
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Magdalena MAREK, Andrzej BAIER*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice
*andrzej.baier@polsl.pl

PORÓWNANIE SPOSOBU PRZYGOTOWYWANIA SYMULACJI DZIAŁANIA MANIPULATORA W RÓŻNYCH ŚRODOWISKACH CAD

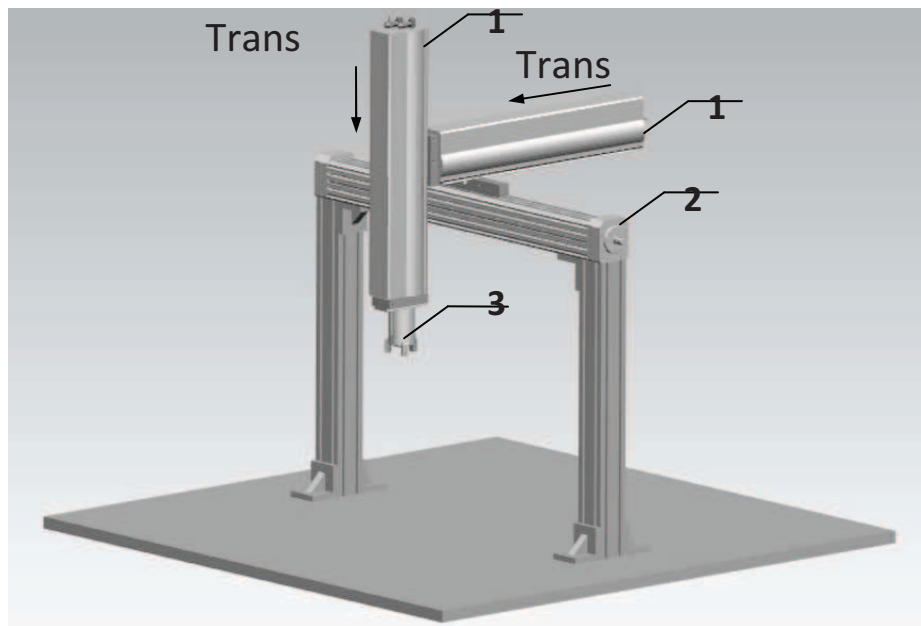
Streszczenie: W artykule przedstawiono proces tworzenia trójwymiarowej symulacji działania manipulatora, będącego elementem stanowiska pakującego, w programie NX 7.5 z wykorzystaniem modułu Motion Simulation. Symulację wykonano na podstawie danych i obliczeń zawartych w publikacji opisującej uzyskanie analogicznej symulacji w programie OneSpace Designer. Zaprezentowano możliwości użytego oprogramowania, w tym także zabudowanego w programie Solvera (RecurDyn). W efekcie dokonano porównania powyższych środowisk CAD.

1. Wprowadzenie

W ramach niniejszej pracy przedstawiono model manipulatora (elementu stanowiska pakującego) oraz etapy przygotowania trójwymiarowej symulacji jego działania w module Motion Simulation programu NX 7.5. Symulacja ta opiera się na danych i obliczeniach zaprezentowanych w publikacji dotyczącej wykonania analogicznej symulacji w programie OneSpace Designer [1]. Na ich podstawie zaproponowano funkcję opisującą zmienną przemieszczenia tłoczyska siłownika w funkcji czasu. Wprowadzenie tej funkcji do programu umożliwiło wizualizację przemieszczenia siłowników oraz uzyskanie wykresów obrazujących zmianę parametrów ich ruchu w czasie, na podstawie danych wygenerowanych przez Solver RecurDyn. Dodatkowo, z grupy funkcji General (wbudowanych w moduł Motion Simulation) wybrano funkcję STEP do opisu przemieszczenia względnego szczęk chwytaka. W ten sposób w kolejnych częściach pracy zostały zaprezentowane możliwości wybranego środowiska CAD, co z kolei dało podstawę do porównania go z oprogramowaniem OneSpace Designer.

2. Wstępne założenia

W celu przeprowadzenia symulacji zapoznano się ze środowiskiem programu NX 7.5 oraz z jego dokumentacją, a następnie wykonano model manipulatora (Rys.1.), uwzględniający jedynie części niezbędne do jej przeprowadzenia.



Rys.1. Model manipulatora
Fig.1. Model of the manipulator

Model tworzą dwa siłowniki pneumatyczne, oś liniowa wraz ze śrubą, chwytak trójszczękowy oraz elementy podtrzymujące manipulator. Części znormalizowane zostały pobrane z elektronicznego katalogu firmy Festo (Tab. 1.), który umożliwia importowanie gotowych modeli 3D do oprogramowania NX 7.5 (w szczególności do jego modułu Assembly), w celu połączenie odpowiednich podzespołów opisywanego mechanizmu. Elementy podtrzymujące manipulator zamodelowano bezpośrednio w programie.

Tab. 1. Części manipulatora
Tab. 1. Elements of the manipulator

<i>Nr elementu</i>	<i>Nazwa elementu</i>	<i>Nazwa katalogowa</i>
1	Siłownik pneumatyczny	HMP-16-200-B-SL-2G3
2	Oś liniowa ze śrubą	DGE-40-400-SP
3	Chwytek trójszczękowy	HGD-32-A

Wyjątkowo przydatną funkcją w programie jest opcja przypisania materiału do danego elementu, co może być wykorzystane w celu określenia oddziaływań pomiędzy obiektami będącymi w ruchu, tzw. 2D lub 3D Contact. Program automatycznie generuje wartości współczynnika tarcia pomiędzy elementami, adekwatnie do wybranych materiałów.

Do określenia równań opisujących parametry ruchu użyto danych zawartych w przytoczonej publikacji [1]:

- równania drogi opisującego ruch tłoczyska siłownika o skoku s ,

$$s(t) = \begin{cases} \frac{a}{2}(t-A)^2 & A \leq t < B \\ v(t-A) - s_a & B \leq t < C \\ -\frac{a}{2}(t-D)^2 + s & C \leq t < D \end{cases} \quad (1)$$

- wstępnie zadanych wartości przyspieszenia i prędkości, wraz z obliczonymi w programie MathCad chwilami czasowymi wybranych parametrów.

$$a = 0.08 \left[\frac{mm}{s^2} \right], v = 2 \left[\frac{mm}{s} \right], s = 200 [mm]; A=0[s], B=25[s], C=100[s], D=125[s] \quad (2)$$

3. Przygotowanie symulacji w programie NX 7.5

Wszelkie czynności dotyczące przygotowania symulacji przeprowadzono w module Motion Simulation. Zdefiniowano wszystkie człony mechanizmu (polecenie Link), odebrano 6 stopni swobody elementom podtrzymującym manipulator, za pomocą relacji utwierdzającej (Fixed), a następnie określono relacje występujące pomiędzy zdefiniowanymi członami mechanizmu (polecenie Joint). Wybrano relację przesuwczą Slider, która odbiera 5 stopni swobody, umożliwiając przemieszczanie się jednej z części względem drugiej wzdłuż określonego kierunku. Uwzględniono w niej, że w wybranym przypadku oba siłowniki będą się przemieszczać w tym samym czasie.

Do opisu ruchu siłownika użyto parametru przyspieszenia (Acceleration), ze względu na przejrzystość deklarowanej formuły. Zaproponowano funkcję (Rys. 2.) z grupy Arithmetic (funkcję IF), w której użyto funkcji z grupy poleceń wewnętrznych FORTRAN (funkcji MAX), o następującej postaci:

$$IF(IF(TIME-25: -1, 0, MAX(0, TIME-100)): 0.08, 0, -0.08) \quad (3)$$

W celu porównania, poniższy sposób zapisu został użyty w programie OneSpace Designer [1]:

```

if t < B
then
  if t > (Tv1 + Ta1 + A)
  then      ((((-a1)/2)*((t-
B)^2)) + s1)      // równanie drogi podczas hamowania
  else
    if t > (Ta1 + A)      // równanie drogi przy ruchu ze stałą prędkością
    then ((v1*(t-A)) - sa1)      // równanie drogi podczas przyspieszania
    else (((a1)/2)*((t-A)^2))
else
  if t < E ....

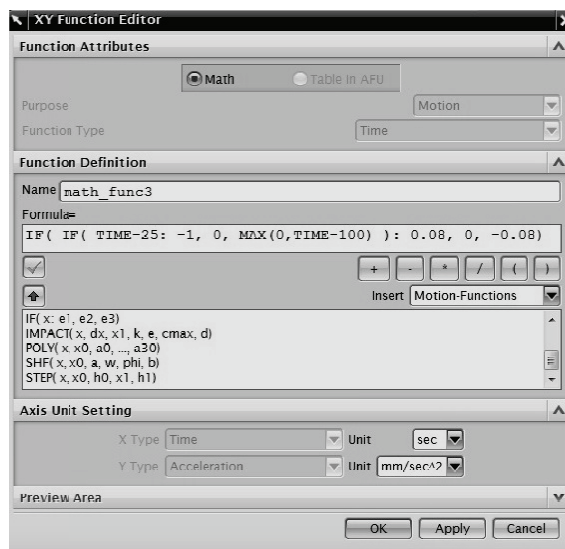
```

W celu zamknięcia szczęk chwytaka, wprowadzono do relacji Slider funkcję z grupy General (funkcję STEP), aproksymującą funkcję Heaviside'a wielomianem trzeciego stopnia.

$$STEP (TIME, 120, 0, 125, 3) \quad (5)$$

Poprzez zadanie wartości początkowej i końcowej wybranego parametru przemieszczenia (Displacement) dla określonych chwil czasowych, uzyskano łagodne przejście pomiędzy nimi. Program automatycznie wyliczył wymagane prędkości i przyspieszenia na całej drodze szczepek.

Zdefiniowano również rodzaj symulacji oraz określono jej czas (125[s]) i liczbę kroków (1000), mającą wpływ na dokładność obliczeń dokonanych przez Solver.



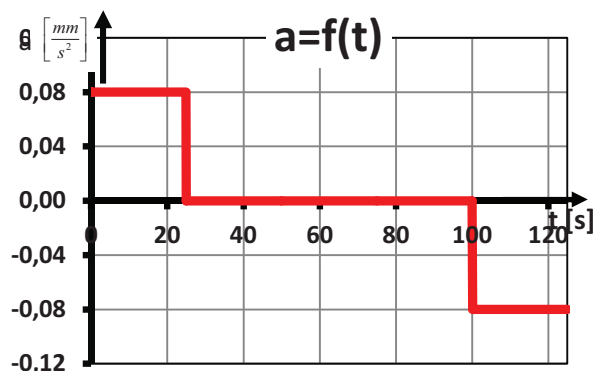
Rys.2. Edytor funkcji
Fig.2. XY Function Editor

4. Dane otrzymane po przeprowadzeniu symulacji

Przy użyciu Solvera RecurDyn przeprowadzono analizę symulacji. Pasek narzędzi XY Graph umożliwił wyeksportowanie wyników do arkusza kalkulacyjnego (Tab. 2.) i wygenerowanie wykresów (Rys. 2-5).

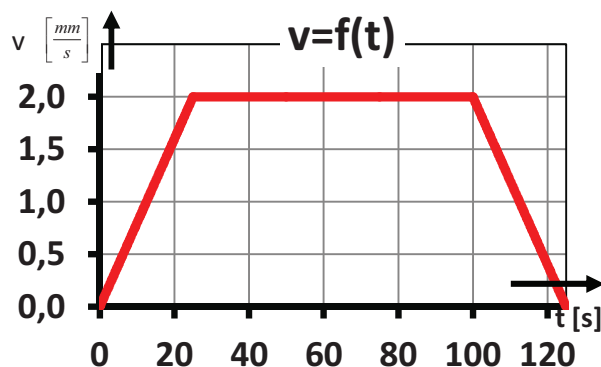
Tab. 2. Fragment tabeli zawierającej wyniki analizy symulacji
Tab. 2. A part of the table including results of the simulation analysis

Krok czasowy (Time Step)	Czas (TIME)	Przemieszczenie względne siłownika (J006_MAGNITUDE, Displacement(rel))
...
390	48,750	72,476
391	48,875	72,726
392	49,000	72,976
393	49,125	73,226
394	49,250	73,476
...



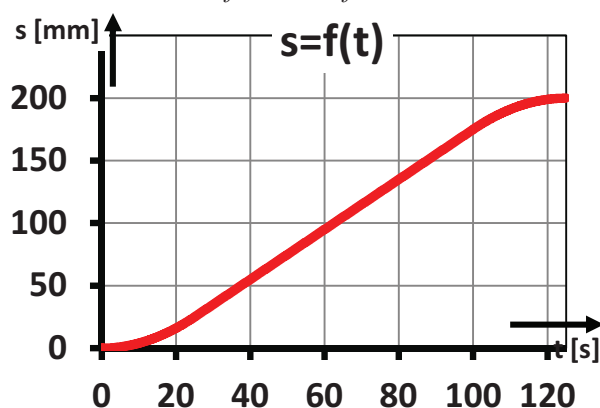
Rys.3. Wykres funkcji przyspieszenia a [mm/s²] siłownika w funkcji czasu

Fig.3. The graph of cylinder acceleration a [mm/s²] as a function of time



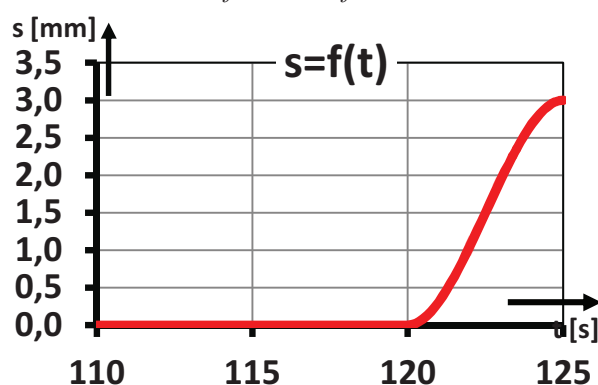
Rys.4. Wykres funkcji prędkości v [mm/s] siłownika w funkcji czasu

Fig.4. The graph of cylinder velocity v [mm/s] as a function of time



Rys.5. Wykres funkcji przemieszczenia względnego s [mm] siłownika w funkcji czasu

Fig.5. The graph of cylinder relative displacement s [mm] as a function of time



Rys.6. Wykres funkcji przemieszczenia względnego s [mm] szczęk chwytaka w funkcji czasu

Fig.6. The graph of gripper's jaws relative displacement s [mm] as a function of time

5. Porównanie środowisk CAD

Środowisko NX 7.5 oferuje niewątpliwie przystępny proces przygotowywania symulacji (prowadzi krok po kroku po poszczególnych opcjach), ułatwiając uwzględnienie wielu szczegółów. Umożliwia także importowanie gotowych modeli z katalogów firm i ich dopasowanie, w specjalnie do tego przeznaczonym module Assembly. Zmiany wprowadzone w modelu są uwzględniane w przebiegu przygotowanej wcześniej symulacji (up-to-date results). Zaawansowane menu definiowania relacji zawiera szeroki wybór ich typów. Solver umożliwia generowanie danych i wykresów opisujących poszczególne parametry ruchu członów, czy też wybranych punktów charakterystycznych (Markers). Sam zapis funkcji wizualnie jest dużo prostszy niż w programie OneSpace Designer. Można też przy zapisie, np. równań drogi, wspomagać się wieloma typami funkcji (np. funkcjami z grupy General), które zastępują zaawansowany aparat matematyczny. Wyklucza

to konieczność korzystania z dodatkowego oprogramowania. Dzięki tym udogodnieniom wystarczy wprowadzenie ograniczeń zmiennej przemieszczenia (np. w funkcji STEP), aby program dokonał przyporządkowania zmiennych wartości prędkości i przyspieszenia, dla każdego spośród 1000 kroków symulacji osobno. Istotne jest też, że użytkownik oprogramowania wskazuje na jakiej dokładności obliczeń mu zależy (wiąże się to z czasochłonnością pracy Solvera).

Powyższe cechy wskazują, że program NX 7.5 jest lepiej przystosowany do przygotowywania symulacji ruchu bardzo skomplikowanych mechanizmów, głównie przez zabudowany w programie Solver. Oprogramowanie OneSpace Designer wymaga od użytkownika użycia narzędzia wspomagającego obliczenia, co więcej, przy użyciu wielu parametrów definiujących ruch, zapis przebiegu takiej symulacji w postaci funkcji jest w nim trudniejszy.

6. Podsumowanie

Przygotowanie symulacji ruchu mechanizmów w środowiskach CAD wymaga od użytkownika właściwego doboru oprogramowania. Jest on uzależniony od stopnia skomplikowania modelowanego mechanizmu i wzajemnych relacji pomiędzy jego elementami. Każda symulacja jest budowana od podstaw w oparciu o aparat matematyczny uwzględniający zależności fizyczne. Stąd program, wykonujący obliczenia z zadaną dokładnością, wbudowany w oprogramowanie komputerowego wspomaganie projektowania jest niezbędny przy wykonywaniu zaawansowanych modeli.

Literatura

1. Bucior A.: Symulacja działania manipulatora w programie CAD z wykorzystaniem równań drogi. „Zeszyty Naukowe Katedry Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania” 2003, z. 4, s. 109-114.
2. Baier A., Majzner M.: Symulacja ruchu mechanizmów, część I. „Projektowanie i konstrukcje inżynierskie” 2011, 1/2 (40/41), s. 48-53.
3. Firma Siemens: NX 7.5 Documentation, 2011.
4. Elektroniczny katalog firmy Festo oraz dokumentacja elektroniczna poszczególnych części, pobrana ze strony www.festo.com.

THE COMPARISON OF PREPARING METHOD OF A MANIPULATOR FUNCTIONING SIMULATION IN DIFFERENT CAD ENVIRONMENTS

Summary: The article describes the process of preparing the three-dimensional simulation of manipulator functioning (as an element of the virtual packing stand) in NX 7.5 program and its Motion Simulation module. The simulation was performed on a basis of data and calculations from a publication which includes a description of an analogous simulation in program OneSpace Designer. Apart from the used software, there were also presented capabilities of the Solver built-up in programme (RecurDyn). As a result, the comparison of above CAD environments was done.