

# A. Informacje o zespole realizującym ćwiczenie

<b>Nazwa przedmiotu:</b> Automatyka pojazdowa	
<b>Nazwa ćwiczenia:</b>	Model matematyczny systemu zawieszenia samochodu
<b>Data ćwiczenia:</b>	2022-04-27
<b>Czas ćwiczenia:</b>	15:00 – 16:30
<b>Zespół realizujący ćwiczenie:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Błażej Szczur</li><li>• Jakub Szczypek</li><li>• Julita Wójcik</li></ul>



## B. Sformułowanie problemu

Celem jest opracowanie modelu matematycznego układu zawieszenia samochodowego i przetestowanie go dla różnych typów dróg. Samochód należy potraktować jako układ masowo-sprężysty, tzn. układ dwóch mas połączonych ze sobą za pomocą elementów sprężystych oraz tłumiących, dany równaniami:

$$m_c \ddot{x}_c(t) + d_c(\dot{x}_c(t) - \dot{x}_w(t)) + c_c(-\dot{x}_w(t)) = F(t) \quad (1)$$

$$m_w \ddot{x}_w(t) - d_c(\dot{x}_c(t) - \dot{x}_w(t)) + d_w(\dot{x}_w(t) - \dot{x}_g(t)) - c_c(x_c(t) - x_w(t)) + c_w(x_w(t) - x_g(t)) = -F_t \quad (2)$$

$m_c$  – masa nadwozia przypadająca na jedno koło,  $m_w$  – masa nieresorowana związana z kołem,  
 $c_c$  – współ. sztywności zawieszenia,  $c_w$  – współ. sztywności promieniowej opony,  
 $d_c$  – współczynnik tłumienia zawieszenia,  $d_w$  – współczynnik tłumienia opony  
 $x_c$  – przemieszczenie pionowe nadwozia  $x_w(t)$  – przemieszczenie pionowe koła  
 $x_g(t)$  – wymuszenie związane z nierównościami drogi

Należy zasymulować działanie systemu w następujących przypadkach:

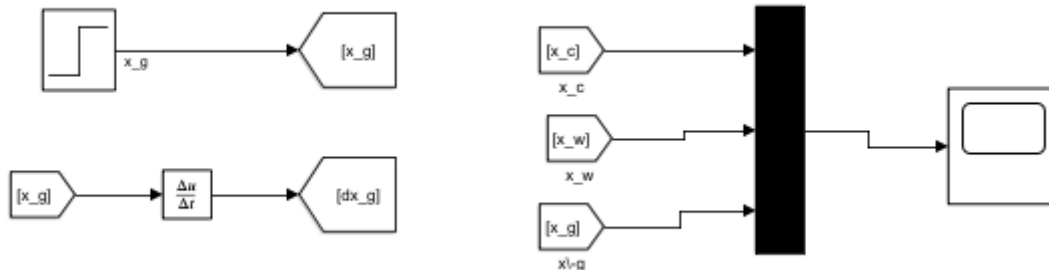
- wjazd na przeszkodę o wysokości  $h = 10$  [cm] w chwili czasu  $t = 0.0025$  [s]
- wjazd na przeszkodę o wysokości  $h = 20$  [cm] w chwili czasu  $t = 0.0025$  [s]

Wyniki symulacji dla każdego z przypadków testowych należy przedstawić na osobnym wykresie zawierającym przebiegi zmiennych  $x_c, x_w, x_g$ . Dla każdego z przypadków testowych dla zmiennych  $x_c$  i  $x_w$  należy określić częstotliwość zmian sygnału oraz maksymalną amplitudę.

## C. Sposób rozwiązania problemu

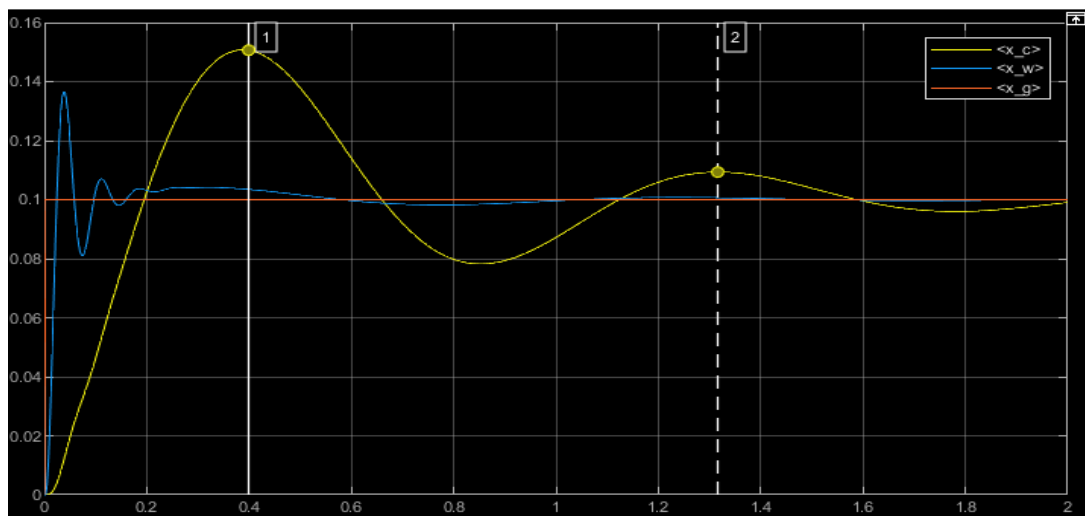
Realizację zadania podzielono na następujące etapy:

1. W oparciu o równaniu (1), (2) w środowisku MATLAB/Simulink stworzono schemat systemu dynamicznego. Ważnymi elementami schematu były bloczki From-Goto, umożliwiające dodanie etykiety i odczyt sygnału w innych miejscach schematu bez konieczności tworzenia fizycznego połączenia. Wykorzystano m.in. także bloczki: ,add', ,gain', ,integrator', ,scope'.
2. W Model Explorer zdefiniowano wartości wszystkich parametrów modelu w przestrzeni zmiennych modelu *Model Workspace*
3. Do rozwiązywania równań wykorzystano stałokrokową metodę rozwiązywania ode4, którą wybrano w oknie konfiguracji modelu
4. Przybliżone określenie częstotliwości i amplitudy sygnałów uzyskano wykorzystując funkcjonalność elementu *Scope – Trace Selection*

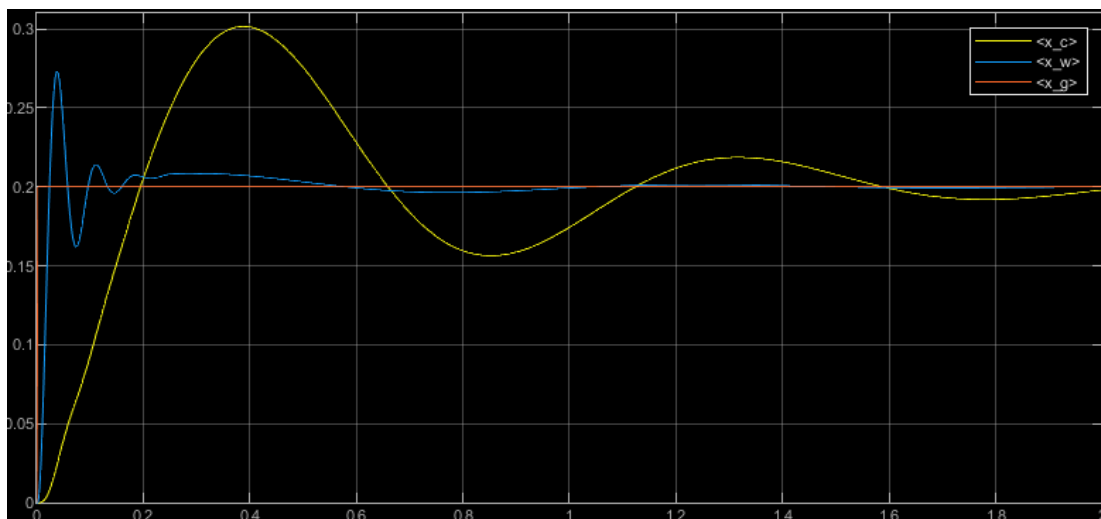


Rys. 1 *Fragment schematu wykorzystujący bloczki: step, from-goto, derivative, mux i scope* (fragment odpowiada za generowanie wymuszenia, obliczenie jego pochodnej oraz umieszczania potrzebnych sygnałów na wspólnym wykresie)

## D. Wyniki



Wykres 1.



Wykres 2.

Wykres 1. Przebiegi

$x_g, x_c, x_w$  dla  $h = 0.1$  m

Dla  $x_c$  odczytano:

$$A_{max} = 0.15 \text{ m}$$

$$f = 1.07 \text{ Hz}$$

Dla  $x_w$  odczytano:

$$A_{max} = 0.137 \text{ m}$$

$$f = 13.94 \text{ Hz}$$

Wykres 2. Przebiegi

$x_g, x_c, x_w$  dla  $h = 0.2$  m

Dla  $x_c$  odczytano:

$$A_{max} = 0.3016 \text{ m}$$

$$f = 1.065 \text{ Hz}$$

Dla  $x_w$  odczytano:

$$A_{max} = 0.27 \text{ m}$$

$$f = 13.85 \text{ Hz}$$

## E. Wnioski

- Zmiana wartości wymuszenia powoduje proporcjonalną zmianę wartości maksymalnej amplitudy przemieszczeń pionowych koła i nadwozia
- Zmiana wartości wymuszenia nie wpływa na częstotliwość przemieszczeń pionowych koła i nadwozia
- Zapoznano się z najpopularniejszym modelem zawieszeń samochodowych – modelem dwumasowym
- Poznano przydatne funkcjonalności pakietu Matlab/Simulink jak Model Explorer, blozki From-Goto czy możliwość przybliżonego określania parametrów sygnałów.