



KATEDRA MECHANIKI STOSOWANEJ
Wydział Mechaniczny
POLITECHNIKA LUBELSKA

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA NR 3

PRZEDMIOT	MECHANIKA I FIZYKA CIAŁA STAŁEGO
TEMAT	<i>Modelowanie numeryczne układu mechanicznego o jednym stopniu swobody.</i>
OPRACOWAŁ	dr inż. Marcin Bocheński

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest rejestracja przebiegów czasowych i wyznaczenie okresu drgań własnych wahadła fizycznego (pierścienia) z zastosowaniem symulacji numerycznych w pakiecie MatLab-Simulink.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Simulink jest częścią pakietu oprogramowania MatLab i jest graficznym narzędziem do projektowania różnych systemów technicznych (hydraulicznych, elektrycznych, mechanicznych). Do stworzenia modelu konieczna jest znajomość równania matematycznego opisującego analizowane zjawisko bądź proces fizyczny. Model składa się z odpowiednio połączonych geometrycznych bloków realizujących poszczególne operacje matematyczne bądź logiczne. Możliwe jest także użycie bloków służących do wizualizacji uzyskanych wyników.

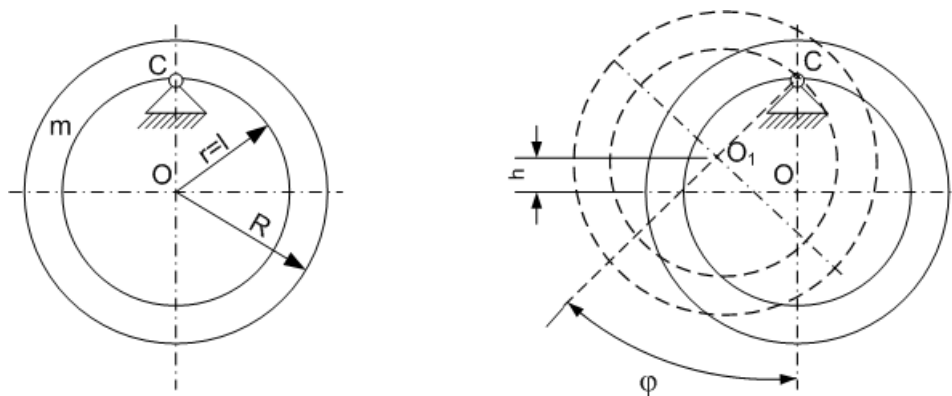
Równania które będziemy modelować zostały szczegółowo omówione w części teoretycznej do ćwiczenia nr 1. Są to równania różniczkowe II rzędu o stałych współczynnikach. Równanie (1) jest nieliniowym równaniem różniczkowym jednorodnym II rzędu.

$$\ddot{\varphi} = -\frac{mgl}{I_c} \sin \varphi \quad (1)$$

Zakładając niewielką amplitudę drgań układu sinus kąta przybliżyć można za pomocą kąta wyrażonego w radianach, zatem zlinearyzowane w ten sposób równanie przyjmie postać:

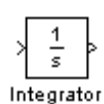
$$\ddot{\varphi} = -\frac{mgl}{I_c} \varphi \quad (2)$$

W ćwiczeniu badane jest wahadło fizyczne, które reprezentuje pierścień pokazany na Rys. 1. Sposób wyznaczenia poszczególnych wielkości występujących w równaniach (1) i (2) przedstawiono we wspomnianej wcześniej instrukcji do ćwiczenia nr 1.



Rys. 1 Wahadło fizyczne w kształcie pierścienia

Poniżej opisane zostaną bloki, które mogą być przydatne do sporządzenia modelu numerycznego wahadła w programie Simulink.



blok całkujący; na jego wyjściu otrzymujemy sygnał wejściowy po scałkowaniu za pomocą zdefiniowanego w solverze algorytmu, blok umożliwia również wpisanie warunku początkowego od którego ma startować symulacja;



blok różniczkujący; na jego wyjściu otrzymujemy sygnał wejściowy po wykonaniu operacji różniczkowania względem czasu;



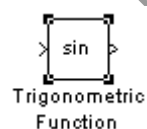
bloki umożliwiające dokonanie operacji sumowania sygnałów;



blok wzmacniający; na jego wyjściu otrzymujemy sygnał wejściowy pomnożony przez wpisaną w bloku wartość stałą;



blok mnożący; na jego wyjściu otrzymujemy sygnał wynikający z mnożenia sygnałów wejściowych;



wejście tego bloku staje się argumentem wybranej funkcji trygonometrycznej, których lista dostępna jest w opcji edycji bloku;



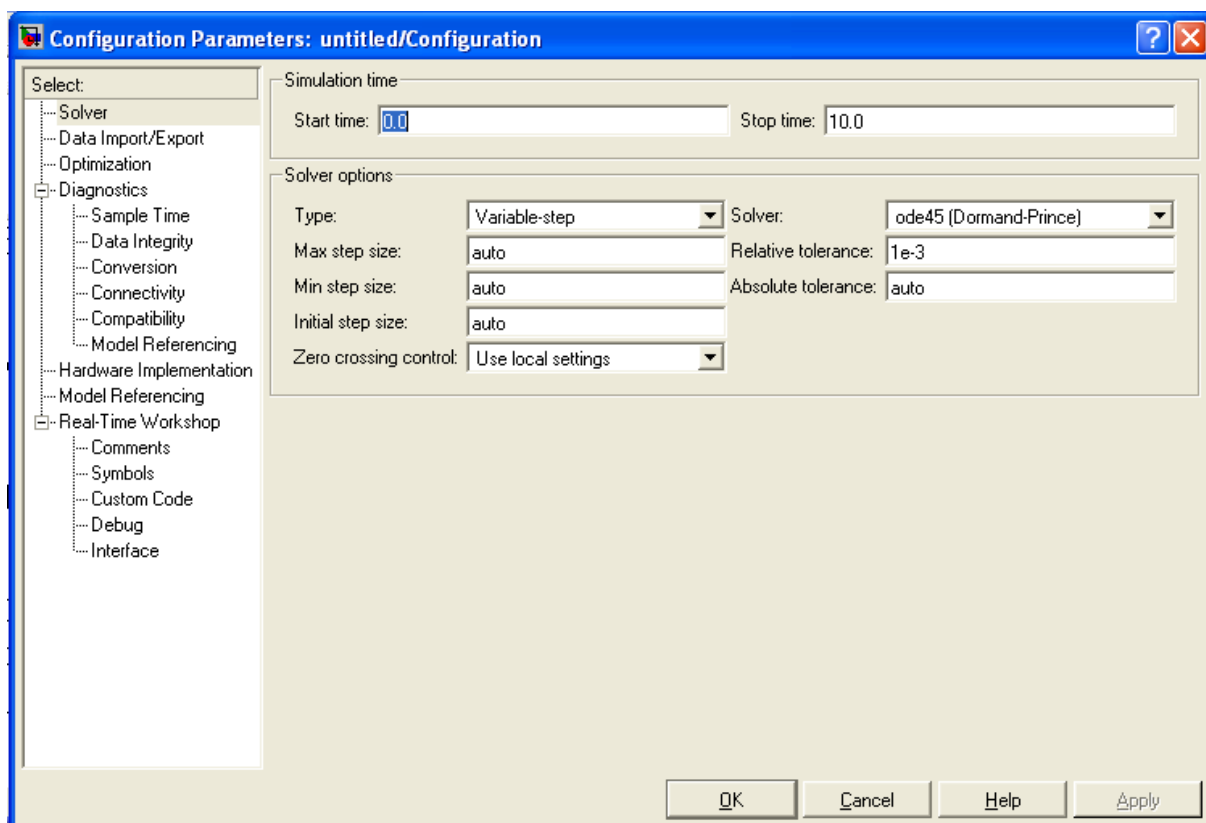
za pomocą tego bloku możemy wprowadzać do modelu stałe współczynniki modelowanych równań;



blok ten umożliwia stworzenie wykresu sygnału wejściowego w funkcji czasu;


Opisane bloki dostępne są w bibliotekach Simulinka o nazwie „Continuous”, „Math Operations”, „Sinks” oraz „Sources”.

Dokładność obliczeń zależy od ustawień dostępnych w zakładce *Simulation* -> *Configuration Parameters*, gdzie ustawić możemy czas startu i zatrzymania symulacji, wartości maksymalnych i minimalnych kroków czasowych, dokładność względną i bezwzględną obliczeń a także wybrać algorytm całkowania numerycznego.



Rys. 2 Panel konfiguracyjny parametrów symulacji

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Dokonać identyfikacji parametrów fizycznych wahadła. Obliczyć masowy moment bezwładności. Wyniki zanotować w tabeli 1.
2. Uruchomić program MatLab a następnie poprzez kliknięcie ikony  program Simulink.
3. W nowym oknie zbudować modele równania (1) oraz (2) .
4. Wpisać podane przez prowadzącego parametry symulacji.
5. Wykreślić przebiegi czasowe obydwu modeli i na ich podstawie określić okres drgań układu. Symulacje przeprowadzić dla podanych przez prowadzącego warunków początkowych.
6. Wyznaczyć częstotści drgań własnych układu.

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Po wykonaniu symulacji i przeprowadzeniu obliczeń wyniki należy zapisać w tabeli 1. Następnie należy oszacować różnice pomiędzy okresem drgań w ujęciu nieliniowym T_1 a liniowym T_2 w zależności od zadanego warunku początkowego.

Tab. 1 Tabela danych i wyników pomiarów

Tabela pomiarów i wyników obliczeń									
R [m]		r [m]		m [kg]		I_0 [m ⁴]		I_c [m ⁴]	
Wyniki obliczeń									
φ [stopnie]	φ [rad/s]	T_1 (nieliniowe) [s]	T_2 (liniowe) [s]	$\frac{T_2 - T_1}{T_2} \times 100\%$		ω_1 [rad/s]		ω_2 [rad/s]	

5. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

1. Tabelkę identyfikacyjną.
2. Cel ćwiczenia.
3. Schemat modelu układu w programie Simulink.
4. Tabelę pomiarów i wyników.
5. Obliczenia i wykresy.
6. Wnioski.

Literatura:

1. Szabelski K.: Zbiór zadań z drgań mechanicznych. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej.
2. Osiński Z.: Teoria drgań. PWN 1980
3. Simpson D.G.: The nonlinear pendulum. <http://www.pgccphy.net/ref/nonlin-pendulum.pdf>
4. Leyko J.: Mechanika ogólna, t.2 PWN, Warszawa 1996