

Podstawy Simulinka

Sprawozdanie

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Modelowanie Systemów Dynamicznych 2022
WEAliIB, Automatyka i Robotyka

Data wykonania ćwiczenia:
26.10.2022r.

Data oddania sprawozdania:
08.11.2022r.

Jakub Górski
Grupa dziekańska nr 3

Spis Treści

1. Cel ćwiczeń
2. Wstęp teoretyczny
3. Wykonanie zadań
 - 3.1. Wstęp
 - 3.2. Proste modele
 - 3.3. Obiekt inercyjny II rzędu
4. Wnioski
5. Bibliografia

1. Cel ćwiczeń

Celem laboratorium jest zapoznanie się z podstawami obsługi oraz działania pakietu *Simulink* jako części oprogramowania *Matlab*.

2. Wstęp teoretyczny

Simulink – pakiet programistyczny służący do modelowania, symulacji oraz analizy układów dynamicznych w postaci schematów blokowych. Rozszerzenie zawiera ogromną bibliotekę bogatą w sporą ilość elementów - schematów blokowych (np. źródła, odbiorniki). W celu śledzenia wyników wykonania zaprojektowanego systemu można użyć oscyloskopów lub innych „wyświetlaczy”, a efekt końcowy można wysłać do przestrzeni roboczej *Matlab*, aby dokonać na nim innych działań (np. wykonać dalszą analizę).

3. Wykonanie zadań

3.1. Wstęp

W pierwszej części zajęć należało stworzyć układ składający się z generatora sygnału i oscyloskopu. Następnie należało ustawić parametry symulacji jak podano:

- czas symulacji – 10 s
- stały krok całkowania o wartości 0.1
- solver ode4 (metoda całkowania Rungego-Kutty)

Na końcu dokonano eksperymentów z ustawieniami bloku *Signal Generator*.



Schemat blokowy wykonany w ramach części laboratorium – „Wstęp”

Simulation time

Start time: 0.0 Stop time: 10.0

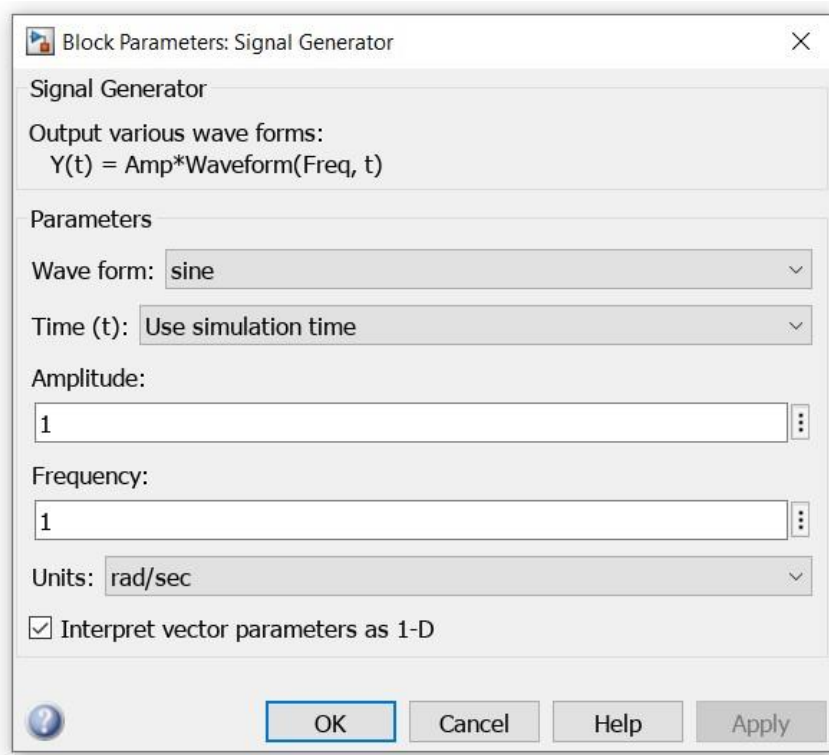
Solver selection

Type: Fixed-step Solver: ode4 (Runge-Kutta)

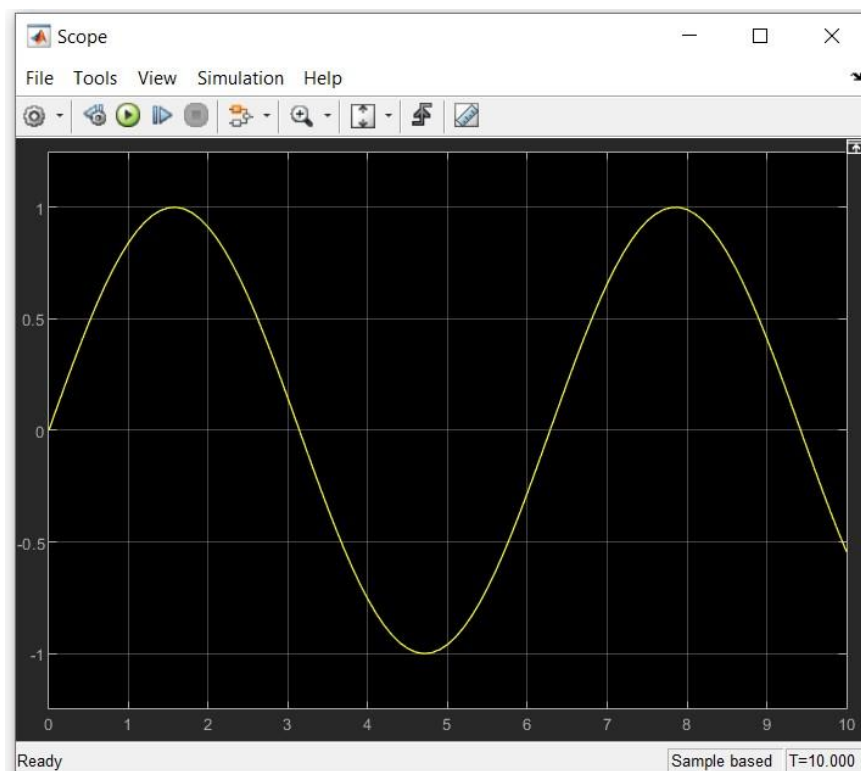
▼ Solver details

Fixed-step size (fundamental sample time): 0.1

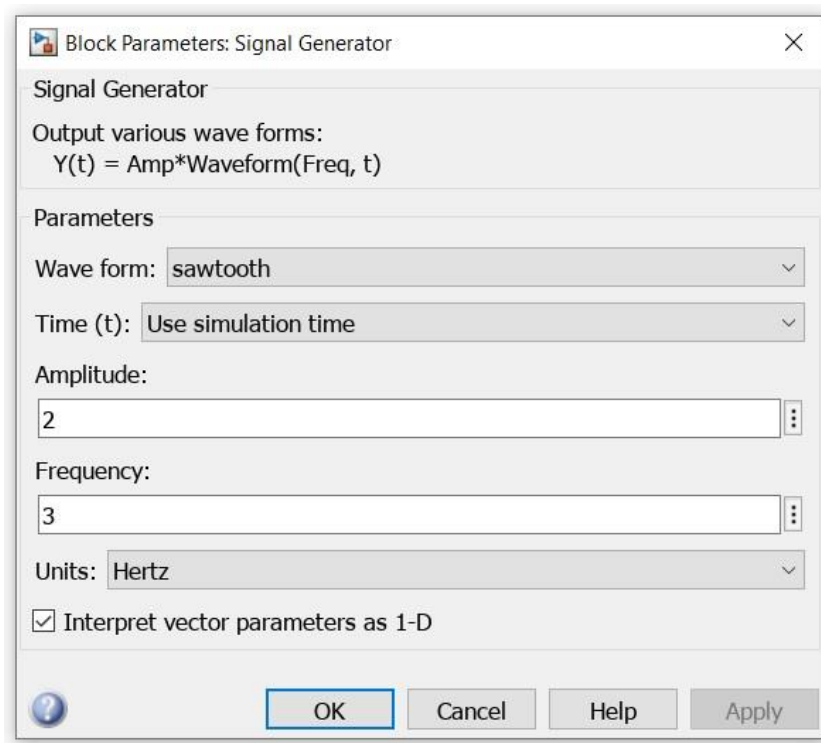
Ustawione parametry symulacji



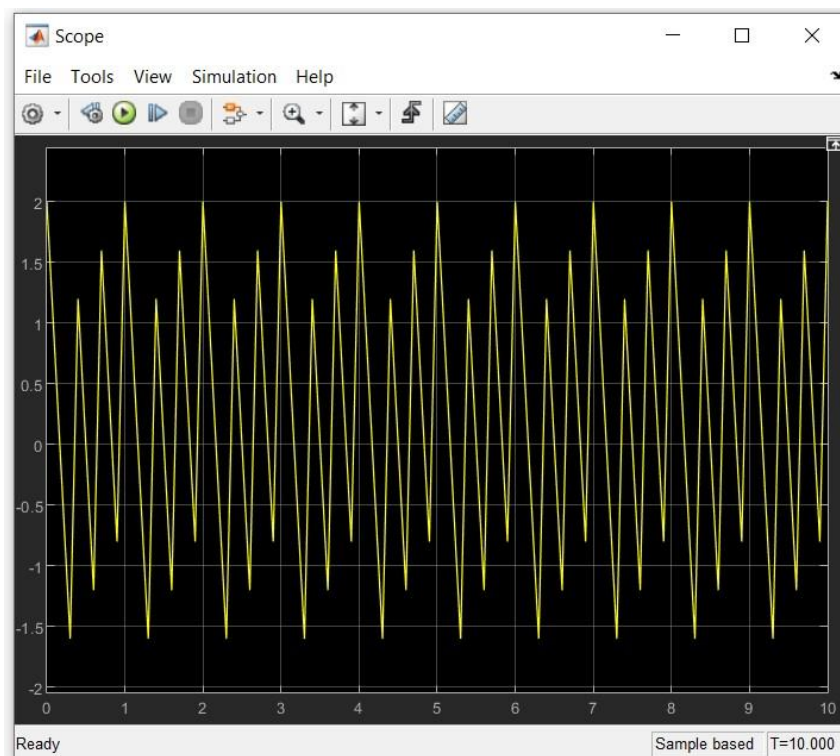
Ustawienia bloku *Signal Generator* – wersja I



Wynik symulacji dla I wersji bloku *Signal Generator*



Ustawienia bloku *Signal Generator* – wersja II

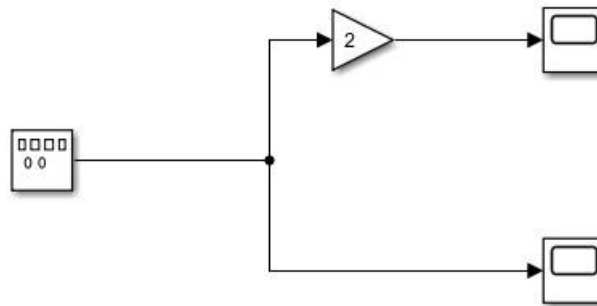


Wynik symulacji dla II wersji bloku *Signal Generator*

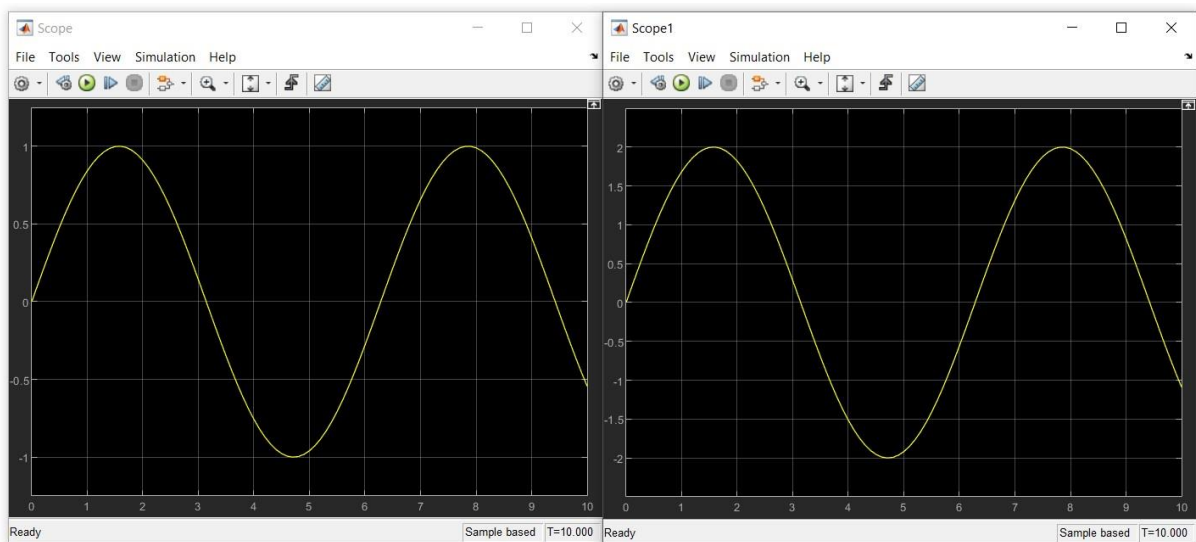
3.2. Proste modele

Model 1

Układ ten stanowi rozszerzenie modelu zaprezentowanego w poprzednim podrozdziale o wzmacnienie wynoszące 2 oraz drugi oscyloskop.



Model 1

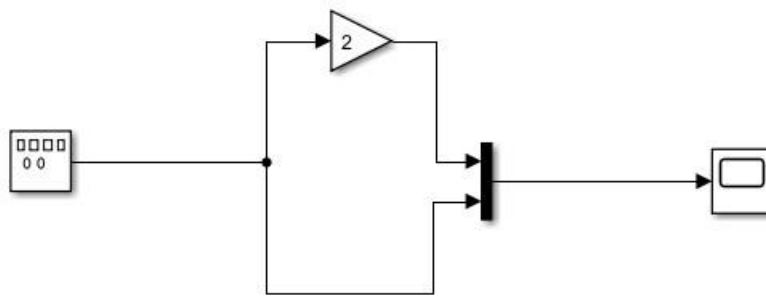


Wynik dla przeprowadzonej na modelu 1 symulacji

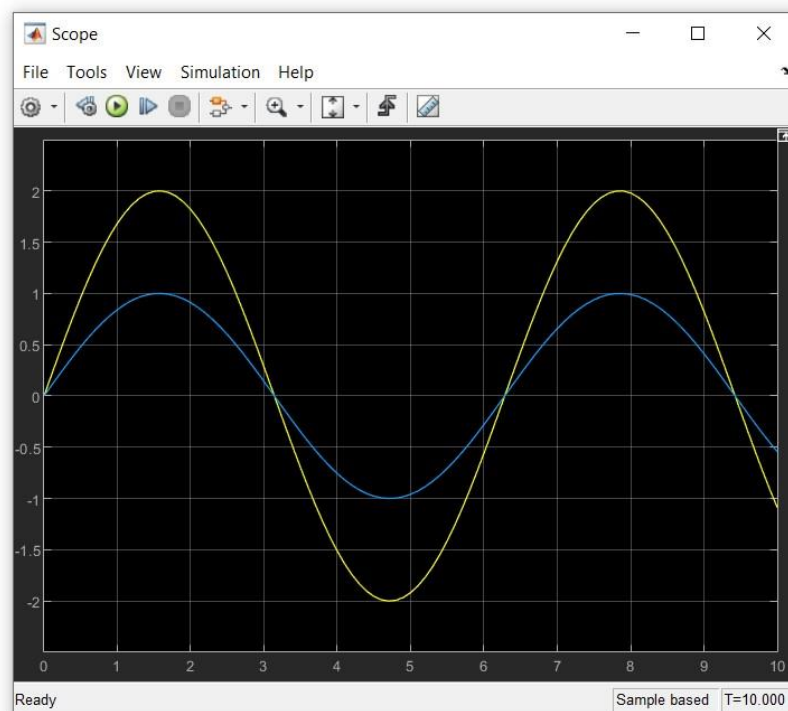
Jak można zauważyć, dodanie bloczku *Gain* sprawiło, że amplituda wykresu wzrosła 2-krotnie.

Model 2

Ten schemat jest zmodyfikowaną wersją poprzedniego przykładu. W celu zamieszczenia obu charakterystyk w jednym układzie współrzędnych użyto multipleksera (*mux*).



Model 2



Wynik dla przeprowadzonej na modelu 2 symulacji

Model 3

Celem tej części laboratorium jest uzyskanie wskazanych krzywych Lissajous'a. Aby tego dokonać, należy odpowiednio ustawić parametry obu bloków *Sine Wave*.

Parametry bloków Sine Wave:

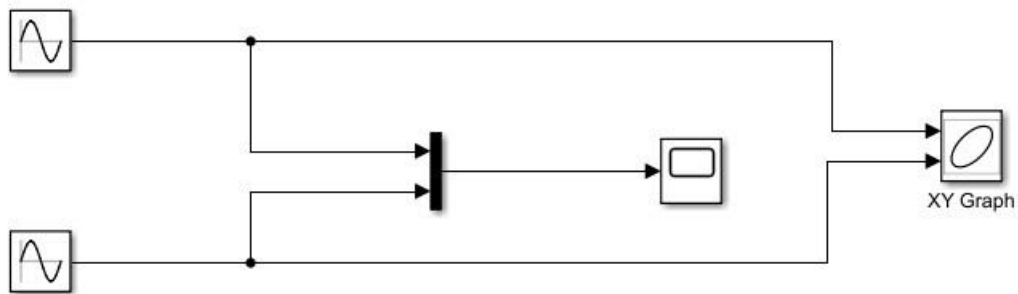
Wersja I

- amplitudy obu sygnałów są równe 1
- częstotliwości sygnałów: pierwszy – 1 rad/sec, drugi – 2 rad/sec
- przesunięcie fazowe pierwszego sygnału sinusoidalnego o $\pi/2$ rad

Wersja II

- amplitudy obu sygnałów są równe 1
- częstotliwości sygnałów: pierwszy – 3 rad/sec, drugi – 2 rad/sec
- przesunięcie fazowe pierwszego sygnału sinusoidalnego o $\pi/2$ rad

W ramach zadania czas próbkowania zmniejszono do wartości 0.01.



Model 3

Block Parameters: Sine Wave

Sine Wave

Output a sine wave:

$$O(t) = \text{Amp} * \sin(\text{Freq} * t + \text{Phase}) + \text{Bias}$$

Sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:

Samples per period = $2 * \pi / (\text{Frequency} * \text{Sample time})$

Number of offset samples = $\text{Phase} * \text{Samples per period} / (2 * \pi)$

Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.

Parameters

Sine type: Time based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 1

Bias: 0

Frequency (rad/sec): 1

Phase (rad): $\pi/2$ 1.5708

Sample time: 0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

Block Parameters: Sine Wave1

Sine Wave

Output a sine wave:

$$O(t) = \text{Amp} * \sin(\text{Freq} * t + \text{Phase}) + \text{Bias}$$

Sine type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:

Samples per period = $2 * \pi / (\text{Frequency} * \text{Sample time})$

Number of offset samples = $\text{Phase} * \text{Samples per period} / (2 * \pi)$

Use the sample-based sine type if numerical problems due to running for large times (e.g. overflow in absolute time) occur.

Parameters

Sine type: Time based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 1

Bias: 0

Frequency (rad/sec): 2

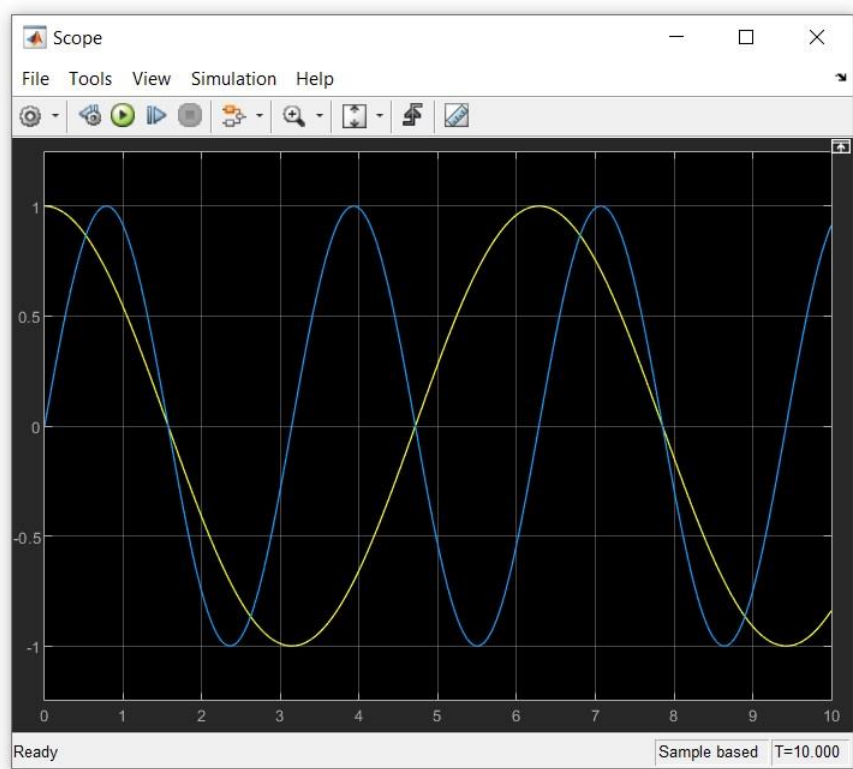
Phase (rad): 0

Sample time: 0

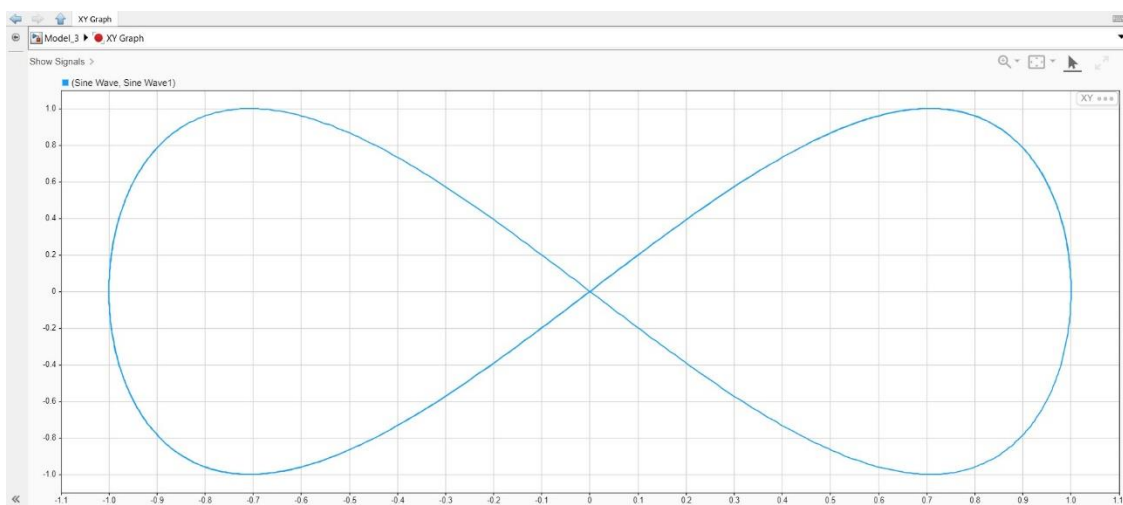
☒ Interpret vector parameters as 1-D

OK Cancel Help Apply

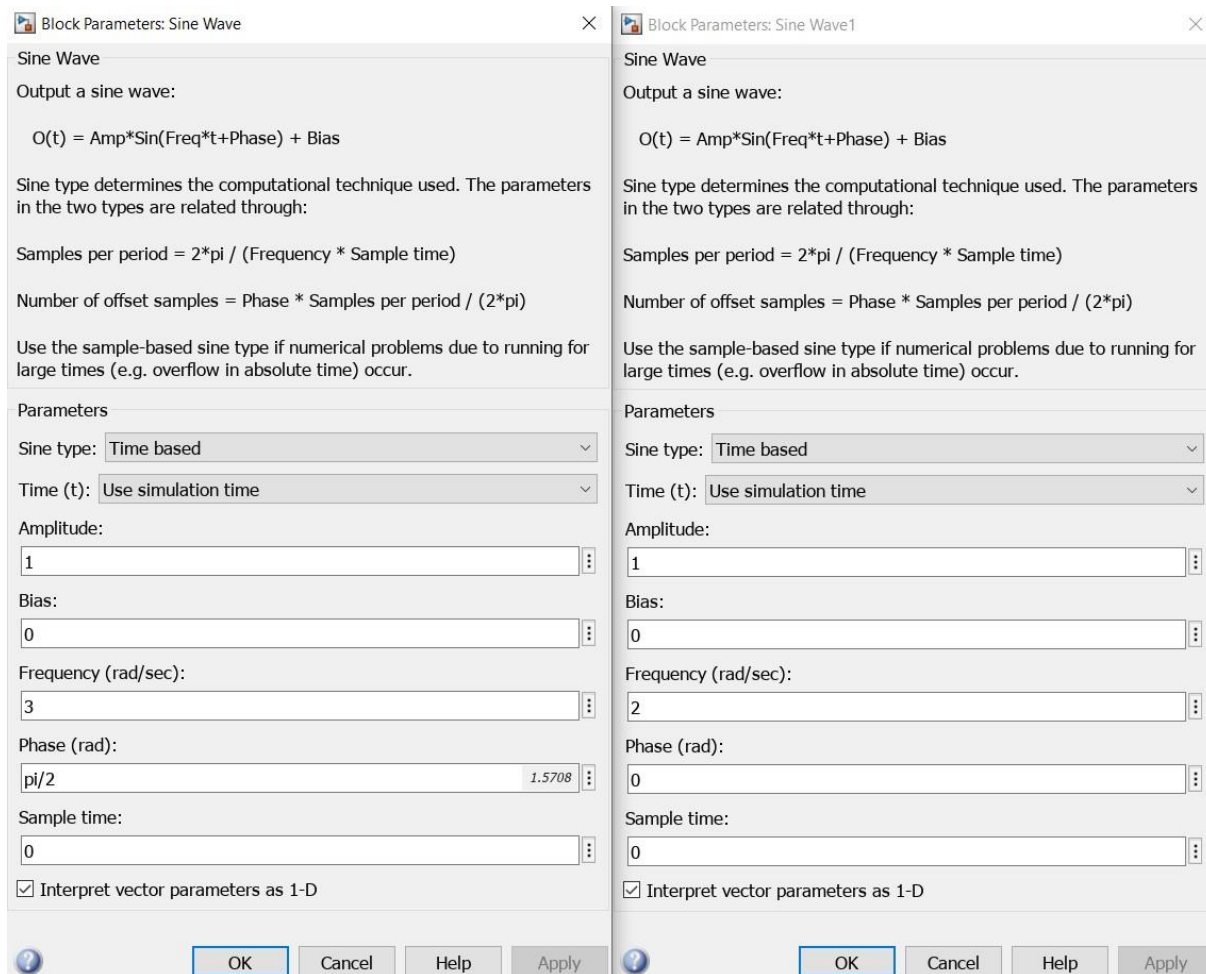
Parametry bloków Sine Wave – wersja I



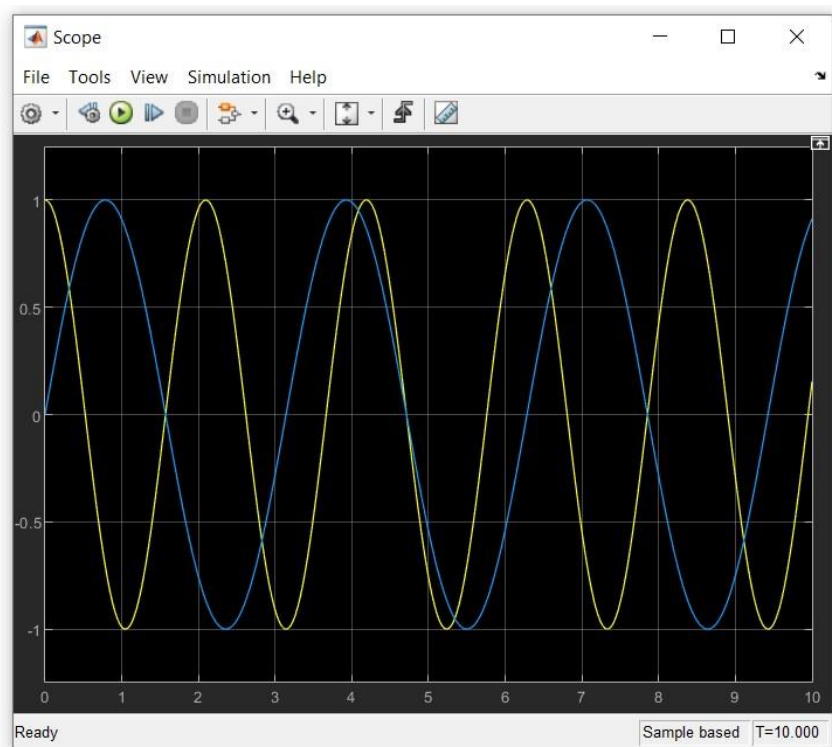
Wyniki z oscyloskopu dla modelu 3 – wersja I



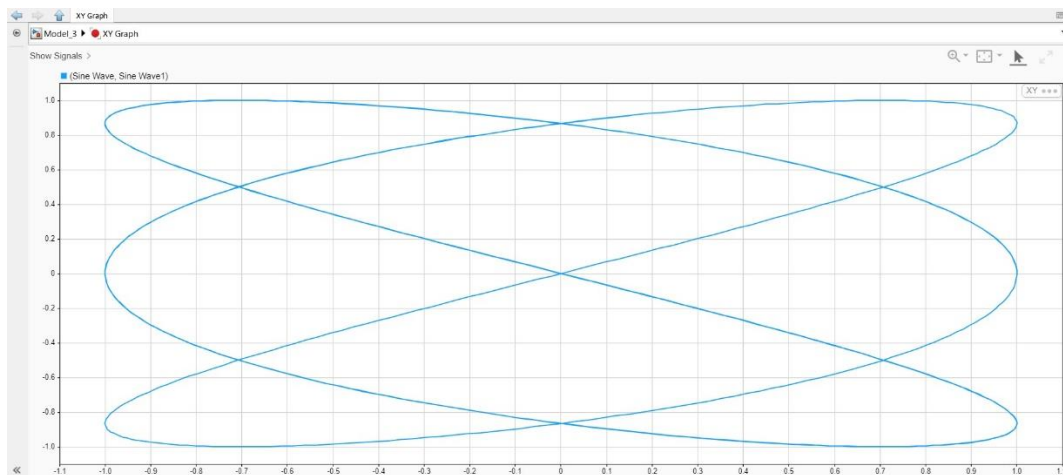
Pierwsza krzywa Lissajous'a



Parametry bloków *Sine Wave* – wersja II



Wyniki z oscyloskopu dla modelu 3 – wersja II



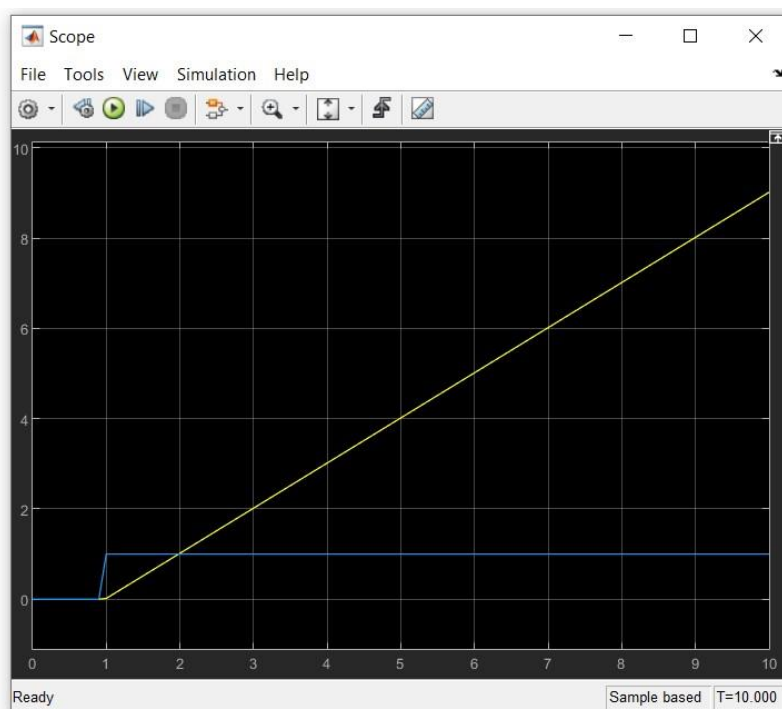
Dруга krzywa Lissajous'a

Model 4

Polecenie polega na zbadaniu odpowiedzi skokowej układu całkującego. Do tego wykorzystano błądzek *Step*.



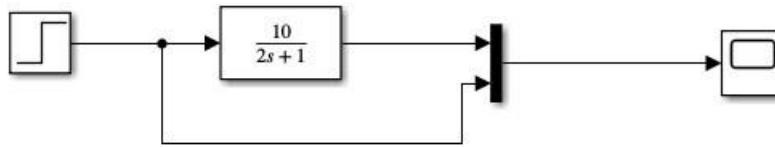
Model 4



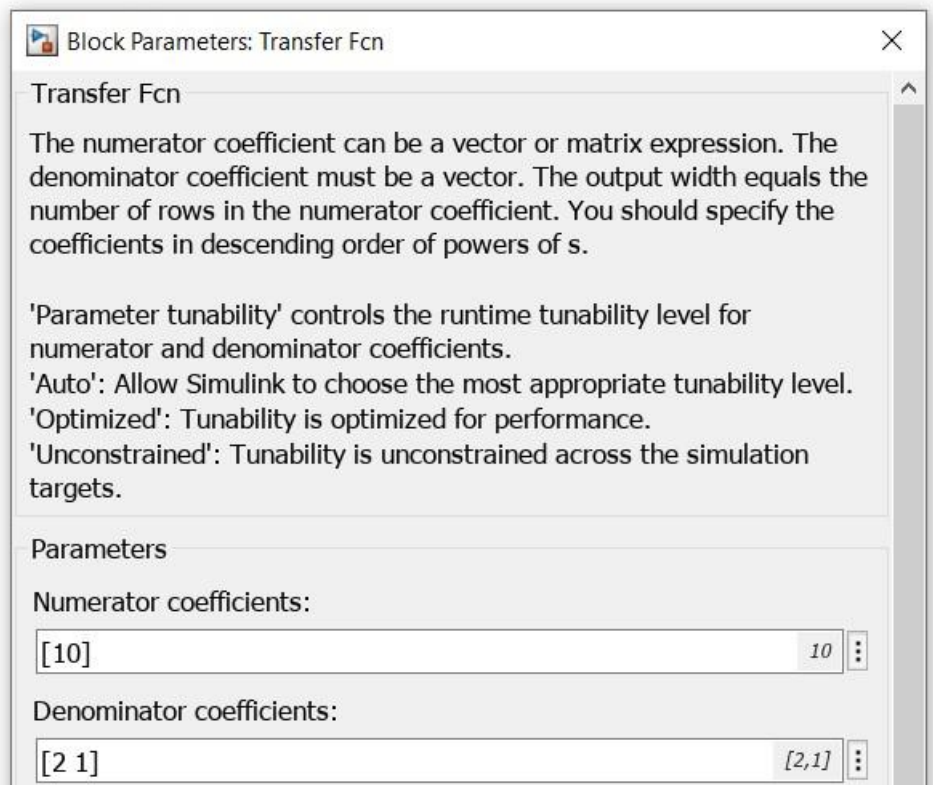
Odpowiedź skokowa układu całkującego

Model 5

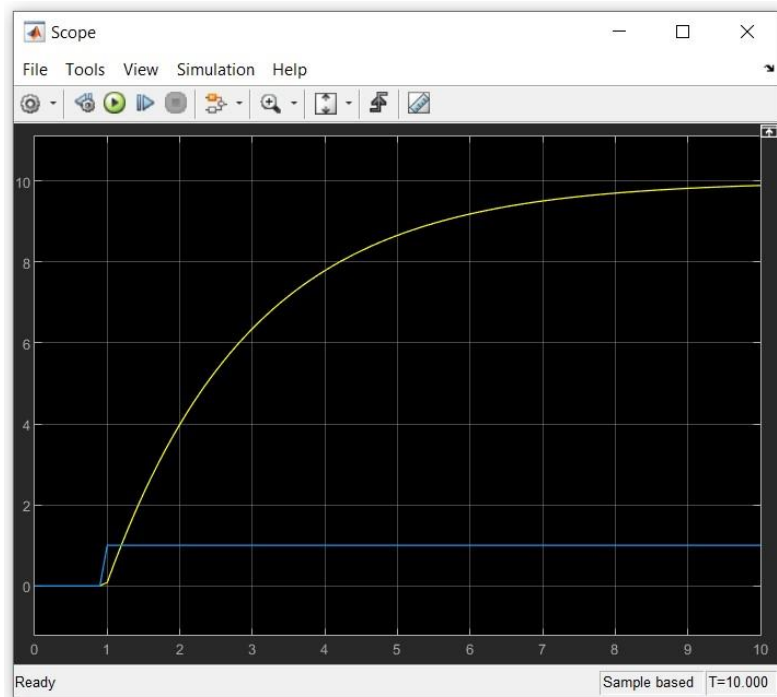
Ćwiczenie opiera się na uzyskaniu odpowiedzi układu inercyjnego I rzędu na skok jednostkowy. Transmitancja wybranego układu została zawarta na poniższym zdjęciu.



Model 5



Wprowadzenie odpowiedniej transmitancji do bloku *Transfer Fcn*



Odpowiedź skokowa układu inercyjnego I rzędu

Model 6

W tej części sprawozdania przedstawiono przebieg zadania, którego celem jest otrzymanie odpowiedzi impulsowej układu inercyjnego I rzędu. Zawarta w *Simulinku* biblioteka nie posiada bloku, który generowałby sygnał impulsowy, dlatego należało samemu stworzyć taki efekt, wykorzystując przy tym dwa bloki skoku jednostkowego. Aby uzyskać poszukiwany rezultat należy ustawić następujące parametry wspomnianych blozków:

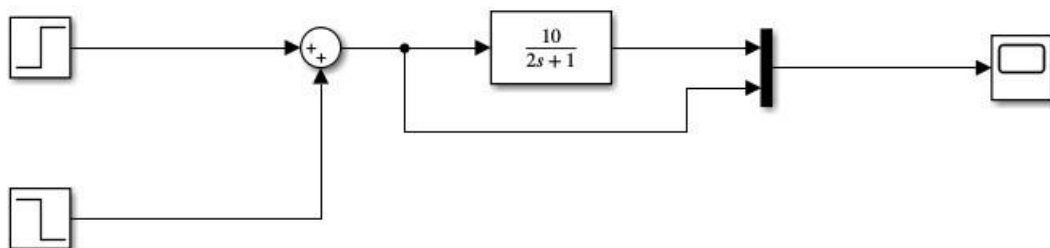
Step 1:

- Step Time – 0
- Initial Value – 0
- Final Value – 10

Step 2:

- Step Time – 0.1
- Initial Value – 0
- Final Value – -10

W ramach symulacji zmniejszono wartość kroku całkowania do liczby 0.01.



Model 6

Block Parameters: Step

Step

Output a step.

Main Signal Attributes

Step time:
0

Initial value:
0

Final value:
10

Sample time:
0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

Ustawienia **Step 1**

Block Parameters: Step1

Step

Output a step.

Main Signal Attributes

Step time:
0.1

Initial value:
0

Final value:
-10

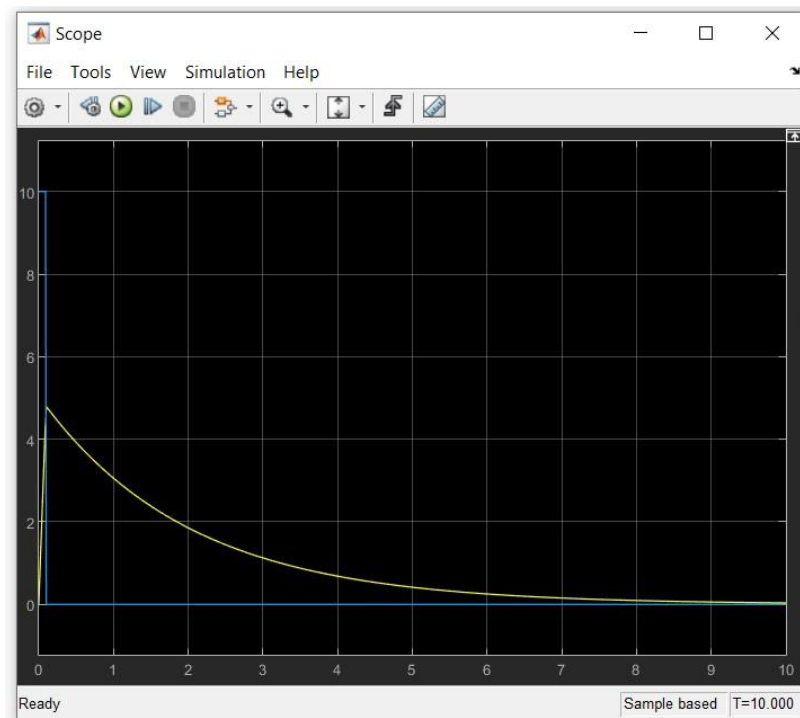
Sample time:
0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

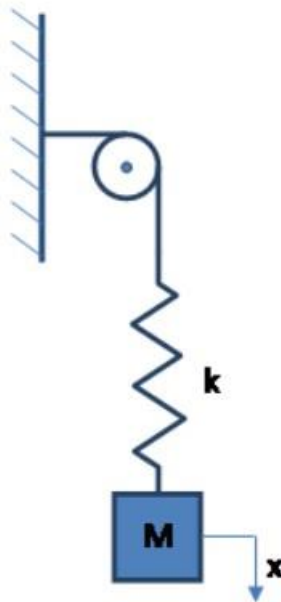
Ustawienia **Step 2**



Odpowiedz impulsowa układu inercyjnego I rzędu

3.3. Obiekt inercyjny II rzędu

Ostatnim elementem zajęć jest znalezienie charakterystyk przemieszczenia, prędkości oraz przyspieszenia dla podanego obiektu inercyjnego II rzędu.



Obiekt inercyjny II rzędu

Równanie dynamiki obiektu (bez wymuszenia):

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$$

Równanie dynamiki obiektu (z wymuszeniem):

$$m\ddot{x} + kx = F$$

$$\ddot{x} = \frac{F}{m} - \frac{k}{m}x$$

Wartości wybranych parametrów:

$$k = 6 \text{ N/m}; \quad m = 14 \text{ kg}; \quad x_0 = 0.1 \text{ m}; \quad F = 1 \text{ N}$$

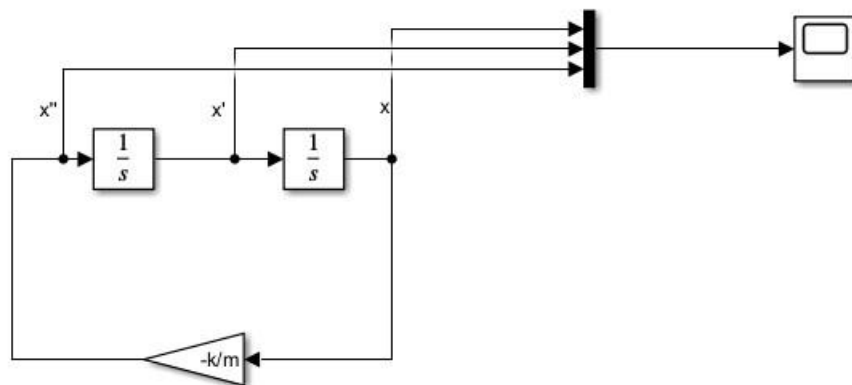
Ćwiczenie wykonano czterema sposobami.

Sposób I – z dwoma integratorami (klasycznie)

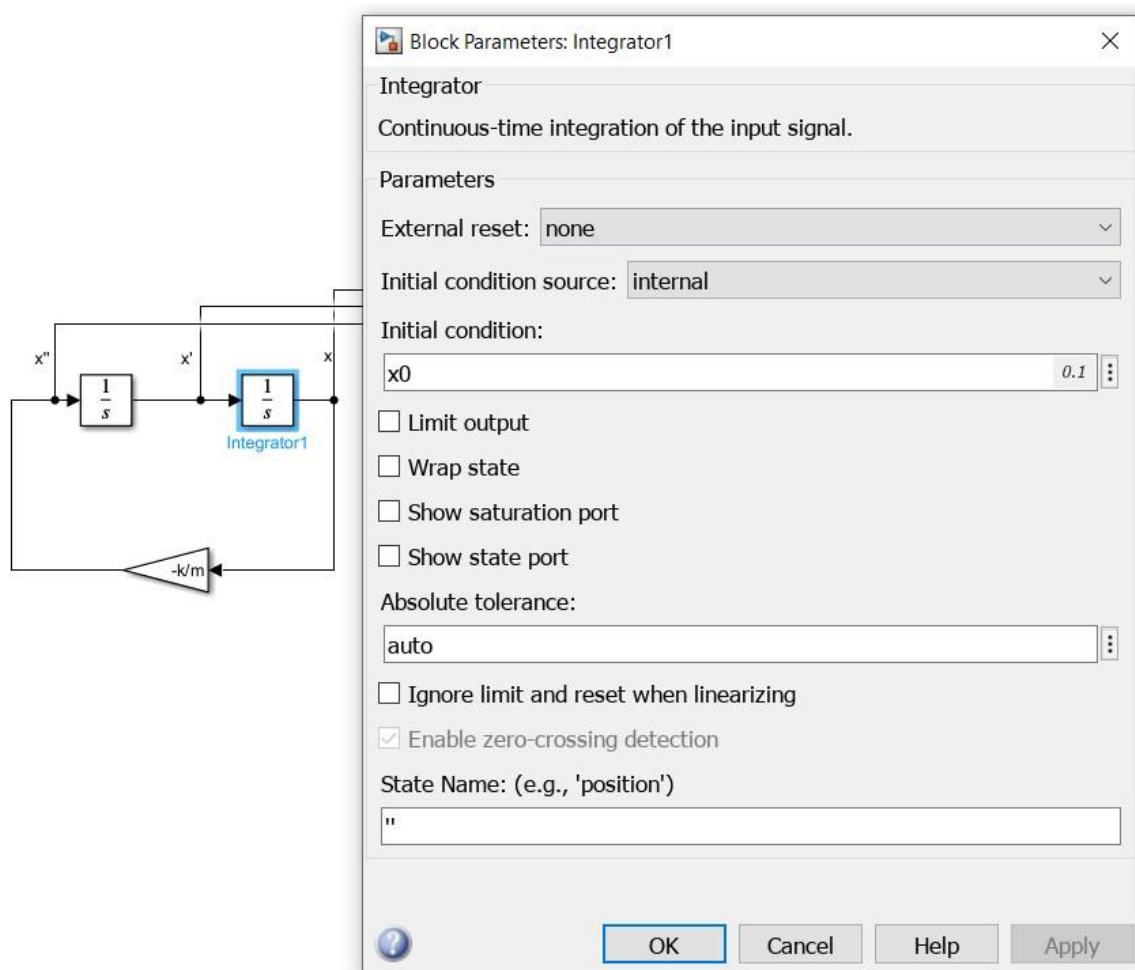
Bez wymuszenia

Workspace	
Name	Value
k	6
m	14
x0	0.1000

Parametry dla metody 1 w *MATLABIE* (bez wymuszenia)



Model do sposobu 1 – bez wymuszenia

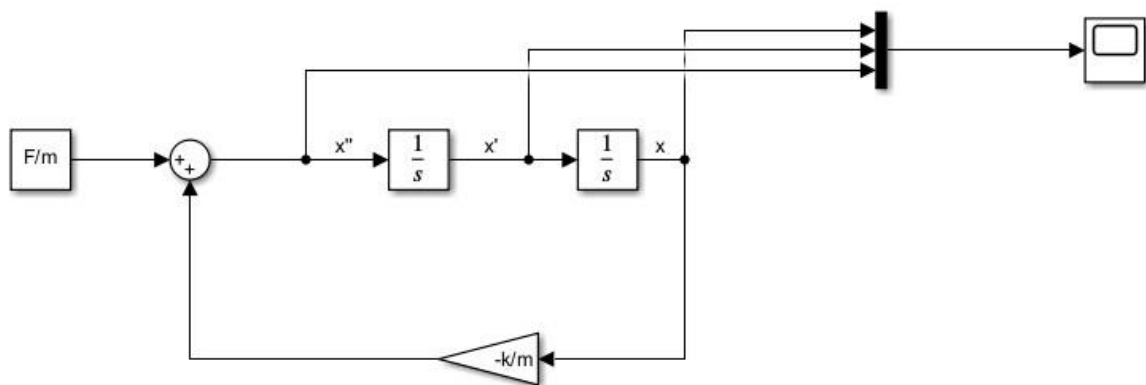


Ustawienie początkowego wychylenia sprężyny w drugim integratorze

Z wymuszeniem

Workspace	
Name	Value
F	1
k	6
m	14
x0	0.1000

Parametry dla metody 1 w *MATLABIE* (z wymuszeniem)



Model do sposobu 1 – z wymuszeniem

Sposób II – w przestrzeni stanów

u – sterowanie (w omawianym przypadku to siła F)

Bez wymuszenia

Zmienne stanu:

$$\begin{cases} x_1 = x \\ x_2 = \dot{x} \end{cases}$$

Wyprowadzenie równań stanu:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{k}{m}x_1 \end{cases}$$

Równanie stanu:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

Równanie wyjść:

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

Workspace	
Name	Value
A	[0,1;-0.4286,0]
B	[0;0]
C	[1,0;0,1]
D	[0;0]
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

Parametry dla metody 2 w *MATLABIE* (bez wymuszenia)



Model do sposobu 2 – bez wymuszenia

Block Parameters: State-Space

State Space

State-space model:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

'Parameter tunability' controls the runtime tunability level for A, B, C, D.
 'Auto': Allow Simulink to choose the most appropriate tunability level.
 'Optimized': Tunability is optimized for performance.
 'Unconstrained': Tunability is unconstrained across the simulation targets.

Selecting the 'Allow non-zero values for D matrix initially specified as zero' checkbox requires the block to have direct feedthrough and may cause algebraic loops.

Parameters

A:

A [0,1;-0.42857,0]

B:

B [0;0]

C:

C [1,0;0,1]

D:

D [0;0]

Initial conditions:

x0 [0.1;0]

Ustawienia bloku *State-Space*

Z wymuszeniem

Zmienne stanu:

$$\begin{cases} x_1 = x \\ x_2 = \dot{x} \end{cases}$$

Wyprowadzenie równań stanu:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{k}{m}x_1 + \frac{F}{m} \end{cases}$$

Równanie stanu:

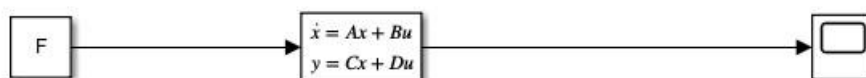
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} u$$

Równanie wyjść:

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

Workspace	
Name	Value
A	[0,1;-0.4286,0]
B	[0;0.0714]
C	[1,0;0,1]
D	[0;0]
F	1
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

Parametry dla metody 2 w *MATLABIE* (z wymuszeniem)



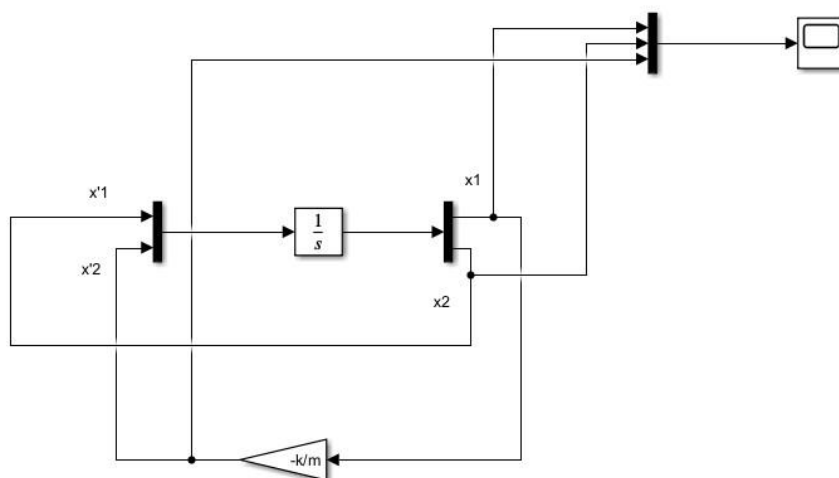
Model do sposobu 2 – z wymuszeniem

Sposób III – z jednym integratorem

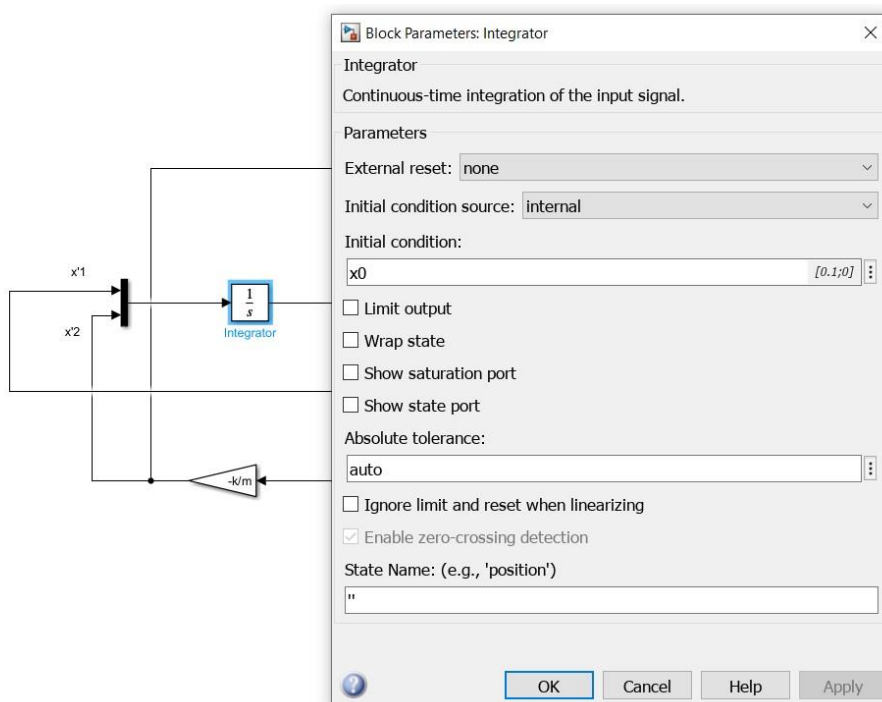
Bez wymuszenia

Workspace	
Name	Value
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

Parametry dla metody 3 w *MATLABIE* (bez wymuszenia)



Model do sposobu 3 – bez wymuszenia

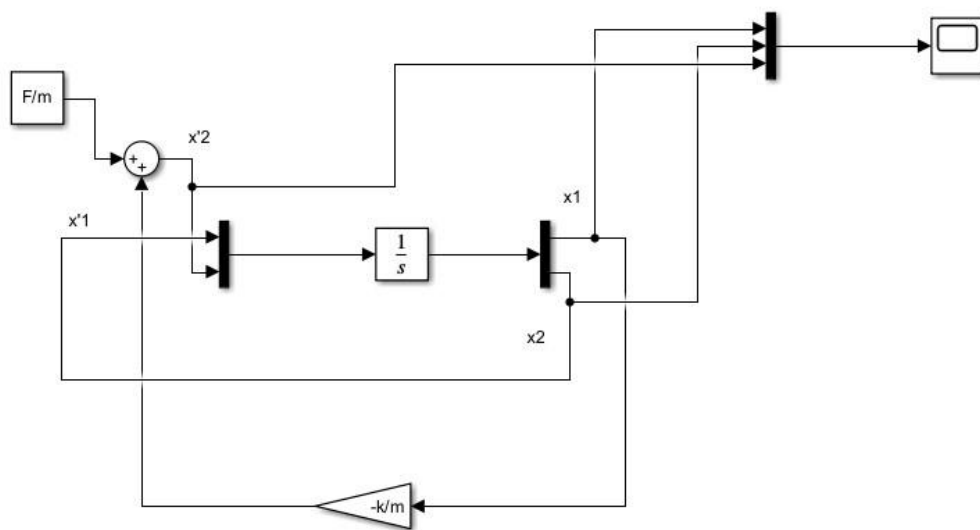


Ustawienie warunków początkowych na integratorze

Z wymuszeniem

Workspace	
Name ▲	Value
F	1
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

Parametry dla metody 3 w *MATLABIE* (z wymuszeniem)



Model do sposobu 3 – z wymuszeniem

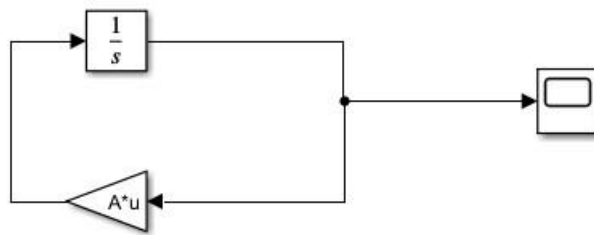
Sposób IV – z jednym integratorem (macierzowo)

u – sterowanie (w omawianym przypadku to siła F)

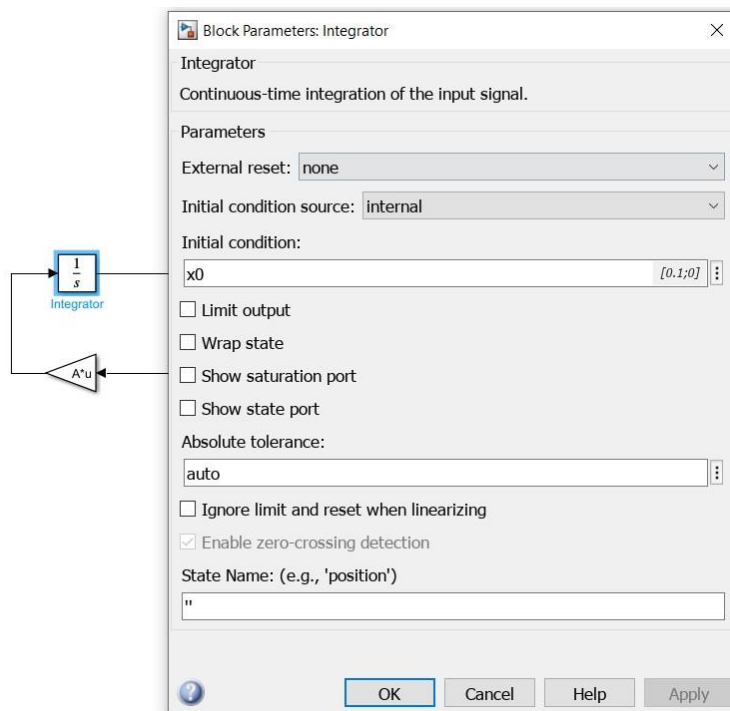
Bez wymuszenia

Workspace	
Name ▲	Value
A	[0,1;-0.4286,0]
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

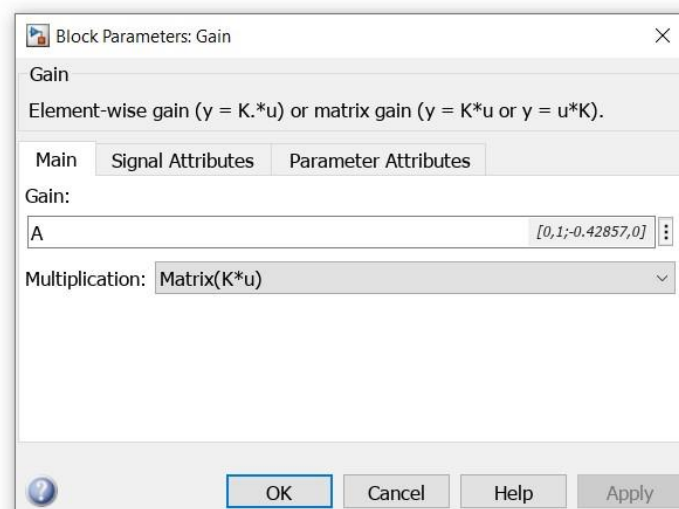
Parametry dla metody 4 w *MATLABIE* (bez wymuszenia)



Model do sposobu 4 – bez wymuszenia



Ustawienie warunków początkowych na integratorze

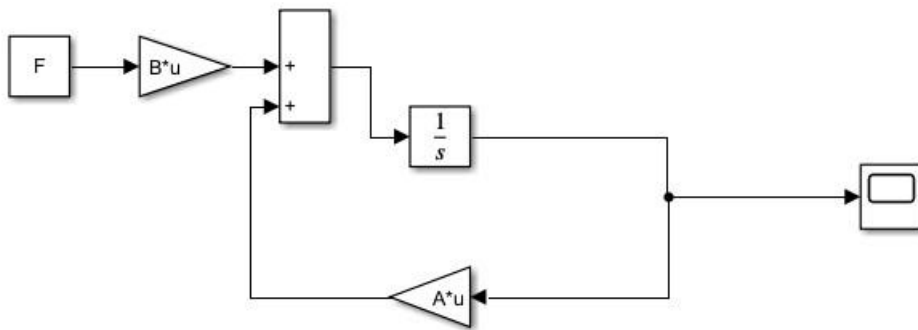


Ustawienie mnożenia macierzowego na bločku Gain

Z wymuszeniem

Workspace	
Name ▲	Value
A	[0,1;-0.4286,0]
B	[0;0.0714]
F	1
k	6
m	14
x0	[0.1000;0]

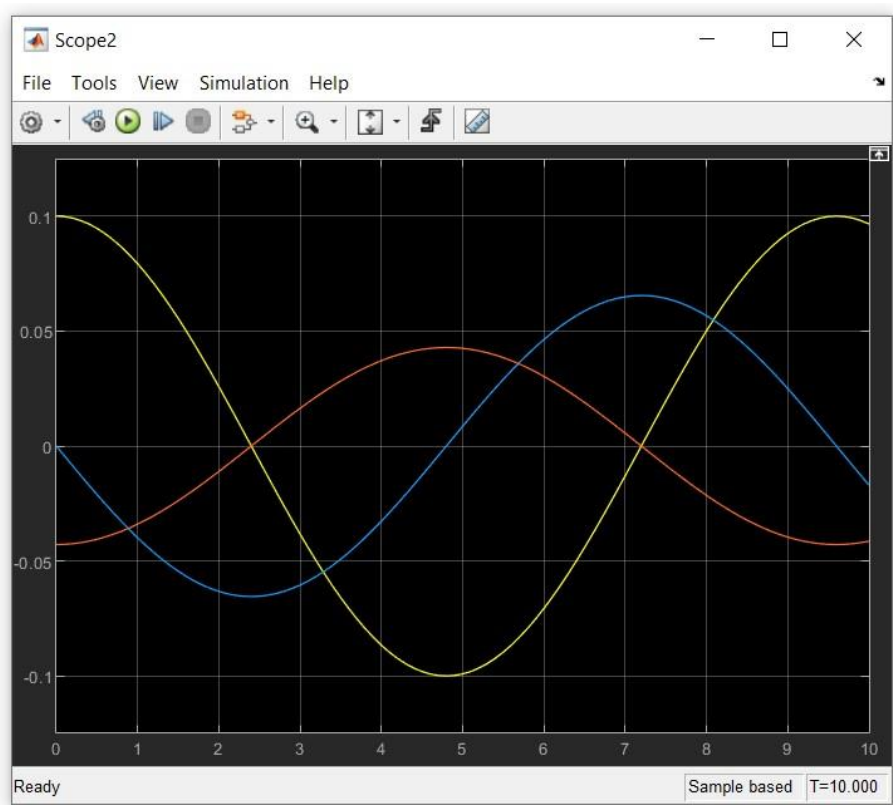
Parametry dla metody 4 w *MATLABIE* (z wymuszeniem)



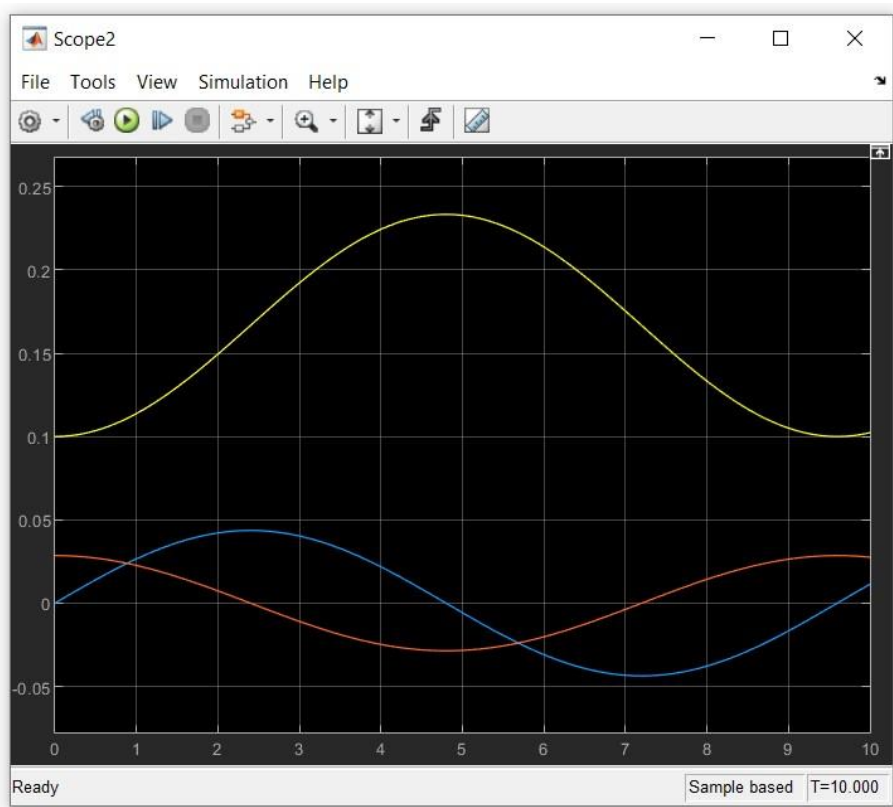
Model do sposobu 4 – z wymuszeniem

Dla obu blochków *Gain* ustawiono mnożenie macierzowe.

Dla sposobów 1 i 3 wykresy na oscyloskopie wyglądają następująco:

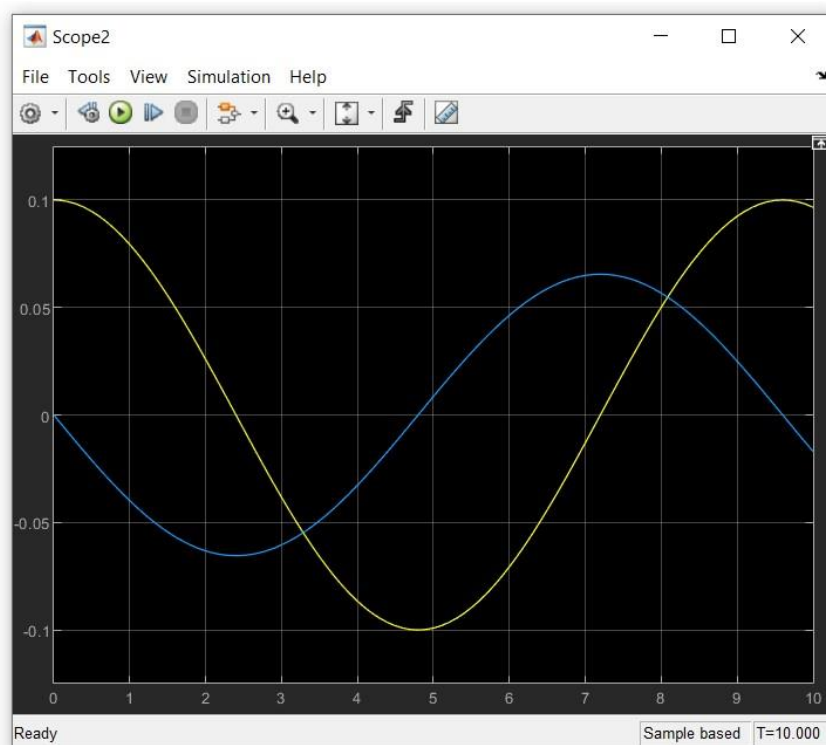


Wykresy charakterystyk – sposoby 1 i 3 (bez wymuszenia)

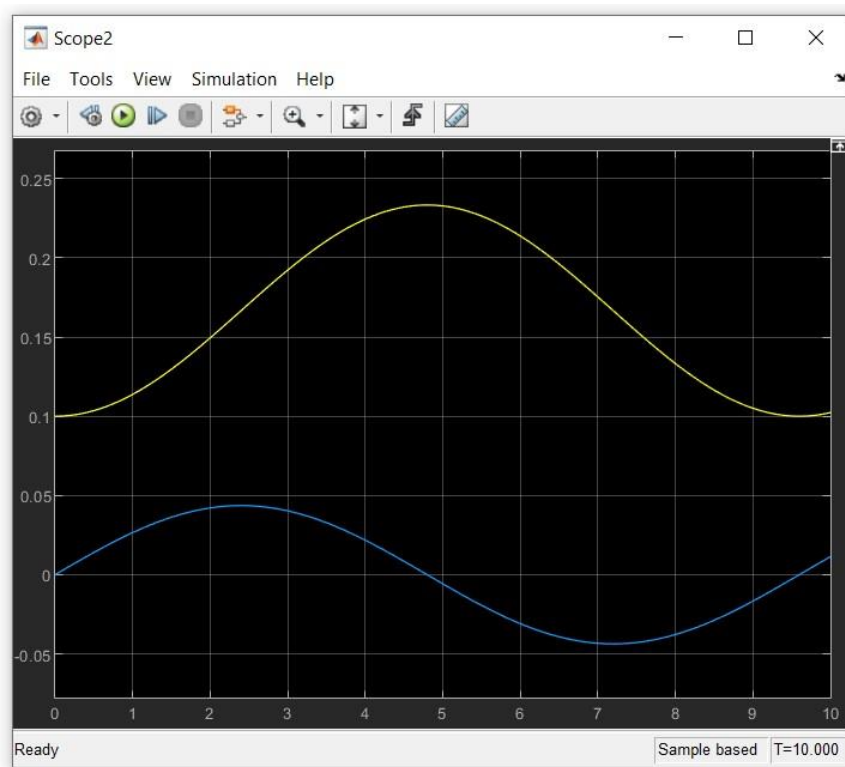


Wykresy charakterystyk – sposoby 1 i 3 (z wymuszeniem)

Natomiast dla metod 2 oraz 4:



Wykresy charakterystyk – sposoby 2 i 4 (bez wymuszenia)



Wykresy charakterystyk – sposoby 2 i 4 (z wymuszeniem)

4. Wnioski

Rozszerzenie *Simulink* posiada ogromną liczbę schematów blokowych, które mogą zostać wykorzystane do modelowania rozmaitych układów dynamicznych. Korzystając z tego środowiska użytkownik może po przeprowadzeniu symulacji dokonać analizy zachowań systemów w określonych warunkach. W programie można m. in. również badać charakterystyki czasowe zadanych obiektów.

5. Bibliografia

- konspekt do zajęć zatytułowanych „Podstawy Simulinka”