

LINIOWY INTERPOLATOR WIRTUALNEGO MODELU ROBOTA FANUC AM100iB

JERZY ŚWIDER, ADRIAN ZBILSKI

*Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
e-mail: jerzy.swider@politechnika.slaska.pl, adrian.zbilski@politechnika.slaska.pl*

Streszczenie. W artykule opisana została metoda działania interpolatora liniowego wirtualnego modelu robota FANUC AM100iB. Interpolator wchodzi w skład wirtualnego układu sterowania robotem i odpowiada za generowanie współrzędnych punktów opisujących położenia pośrednie między pozycją bieżącą robota i pozycją zadaną. Dzięki temu ruch robota realizowany jest po wzdłuż linii prostej z zadanymi parametrami kinematycznymi.

1. WSTĘP

Aby element roboczy robota (np. chwytak) zmieniał swoje położenie wzdłuż linii prostej, konieczne jest doprowadzenie do wszystkich napędów robota sygnału zadanego położenia wałów silników we właściwym czasie. Do realizacji tego zadania należy zastosować interpolator ruchu liniowego, który odpowiada za generowanie wartości sygnału zadanego wprowadzanego następnie do układu serwonapędów robota [1][2][3][4]. Dodatkowo przemieszczanie elementu roboczego robota w przestrzeni trójwymiarowej musi być realizowane z przyjętymi wartościami kinematycznymi definiowanymi przez programistę. Rozważane są dwa tryby jazdy, w których zmiennymi parametrami kinematycznymi są prędkości maksymalne przejazdu lub czas przejazdu [5].

2. ZASADA DZIAŁANIA INTERPOLATORA

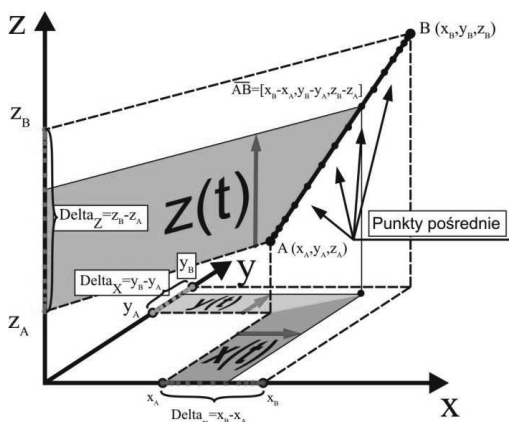
Przejazd elementu roboczego robota po linii prostej składa się z trzech etapów, tj. przyspieszania, ruchu jednostajnego oraz opóźniania rozważanych w przestrzeni 3D. W efekcie pośrednie pozycje pomiędzy punktem początkowym – A i końcowym – B rozmieszczone są nieregularnie (rejestruje się ich położenie w równych odstępach czasu), a ich względne odległości wynikają z zadanych parametrów kinematycznych przejazdu robota. Można to zobrazować jako ruch obiektu obserwowany w świetle lampy stroboskopowej (rys 1). Punkty pośrednie są sygnałem wartości zadanej, który należy uzyskać, aby robot poruszał się po linii prostej z zadanymi parametrami kinematycznymi ruchu, zmieniającymi się w czasie. Punktem tym odpowiadają kolejne położenia sześciu napędów robota, które muszą być uzyskiwane w odpowiednim czasie, aby wypadkową obrotów wszystkich przegubów był ruch liniowy kiści. Do wyznaczenia współrzędnych punktów pośrednich zastosowano system SGP, służący do efektywnego definiowania ciągłego sygnału zadanego położenia, zawierającego informacje o wszystkich parametrach

kinematycznych ruchu. Aby jednak możliwe było zrealizowanie ruchu robota po zadanej trajektorii w postaci linii prostej, wyznaczone współrzędne punktów pośrednich przekształcane są do współrzędnych naturalnych robota obliczonych za pomocą odwrotnego zadania kinematyki [6]. Wartości współrzędnych punktów pośrednich w globalnym układzie współrzędnych są rzutami tych punktów na osie x , y oraz z (rys. 1) i wyznaczone są z następujących zależności:

$$x(t) = x_A + \frac{\Delta x}{|\overline{AB}|} \cdot \text{Distance3D}(t) \quad (1)$$

$$y(t) = y_A + \frac{\Delta y}{|\overline{AB}|} \cdot \text{Distance3D}(t) \quad (2)$$

$$z(t) = z_A + \frac{\Delta z}{|\overline{AB}|} \cdot \text{Distance3D}(t) \quad (3)$$



Rys. 15. Zasada działania interpolatora liniowego

Zasada działania interpolatora opiera się na fakcie, że całkowita droga przebyta w przestrzeni trójwymiarowej $|\overline{AB}|$ rozkłada się na drogi przebyte wzdłuż osi układu współrzędnych. Dlatego równania (1), (2) oraz (3) wynikają z przyjętej metody wyznaczania rzutów punktów pośrednich na osie x , y oraz z . Według tej zasady poszczególne przemieszczenia w elementarnych jednostkach czasu wzdłuż kolejnych osi wynikają z udziału procentowego składowych x , y , z w całkowitej drodze $|\overline{AB}|$. Wartość procentowego udziału danej składowej jest stosunkiem z góry znanego przemieszczenia Δ wzdłuż właściwej osi oraz całkowitego przemieszczenia w przestrzeni trójwymiarowej $|\overline{AB}|$ (rys. 1). Kolejne przemieszczenia Δ wzdłuż osi układu współrzędnych wyznaczone są z następujących zależności:

$$\Delta x = x_B - x_A \quad (4)$$

$$\Delta y = y_B - y_A \quad (5)$$

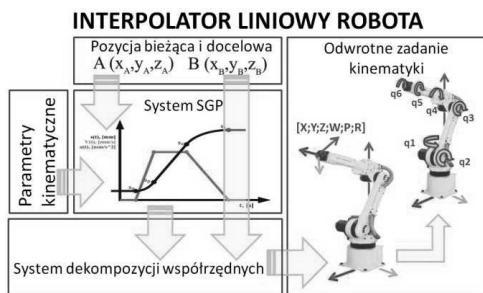
$$\Delta z = z_B - z_A \quad (6)$$

Następnie wyznaczana jest droga zrealizowana wzdłuż właściwej składowej po czasie t jako iloczyn całkowitej drogi przebytej w tym czasie w przestrzeni trójwymiarowej $\text{Distance3D}(t)$ i procentowego udziału danej składowej. Dzięki temu rozwiązaniu każde

elementarne przemieszczenie w przestrzeni 3D, odmierzane relatywnie, rozkładane jest na elementarne relatywne przemieszczenia na kolejnych osiach układu współrzędnych. W ten sposób wyznaczone współrzędne globalne $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ są następnie przetwarzane na współrzędne naturalne robota. Wartość całkowitego przemieszczenia w przestrzeni trójwymiarowej $|\overline{AB}|$ wyznaczana jest z zależności:

$$|\overline{AB}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2} \quad (7)$$

Wszystkie operacje wyznaczania współrzędnych punktów pośrednich realizowane są przez podsystem nazwany systemem dekompozycji współrzędnych. Ostatnim elementem jest metoda wprowadzania parametrów kinematycznych ruchu elementu roboczego robota podczas jazdy wzdłuż zadanej trajektorii. Za tę część odpowiada parametr $Distance3D(t)$, który określa relatywną drogę przebytą w przestrzeni trójwymiarowej w każdej chwili czasowej t . Parametr $Distance3D(t)$ wyznaczany jest za pomocą systemu SGP, poprzez który wprowadzane są wymagane parametry kinematyczne przejazdu robota wzdłuż zadanej trajektorii. Konsekwentnie, tak jak tego wymaga system SGP, do wyznaczenia parametru $Distance3D(t)$ wymagane jest podanie wszystkich koniecznych danych w zależności od wybranego w systemie SGP trybu jazdy. Najważniejszymi danymi są wartości współrzędnych pozycji bieżącej robota i współrzędnych pozycji docelowej. Na tej podstawie wyznaczana jest całkowita droga konieczna do przebycia w przestrzeni 3D, wprowadzana następnie do systemu SGP jako wartość pozycji zadanej.

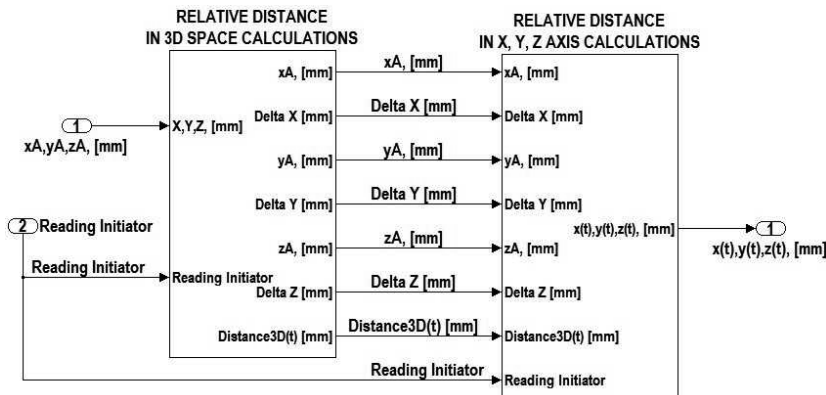


Ponieważ pozycje robota zawsze odmierzane są relatywnie, dlatego wartość pozycji bieżącej ustawiona jest na sztywno jako zero. Następnie system wylicza precyzyjny kształt S-Funkcji będący przebiegiem absolutnej przebytej drogi w czasie. Profil ten bezpośrednio reprezentuje sposób poruszania się elementu roboczego robota w przestrzeni trójwymiarowej z wymaganymi parametrami kinematycznymi, związanymi z procesem technologicznym. Jednak do dalszych obliczeń stosowane są profile położenia, które kolejno przetwarzane są na współrzędne absolutne, a następnie na współrzędne naturalne robota i dopiero po tych operacjach wyznaczane są profile prędkości kolejnych napędów.

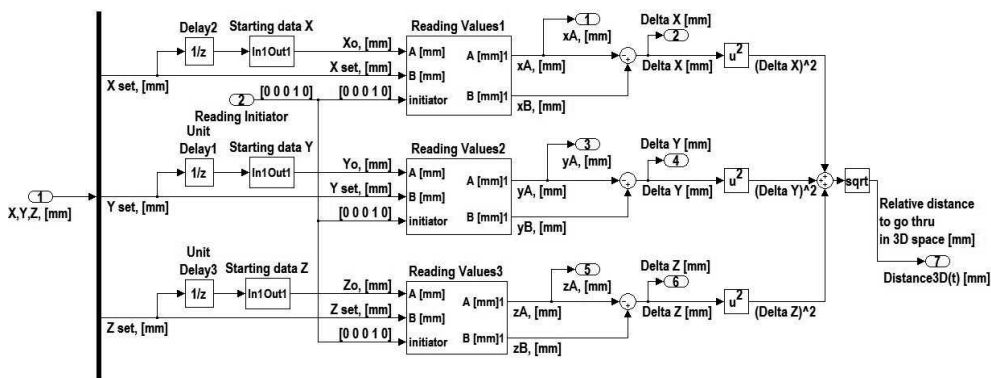
3. WERYFIKACJA POPRAWNOŚCI DZIAŁANIA INTERPOLATORA

3.1. Model blokowy interpolatora

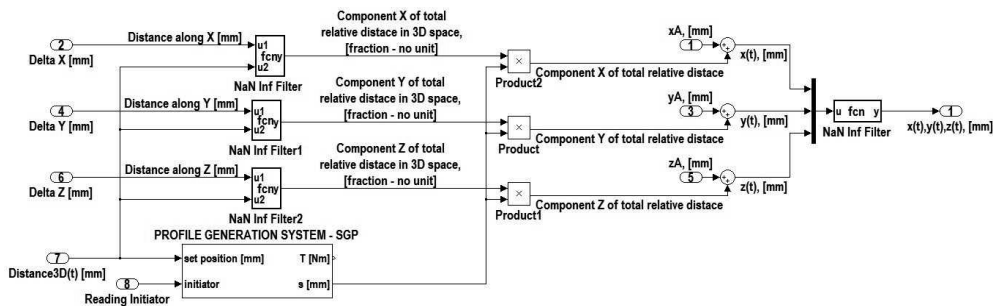
W celu weryfikacji opracowanej koncepcji wykonany został w programie Simulink z pakietem SimMechanics model blokowy interpolatora liniowego robota o sześciu stopniach swobody.



Rys. 17. Model blokowy interpolatora liniowego



Rys. 18. Model blokowy podsystemu RELATIVE DISTANCE IN 3D SPACE CALCULATIONS

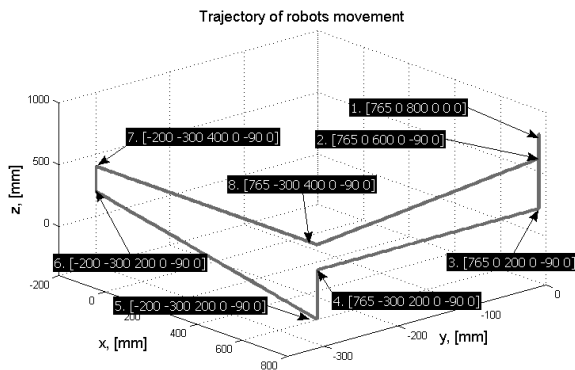


Rys. 19. Model blokowy podsystemu RELATIVE DISTANCE IN X, Y, Z AXIS CALCULATIONS

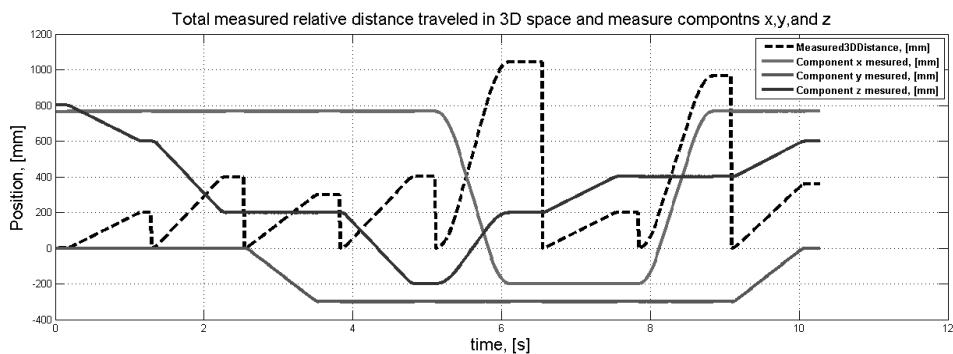
W pierwszym etapie – RELATIVE DISTANCE IN 3D SPACE CALCULATIONS (rys. 4) wykonywane są obliczenia relatywnej drogi w przestrzeni 3D o jaką musi przemieścić się robot, natomiast w drugim etapie – RELATIVE DISTANCE IN X, Y, Z AXIS CALCULATIONS (rys. 5) wykonywane są obliczenia procentowego udziału poszczególnych składowych w całkowitym ruchu oraz punkty pośrednie na kolejnych osiach układu współrzędnych.

3.2. Symulacje ruchu robota

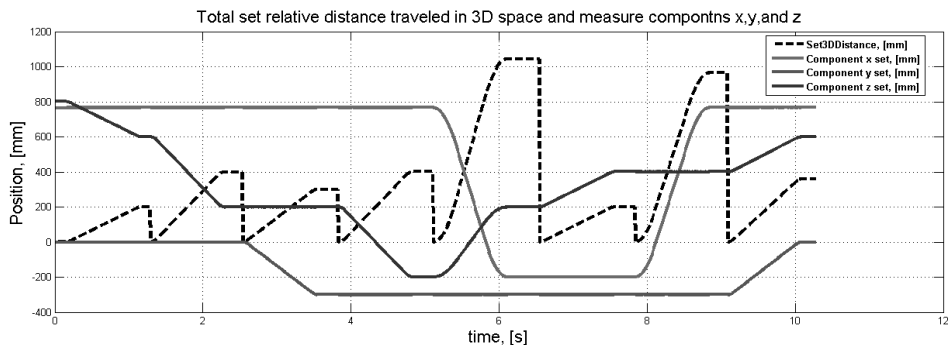
Symulacja polegała na manualnym wprowadzaniu kolejnych wektorów ze współrzędnymi punktów docelowych, do których dotrzeć miał robot. Podczas symulacji mierzone były wartości parametrów kinematycznych wszystkich przegubów za pomocą wirtualnych przyrządów pomiarowych. Do ostatniego członu robota wpięty został wirtualny system pomiaru absolutnego położenia obiektu w przestrzeni trójwymiarowej. Wyniki kolejnych symulacji przedstawiają rysunki od 6 do 9. Wprowadzane do systemu sterowania kolejne docelowe punkty pozycji robota oraz zmierzone trajektorie zawiera rys. 6.



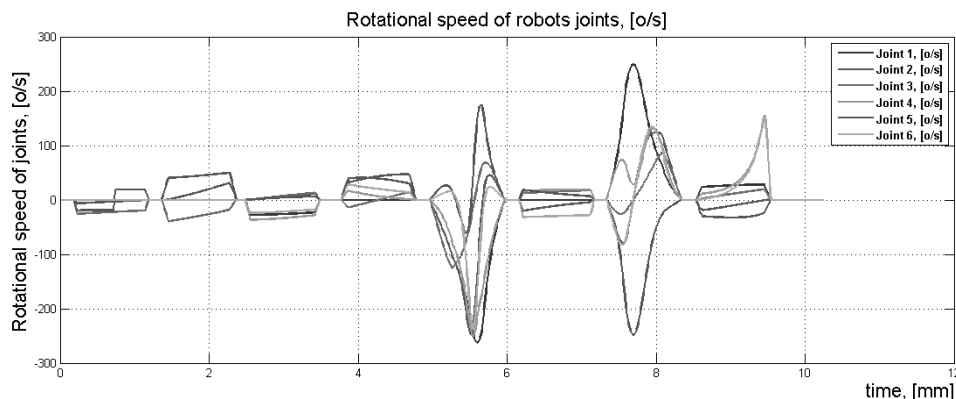
Rys. 20. Zmierzone wirtualnym przyrządem pomiarowym trajektorie po których poruszał się wirtualny robot oraz zadane punkty docelowej pozycji robota



Rys. 21. Całkowita droga zadana oraz jej składowe x, y, z



Rys. 22. Całkowita droga zmierzona oraz jej składowe x, y, z



Rys. 23. Zmierzone profile prędkości obrotowej sześciu napędów odpowiadające zadanym w przestrzeni 3D profilom jazdy kiści robota

Rys. 6 przedstawia zmierzone wirtualnym przyrządem pomiarowym trajektorie, po których poruszał się wirtualny robot. Ich układ wynika z kolejności odczytywania z pamięci robota zestawów współrzędnych globalnych kolejnych punktów docelowych. Każdej linii odpowiada konkretny profil jazdy – zadany profil prędkości, z jaką musiała poruszać się kiść robota w przestrzeni 3D. Całkowitą zadaną do przebycia w przestrzeni trójwymiarowej drogę oraz odpowiadające jej składowe x , y , z i jednocześnie profile jazdy przedstawia rys. 7. Profile prędkości to pochodne profili drogi, czyli zawsze precyzyjnie obliczonych S-Funkcji. Całkowitą zmierzoną wirtualnym przyrządem pomiarowym relatywną drogę przebytą rzeczywiście przez kiść robota oraz jej składowe x , y , z przedstawia rys. 8. Podobnie jak w pierwszym przypadku, profile prędkości są pochodnymi profili zmierzonej drogi. Zrealizowanym trajektoriom odpowiadają konkretne profile prędkości obrotowej sześciu napędów, które przedstawione zostały na rys. 9.

4. PODSUMOWANIE ORAZ WNIOSKI

Przeprowadzone symulacje dowodzą pełnej poprawności działania wirtualnego interpolatora zastosowanego do sterowania ruchem wirtualnego robota o sześciu stopniach swobody. Uzyskane profile drogi relatywnej oraz jej składowe idealnie pokrywają się z profilami zadanej drogi i jej składowymi. Oznacza to, że kiść wirtualnego robota porusza się zgodnie z zadanymi parametrami ruchu. Także uzyskane trajektorie ruchu kiści są liniami prostymi, łączącymi punkty docelowe, do których dotrzeć ma robot. Dzięki interpolatorowi możliwe jest realizowanie symulacji przejazdów robota po zaprogramowanych trajektoriach z zadanymi parametrami kinematycznymi. W dalszej pracy interpolator zostanie wyposażony w podsystemy sterowania rotacjami, tak aby możliwe było generowanie pełnego sześciociekowego wektora danych z informacjami o położeniu i rotacji kiści.

LITERATURA

1. FH Darmstad: Introduction to robotics module: Trajectory generation and robot programming. <http://www.easy-rob.com/uploads/media/LectureRobotics.pdf>
2. Craig J.J.: Introduction to robotics: mechanics and control (3rd edition). Massachusetts: Addison-Wesley, 2005.

3. Nio S., Sato S., Nobayashi S., Hamashima T.: Industrial articulated robot linear interpolator control device. United States Patent number 4,528,632. 07.09.1985
4. Newman G.H., McLafferty S.S.: System for performing linear interpolation. United States Patent number 5,175,701. 29.12.1992
5. FANUC: podręcznik operatora B-82594PL-2/01. 2007
6. Świder J., Zbilski A.: Wektorowo-punktowa metoda rozwiązywania odwrotnego zadania kinematyki robota FANUC AM100iB. „Modelowanie Inżynierskie” 2011, nr 42, z. 11, s. 427-432

LINEAR INTERPOLATOR OF FANUC AM100iB ROBOT

Summary. In the paper the operation method of linear interpolator of FANUC AM100iB robot is presented. Interpolator is part of total virtual robot's control system and is responsible for generating point's coordinates which describes intermediate positions between actual position and preset position. Thanks to it, the movement is realized along straight line with preset kinematic parameters.

