

# Model w simulinku z wykorzystaniem S-funkcji

Józef Duda



# 1 Tworzenie modelu

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z możliwością wykorzystania S-funkcji do tworzenia modeli w simulinku. W ramach ćwiczenia będzie utworzony model symetrycznego układu hamowania samolotu na lotniskowcu korzystając z S-funkcji. Model jest pokazany na rys. 1. Jest on bardzo prosty, gdyż składa się z jednego bloczka i oscyloskopu do obserwowania przebiegów przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia samolotu lądującego na lotniskowcu. Bloczek S-Function jest w bibliotece simulinka.

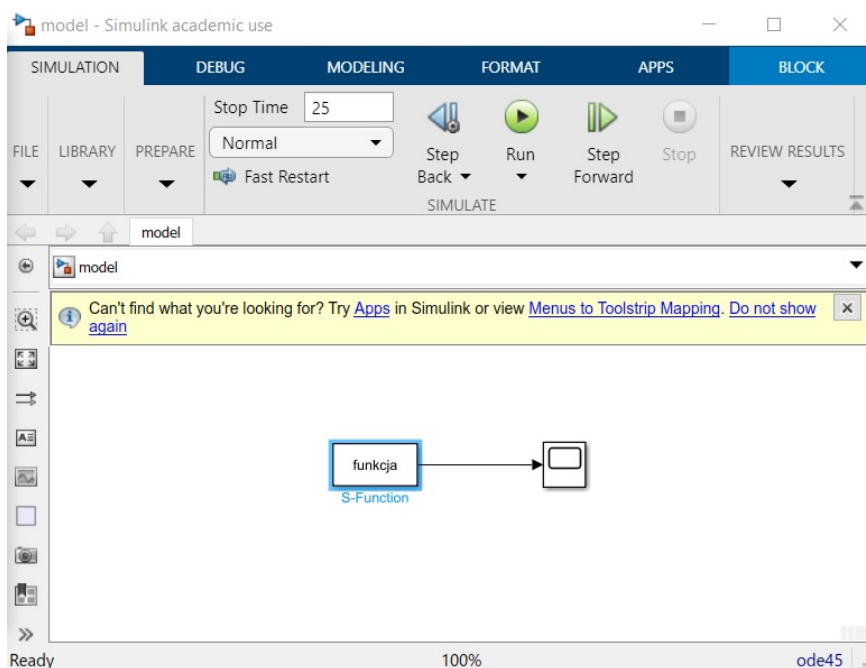


Figure 1.1: Model

Po podwójnym kliknięciu ikony bloczka S-Function otwiera się okienko, w którym w miejscu "S-function name" wpisuje się nazwę pliku zawierającego S-funkcję, w naszym przykładzie jest to "funkcja".

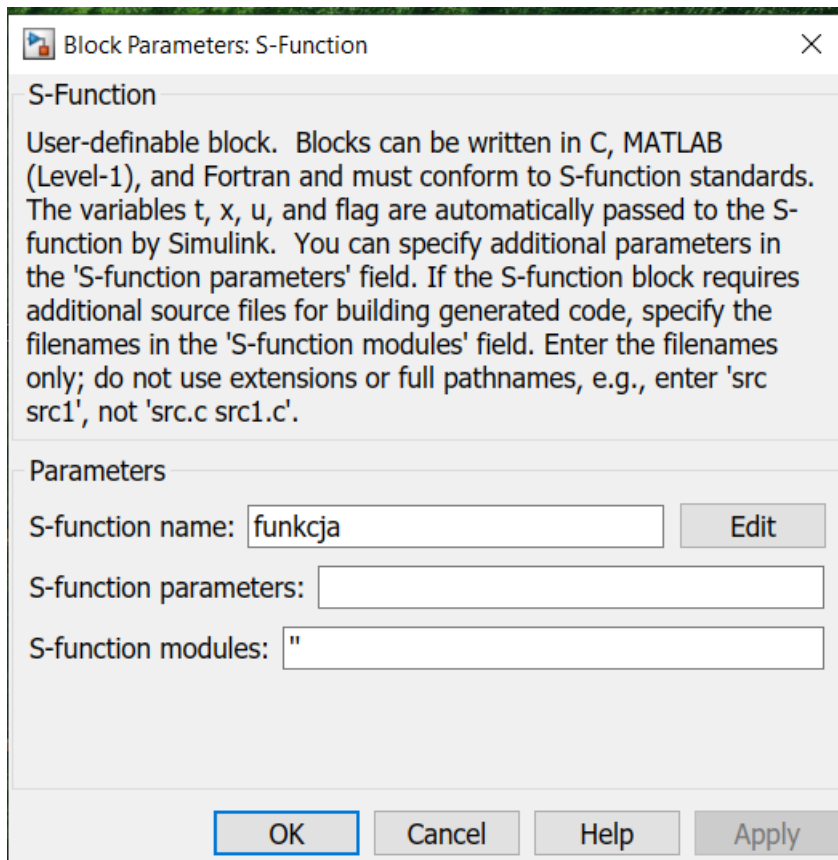


Figure 1.2: Wpisanie nazwy S funkcji do bloczka

S-funkcję można utworzyć samemu lub skorzystać z szablonu. Ścieżka dojścia do szablonu jest następująca:

MATLAB\toolbox\simulink\blocks\sfuntmpl.m

Po otwarciu szablonu należy zapisać S-funkcję w folderze roboczym nadając jej nazwę. Jeżeli naszą nazwą jest “funkcja”, wówczas w folderze roboczym pojawi się plik: “funkcja.m”. W bloczku “Block Parameters:S-Function” wpisujemy nazwę S-funkcji bez rozszerzenia “.m”.

W szablonie S-funkcji są obszernie komentarze opisujące sposób jego wypełniania. W naszym ćwiczeniu należy wypełnić pola tylko trzech podfunkcji, które teraz wymienię i omówię.

1. `function [sys,x0,str,ts]=mdlInitializeSizes`
2. `function sys=mdlDerivatives(t,x,u)`
3. `function sys=mdlOutputs(t,x,u)`

Widzimy, że w powyższych funkcjach występuje struktura “sys”, w której są przechowywane różne wielkości w zależności od wykonywanego podprogramu. Gdy wykonywana jest np. podfunkcja

(2) to w strukturze tej są przechowywane wartości pochodnych zmiennych stanu. W przypadku podfunkcji (3) struktura “sys” przechowuje wartości wyjść układu dynamicznego.

Podfunkcja w S-funkcji: “**function** [sys,x0,str,ts]=mdlInitializeSizes”, służy do opisu naszego układu dynamicznego poprzez podanie ilości zmiennych stanu ciągłych i dyskretnych, ilości zmiennych wyjściowych, ilości zmiennych wejściowych, oraz warunku początkowego jako wektora x0. Odpowiednie wartości wpisuje się zamieniając domyślne wartości zero oraz wpisując współrzędne stanu początkowego do pustego wektora x0.

```
function [sys,x0,str,ts]=mdlInitializeSizes

    sizes = simsizes;

    sizes.NumContStates = 0;
    sizes.NumDiscStates = 0;
    sizes.NumOutputs = 0;
    sizes.NumInputs = 0;
    sizes.DirFeedthrough = 1;
    sizes.NumSampleTimes = 1;    % at least one sample time is needed

    sys = simsizes(sizes);

    %
    % initialize the initial conditions
    %
    x0 = [];
```

Figure 1.3: Funkcja mdlInitializeSizes

Podfunkcja “**function** sys=mdlDerivatives(t,x,u)” służy do wpisania pochodnych zmiennych stanu układu dynamicznego. Struktura “sys” ma tyle współrzędnych ile jest ciągłych zmiennych stanu. Do pustego wektora wpisuje się prawe strony równań stanu, które są równe pochodnym zmiennych stanu. Argumentami wejściowymi do funkcji “mdlDerivatives” są stan układu x oraz sterowanie u, więc można się odwoływać do tych wielkości poprzez ich współrzędne, np. x(5) oznacza piątą współrzędną stanu x. Wielkości używane w równaniu stanu, np.  $f_{k1}$ ,  $f_{k2}$ ,  $f_b$  itp., należy określić podając ich wartości lub wzory je definiujące pomiędzy instrukcją

“**function** sys=mdlDerivatives(t,x,u)” oraz “sys=[]”.

```

%
%=====
% mdlDerivatives
% Return the derivatives for the continuous states.
%=====
%
function sys=mdlDerivatives(t,x,u)

sys = [];

% end mdlDerivatives
%

```

Figure 1.4: Funkcja mdlDerivatives

Podfunkcja “**function sys=mdlOutputs(t,x,u)**” służy do wyznaczania wartości wyjściowych układu dynamicznego. Struktura “sys” ma tyle współrzędnych ile jest wielkości wyjściowych. W pustym wektorze wpisuje się prawe strony równań wyjścia. Tutaj również mamy możliwość podania współrzędnych wektora stanu oraz sterowania. Wielkości, które występują w równaniach wyjścia należy zdefiniować pomiędzy instrukcjami

“**function sys=mdlOutputs(t,x,u)**” oraz “**sys=[]**”.

W S-funkcji nie ma zmiennych globalnych, więc definiujemy potrzebne wielkości również wtedy, gdy były definiowane we wcześniejszych podfunkcjach.

```

%
%=====
% mdlOutputs
% Return the block outputs.
%=====
%
function sys=mdlOutputs(t,x,u)

sys = [];

% end mdlOutputs
%

```

Figure 1.5: Funkcja mdlOutputs

Do napisania S-funkcji potrzebujemy **równania stanu oraz równania wyjścia** układu dynamicznego dlatego równania opisujące dynamikę układu hamowania przekształcimy w równania stanu i równania wyjścia.

## 2 Równania stanu i wyjścia

Dynamika układu opisana jest równaniami

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x} = -2f_{k_1} \sin \theta \\ m_2 \ddot{y}_2 = 2f_{k_1} - f_{k_2} \\ m_3 \ddot{y}_3 = f_{k_2} - f_b \end{cases} \quad (2.1)$$

gdzie

$$\sin \theta = \frac{x}{h + y_1} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \quad (2.2)$$

$$y_1 = \sqrt{x^2 + h^2} - h \quad (2.3)$$

$$f_{k_1} = \begin{cases} k_1(y_1 - 2y_2) & \text{dla } y_1 \geq 2y_2 \\ 0 & \text{dla } y_1 < 2y_2 \end{cases} \quad (2.4)$$

$$f_{k_2} = \begin{cases} k_2(y_2 - y_3) & \text{dla } y_2 \geq y_3 \\ 0 & \text{dla } y_2 < y_3 \end{cases} \quad (2.5)$$

$$f_b = f(y_3)(y_3)^2 \quad (2.6)$$

Obserwujemy przebieg drogi hamowania, prędkości i przyspieszenia. Układ równań (2.1) do (2.6) można sprowadzić do równań stanu

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -2f_{k_1} \sin \theta / m_1 \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = (2f_{k_1} - f_{k_2}) / m_2 \\ \dot{x}_5 = x_6 \\ \dot{x}_6 = (f_{k_2} - f_b) / m_3 \end{cases} \quad (2.7)$$

z warunkiem początkowym  $(0, 67, 0, 0, 0, 0)$  gdzie

$$y_1 = \sqrt{x_1^2 + h^2} - h \quad (2.8)$$

$$\sin \theta = \frac{x_1}{h + y_1} \quad (2.9)$$

$$f_{k_1} = \begin{cases} k_1(y_1 - 2x_3) & \text{dla } y_1 \geq 2x_3 \\ 0 & \text{dla } y_1 < 2x_3 \end{cases} \quad (2.10)$$

$$f_{k_2} = \begin{cases} k_2(x_3 - x_5) & \text{dla } x_3 \geq x_5 \\ 0 & \text{dla } x_3 < x_5 \end{cases} \quad (2.11)$$

$$f_b = f(x_5)x_6^2 \quad (2.12)$$

Równania wyjścia mają postać

$$\begin{cases} w_1 = x_1 \\ w_2 = x_2 \\ w_3 = -2f_{k_1} \sin \theta / m_1 \end{cases} \quad (2.13)$$



### 3 Zadanie

Należy wykonać w simulinku model symetrycznego układu hamowania samolotu na lotniskowcu, z wykorzystaniem S-funkcji. S-funkcję nazwać **nazwiskiem studenta** wykonującego ćwiczenie. W nazwie należy używać tylko liter alfabetu angielskiego. Jako sprawozdanie przesłać plik pdf z zrzutem ekranu jak na załączonym rysunku.

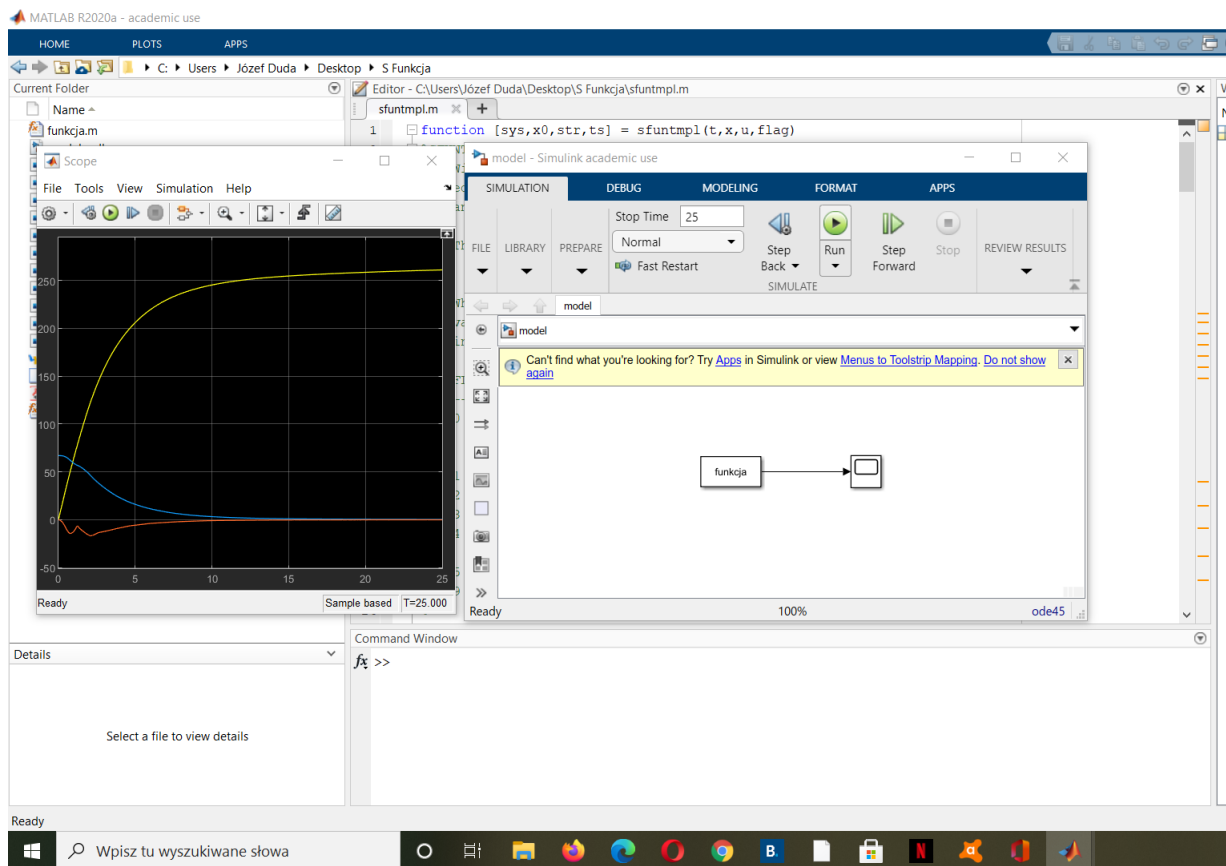


Figure 3.1: Wzór sprawozdania