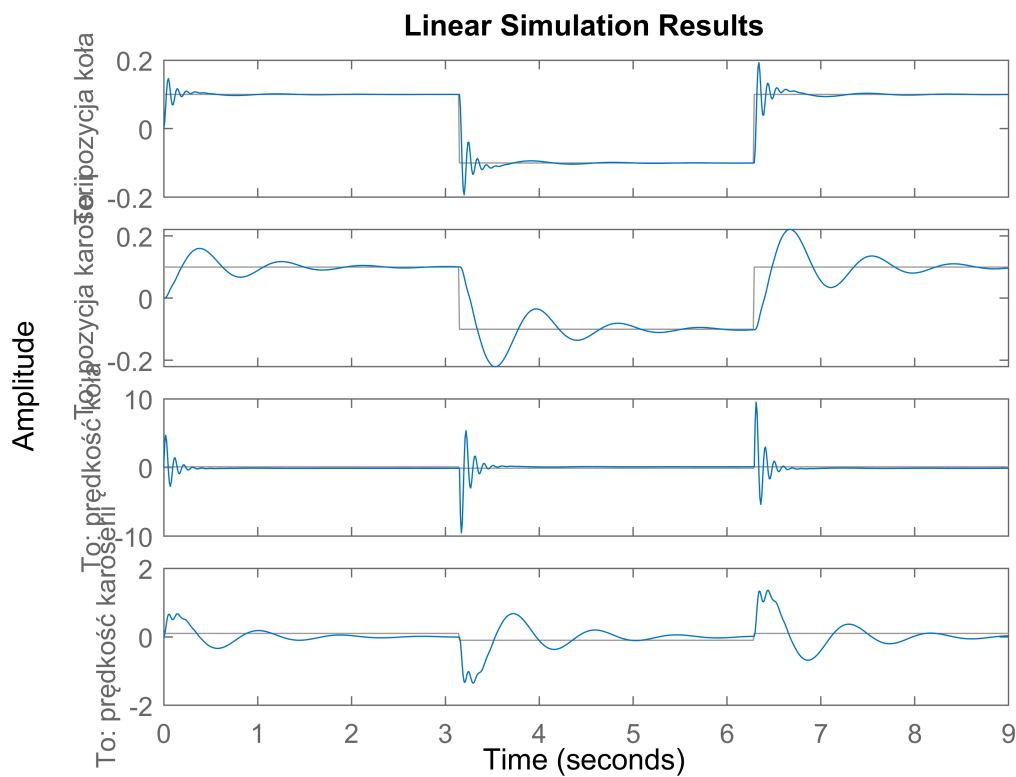
```
%Symulacja liniowa sygnału
```

```
figure
```

```
t = 0:0.01:9;
```

```
u = 0.1 * square(t);
```

```
lsim(sys,u,t)
```



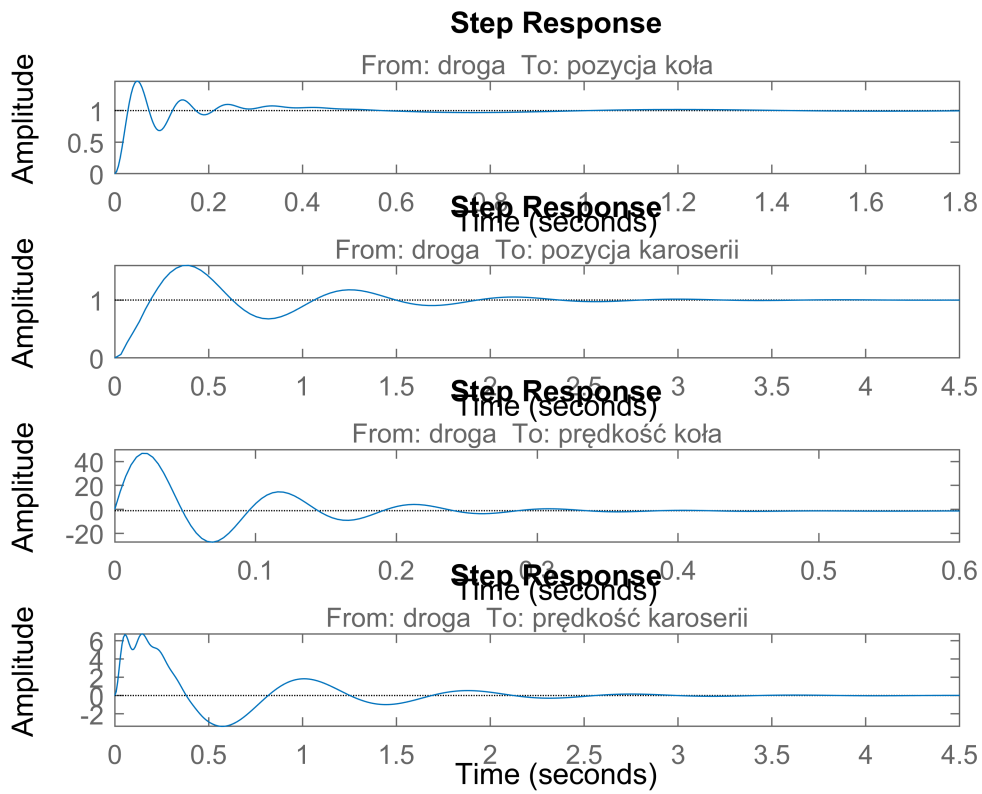
**%Obliczenie transmitancji**

```
[licz, mian] = ss2tf(A,B,C,D,1);
```

```
G1 = tf(licz(1,:),mian,'InputName','droga','OutputName','pozycja koła');
G2 = tf(licz(2,:),mian,'InputName','droga','OutputName','pozycja karoserii');
G3 = tf(licz(3,:),mian,'InputName','droga','OutputName','prędkość koła');
G4 = tf(licz(4,:),mian,'InputName','droga','OutputName','prędkość karoserii');
```

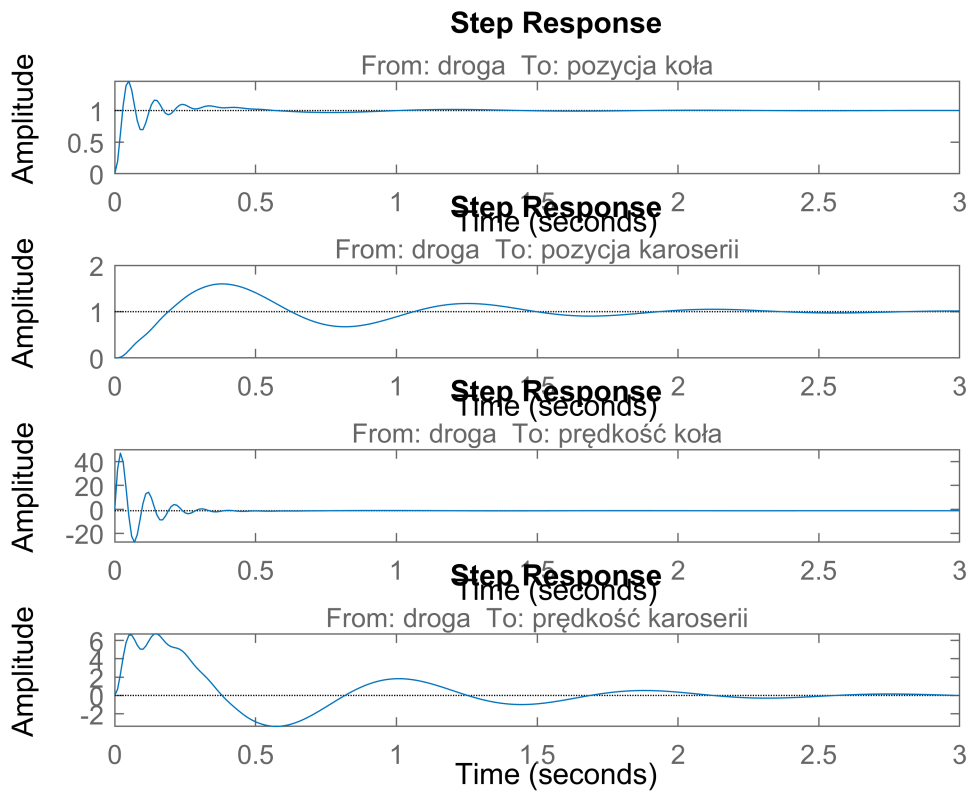
figure

```
subplot(4,1,1)
step(G1)
subplot(4,1,2)
step(G2)
subplot(4,1,3)
step(G3)
subplot(4,1,4)
step(G4)
```



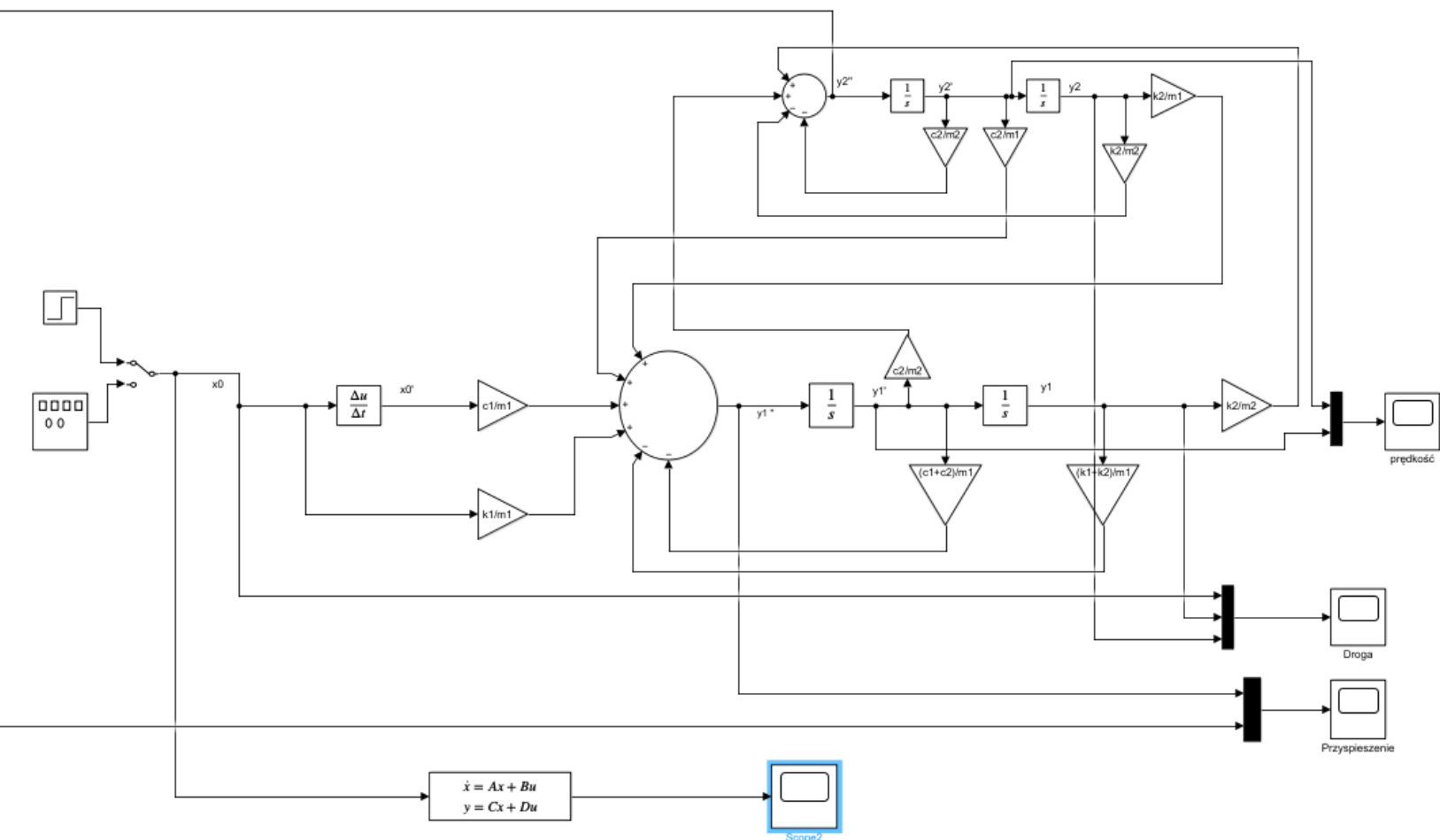
figure

```
t1 = 0:0.01:3;
subplot(4,1,1)
step(G1,t1)
subplot(4,1,2)
step(G2,t1)
subplot(4,1,3)
step(G3,t1)
subplot(4,1,4)
step(G4,t1)
```

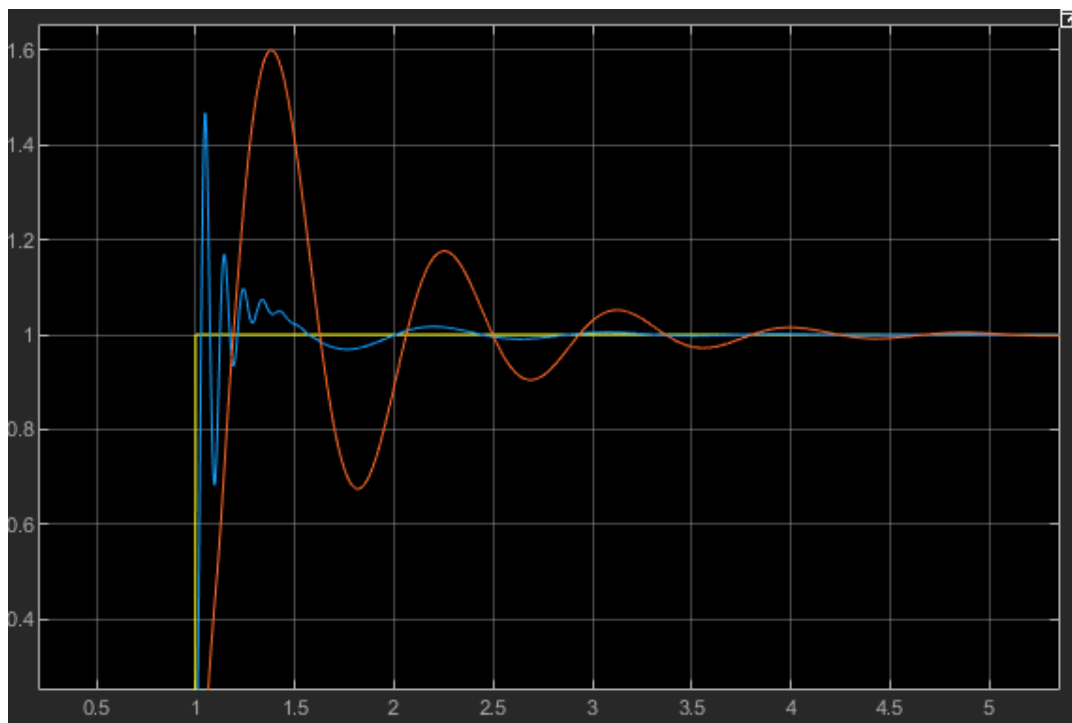


## 2.1 Simulink

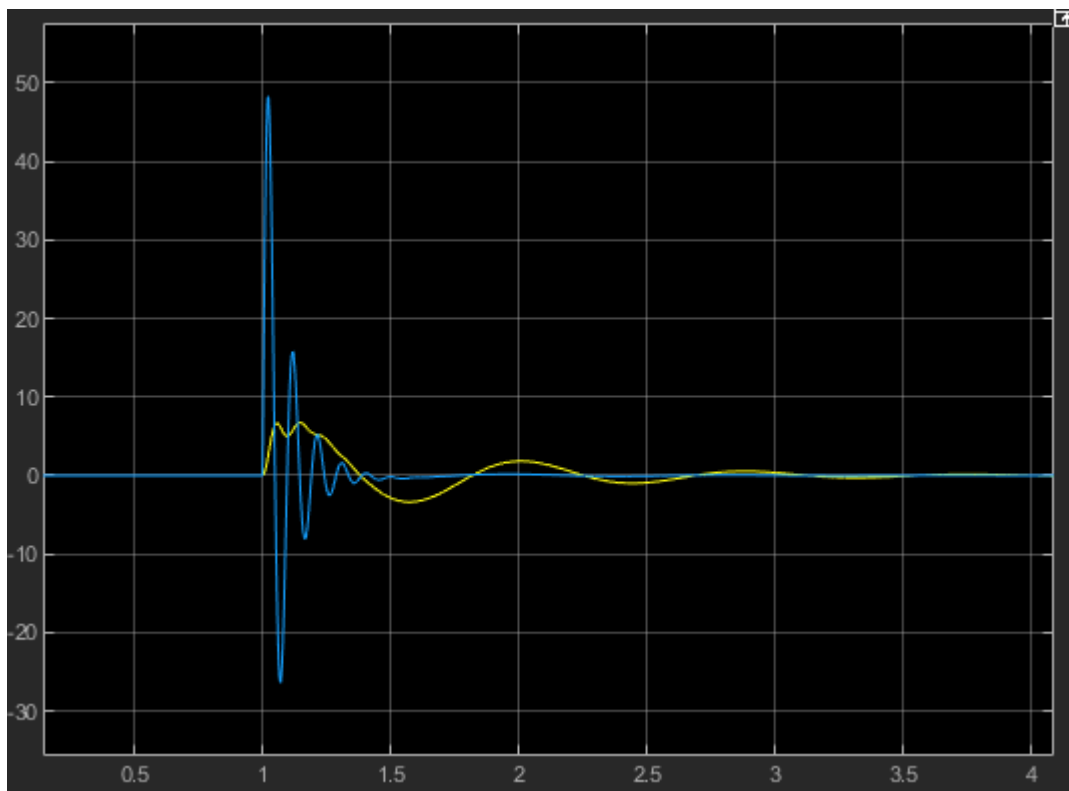
%Model w Simulinku oraz wykresy  
zawieszenie\_samochodu



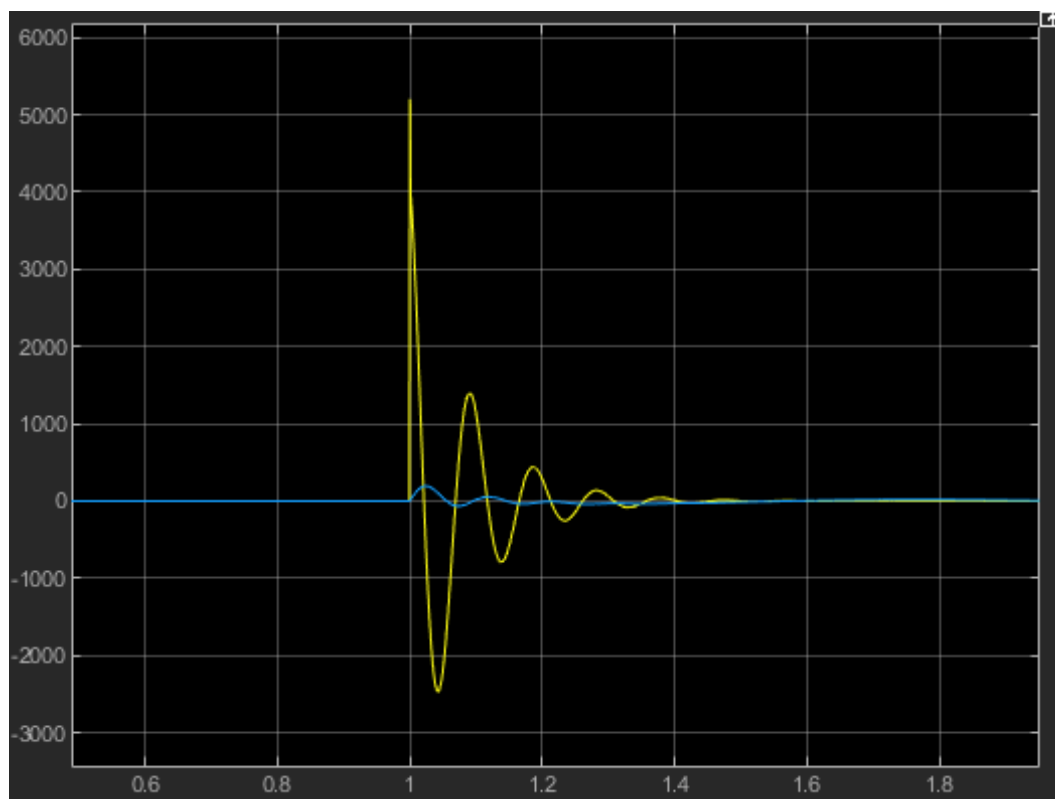
Wykres drogi



Wykres prędkości

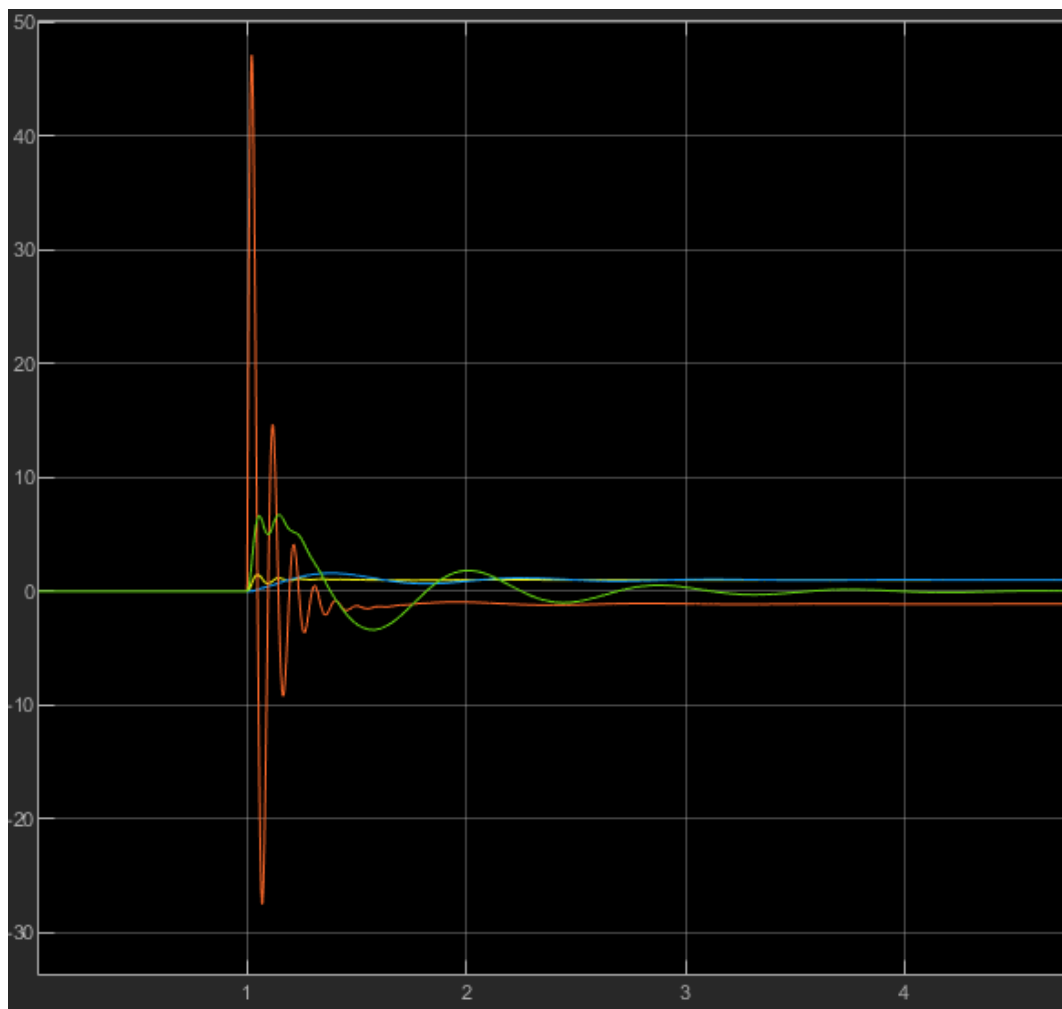


Wykres przyspieszenia



Wykres z bloku state\_space





### 3. Bibliografia

[https://upel.agh.edu.pl/pluginfile.php/61762/mod\\_resource/content/2/Zawieszenie.pdf](https://upel.agh.edu.pl/pluginfile.php/61762/mod_resource/content/2/Zawieszenie.pdf)