

# Aplikacja modułu Motion Simulation systemu NX9 w konstruowaniu elementów układu kinematycznego obrabiarek

The application of NX9 system's Motion Simulation module in constructing elements of the cutting machines kinematic scheme

JAN BUREK  
JAROSŁAW BUK  
MARCIN PŁODZIEN  
PAWEŁ SUŁKOWICZ  
MARCIN SAŁATA \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.1>

W artykule przedstawiono metodę wizualizacji 3D oraz symulacji pracy układu kinematycznego obrabiarki skrawającej (na przykładzie frezarki konwencjonalnej) w programie NX 9 z wykorzystaniem modułu Motion Simulation. Charakterystyki wybranych parametrów wyznaczono z zastosowaniem solveira RecurDyn.

**SŁOWA KLUCZOWE:** symulacja ruchu, NX 9, RecurDyn, układ kinematyczny

*The article presents a method of 3D visualization and motion simulation of cutting machine's kinematic scheme, at example of conventional milling machine by using NX 9 system's Motion Simulation module. Characteristics of chosen parameters were determined by solver RecurDyn.*

**KEYWORDS:** motion simulation, NX 9, RecurDyn, kinematics system

Jedną z możliwości systemów CAD jest tworzenie złożeń brył trójwymiarowych, będących wizualizacją ruchomych układów mechanicznych maszyn i urządzeń, na podstawie których możliwe jest generowanie charakterystyk parametrów wybranych par kinematycznych złożeń [1, 2, 3].

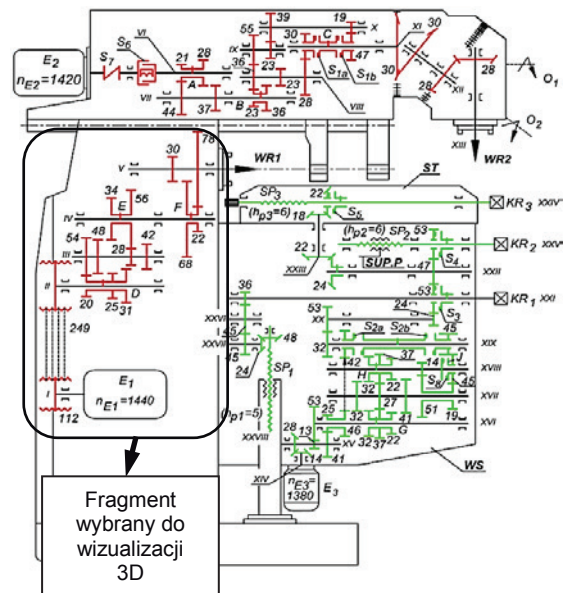
Do maszyn o rozbudowanym układzie kinematycznym zaliczają się m.in. konwencjonalne obrabiarki skrawające. Założenia konstrukcyjne obrabiarek dotyczą zarówno względów ekonomicznych produkcji, jak największej liczby wyrobów oraz niezawodności samej obrabiarki. Do spełnienia tych kryteriów konieczne są: właściwa eksploatacja maszyny, a przede wszystkim odpowiednie zaprojektowanie poszczególnych elementów i modułów, które w złożeniu zapewniają spełnienie wymagań współczesnego procesu produkcji [4].

Celem pracy było przedstawienie możliwości modelowania złożeń rozbudowanych układów kinematycznych oraz generowanie charakterystyk wybranych parametrów z użyciem modułu Motion Simulation oraz solveira RecurDyn, zaimplementowanych w systemie NX 9.

## Założenia wstępne

Przedmiotem analiz był układ kinematyczny konwencjonalnej frezarki wspornikowej (rys. 1). Składał się on z trzech

mniejszych układów, z których do zamodelowania złożenia wybrano układ napędowy wrzeciona poziomego.



Rys. 1. Układ kinematyczny konwencjonalnej frezarki wspornikowej UFM3Plus w formie schematu 2D

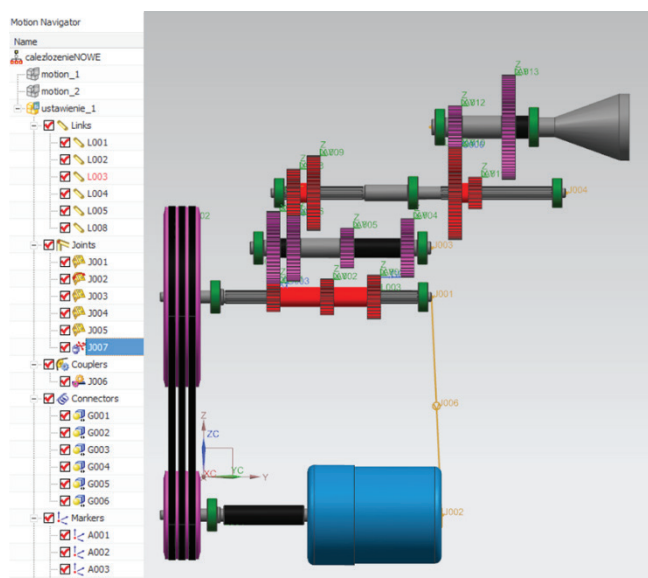
Wybrany fragment układu kinematycznego składał się z: silnika napędu wrzeciona, przekładni pasowej, sześciu kół zębatych osadzonych na stałe oraz trójki przesuwnej i dwóch dwójek przesuwnych. Modele kół zębatych, a także samych zarysów ewolwentowych zębów, generowano parametrycznie w systemie NX 9 [5].

## Przygotowanie symulacji

Złożenia do symulacji przygotowano w module Motion Simulation. Wszystkie bryły realizujące ten sam ruch są grupowane w człony za pomocą funkcji *Link*. Następnie określa się charakter pracy członów za pomocą funkcji *Joint*. Do zdefiniowania oddziaływania między współpracującymi kołami zębatymi służą funkcje złożone zgrupowane w menu *Couplers* lub funkcje typu połączenia, znajdujące się w menu *Connectors* [3, 6]. Funkcje *Couplers* pozwalają definiować współpracę na zasadzie wymuszonej relacji, np. definiując przełożenie dwóch kół zębatych. Dla tego przypadku nie jest wymagana właściwa geometria uzębienia koła. Funkcja *3D Contact*, należąca do grupy funkcji *Connectors*, wykorzystuje geometrię oraz mate-

\* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRZ (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Jarosław Buk (jbuk@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Płodzień (plodzien@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl), mgr inż. Paweł Sułkowicz (sulkowicz@prz.edu.pl) – Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

riał współpracujących elementów, na podstawie których samoczynnie dobiera wartość współczynnika tarcia, np. między powierzchniami bocznymi zębów pozostających w styku. Tak zdefiniowane przełożenie pozwala przekazać ruch na kolejny człon złożenia, bazując na kontakcie z członem wcześniejszym. Dla tego przypadku poprawność zamodelowania zarysu ewolwentowego zęba jest istotna. Dodatkowo ruch elementów przesuwnych zdefiniowano za pomocą funkcji *Cylindrical*, odbierając cztery stopnie swobody (pozostawiając przesuw i obrót). Zaprogramowaną symulację przedstawiono na rys. 2.

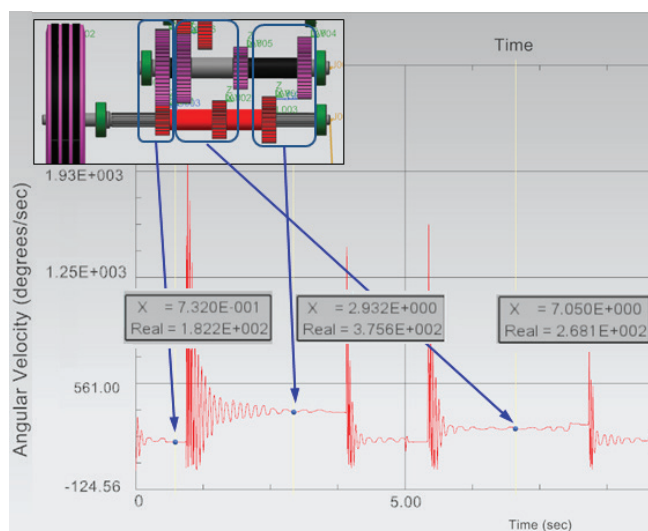


Rys. 2. Zbiór zadeklarowanych funkcji oraz widok układu kinematycznego przygotowanego do symulacji

Czas symulacji wyniósł 15 s. Liczbę kroków, która istotnie wpływa na dokładność obliczeń solvera, przyjęto jako 1000. Zadeklarowana prędkość obrotowa silnika była zgodna z rzeczywistymi wielkościami charakterystycznymi obrabiarki i wyniosła  $n = 1440$  obr/min.

## Wyniki symulacji

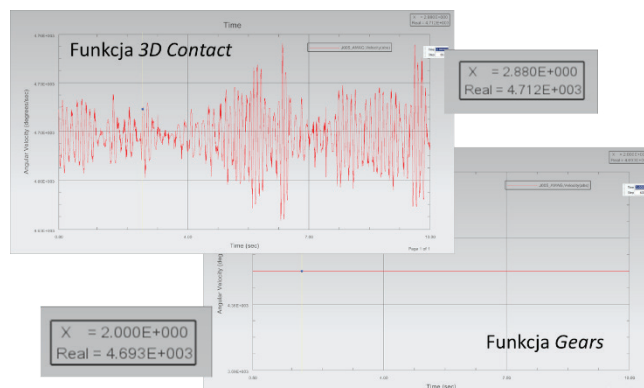
Wyniki symulacji przedstawiono na przykładzie wykresu prędkości kątowej w funkcji czasu (rys. 3).



Rys. 3. Wykres prędkości kątowej trzech przełożeń dla symulacji *3D Contact*

Znaczne oscylacje w początkowej fazie współpracy kół wynikają z ruchu układu w trakcie zazębienia. Uwagę zwraca charakter wykresu w momentach stabilnej pracy przekładni, z których można odczytać chwile zazębienia i wyzębienia kolejnych zębów koła. Moduł umożliwia odczyt rzeczywistej prędkości kątowej dla każdego momentu pracy przekładni.

Porównano również wykresy prędkości kątowej (rys. 4) dla symulacji *3D Contact* bazującej na kontaktach między uzębieniem współpracujących kół oraz symulacji *Gears*, należącej do grupy funkcji *Couplers* i wykorzystującej deklarowane przełożenie.



Rys. 4. Porównanie wykresów prędkości kątowej dla symulacji zrealizowanej z wykorzystaniem funkcji *3D Contact* i funkcji *Gears*

Obie funkcje wykorzystane do symulacji pozwoliły uzyskać zbliżone wartości prędkości kątowej – ok. 4700 °/s (783 obr/min). Jednak dla funkcji *3D Contact* prędkość ta zmienia się znacząco od wartości średniej, co wynika z kontaktowego charakteru symulacji ruchu.

## Podsumowanie

Przedstawienie układu kinematycznego w formie wizualizacji 3D pozwala użytkownikowi na bieżącą weryfikację modelowanego układu, a także na aktualizację i modyfikację oraz analizę pod kątem poprawności ruchu całego mechanizmu. Rozbudowane możliwości definiowania relacji między członami złożenia oraz rodzaju współpracy pozwalają na maksymalne wykorzystanie zdolności konstruktorskich użytkownika, a także na skrócenie czasu i obniżenie kosztów projektowania dzięki wczesnemu wykrywaniu błędów (już na etapie modelowania). Możliwość generowania – na podstawie symulacji uwzględniającej tarcie oraz wykorzystującej oddziaływanie między uzębieniem kół – charakterystyk takich parametrów, jak siła, moment czy prędkość kątowa pozwala zarejestrować zmiany tych parametrów w momencie zazębienia i wyzębienia kolejnych zębów.

## LITERATURA

- Baier A., Marek M. „Porównanie sposobu przygotowania symulacji działania manipulatora w różnych środowiskach CAD”. *Wybrane Problemy Inżynierskie*. 2 (2011): s. 249–254.
- Baier A., Jamrozik K., Majzner M. „Analiza ruchu wagonu kolejowego po torze krzywoliniowym”. *Zeszyty Naukowe WSOWL*. 4, 158 (2010): s. 15–28.
- Baier A., Majzner M. „Symulacja ruchu mechanizmów, część I”. *Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie*. 1/2 (2011): s. 48–53.
- Oczko K.E. „Rozwój obrabiarek skrawających – przykłady nowych konstrukcji”. *Mechanik*. 12 (2009): s. 967–968.
- Burek J., Gdula M., Płodzień M., Buk J. „Kształtowanie zarysu zęba koła zębatego w programowaniu dialogowym i parametrycznym”. *Mechanik*. 2 (2015): s. 1–14.
- Li Y., Hedlund M., Kjellberg T. „Implementation of kinematic mechanism data exchange based on STEP”. *7th DET 2011, International Conference on Digital Enterprise Technology*, (2011): s. 152–159.