

Artur Gan

Politechnika Śląska

STRUKTURA SYSTEMU PROJEKTOWANIA ZROBOTYZOWANYCH STANOWISK ROBOCZYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono system projektowania zrobotyzowanych stanowisk roboczych uwzględniający wybór odpowiedniego robota przemysłowego do realizacji postawionego zadania, kalkulacje ekonomiczne, graficzne projektowanie stanowiska roboczego, symulację działania robota oraz jego programowanie w trybie off-line.

1. Wprowadzenie

Współczesny stan rozwoju techniki wyróżnia się stale wzrastającym dążeniem do optymalizacji metod wytwarzania przez powszechne stosowanie oprogramowania i sprzętu komputerowego do automatyzacji i robotyzacji pracy umysłowej i pracy fizycznej ludzi. Umożliwia to budowę coraz nowocześniejszych zakładów, których podstawą funkcjonowania jest system komputerowo zintegrowanego wytwarzania KZW (ang. CIM - Computer Integrated Manufacturing) [1],[2],[3],[4],[5]. Tak zbudowany system wytwarzania wymaga powszechnego stosowania systemów projektowania CAD/CAM.

Jednym z elementów KZW jest robot przemysłowy. W dziedzinie projektowania CAD zastosowań robotów program symulacyjny, zawierający opis modelu matematycznego wcześniej dobranej robota, testuje zadanie, jakie ma on wykonać. Zadanie jest określane przez zadawanie trajektorii ruchu w przestrzeni roboczej, parametrów obiektu manipulacji, a także przez opis systemu sensorycznego i otoczenia robota. Wynikiem testowania jest określenie rzeczywistego przebiegu trajektorii w funkcji czasu. W rezultacie, już na etapie projektowania zrobotyzowanego stanowiska możliwe jest określenie punktów i obszarów kolizyjnych, czasu wykonywania cyklu roboczego, błędów pozycjonowania itp., optymalizacja obejmująca właściwe ustawienie robota w stosunku do współpracujących z nim maszyn oraz weryfikacja różnych przebiegów procesu w różnych konfiguracjach stanowiska roboczego.

W pracy przedstawiono system projektowania CAD zrobotyzowanych stanowisk roboczych, który umożliwia dla projektowanego procesu wybór robota, obliczenie efektywności ekonomicznej, projektowanie stanowiska roboczego przy użyciu grafiki komputerowej, symulację działania robota na zaprojektowanym stanowisku roboczym oraz jego programowanie w trybie off-line.

2. Struktura systemu

Większość pracujących systemów [2],[6],[7],[8],[9],[10],[11] podchodzi cząstkowo do problemu projektowania zrobotyzowanych stanowisk, ograniczając się tylko do niektórych elementów tego projektowania lub ściśle określonego typu robota. Na uwagę zasługuje jednak fakt powszechnego stosowania w tych systemach interaktywnej grafiki komputerowej.

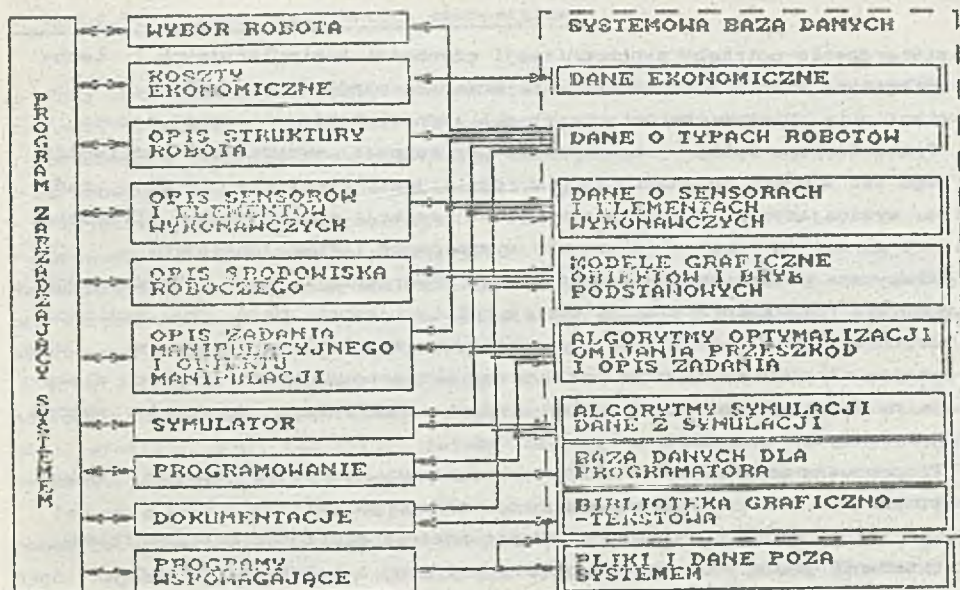
Systemowe projektowanie zrobotyzowanych stanowisk roboczych obejmuje następujące elementy:

- wybór robota na podstawie wymagań manipulacyjnych;
- obliczenie efektywności ekonomicznej robotyzacji danego procesu;
- wybór lub projekty zmian konstrukcyjnych układów sensorycznych i urządzeń współpracujących z robotem;
- projekty nowych układów sensorycznych i urządzeń współpracujących z robotem (dla zapewnienia pełnej realizacji procesu);
- projekt planu przestrzennego usytuowania maszyn i urządzeń współpracujących ze szczególnym uwzględnieniem miejsca ustawienia robota względem tych maszyn i urządzeń;
- optymalizacja procesu manipulacyjnego obejmująca optymalny podział zadań systemu manipulacyjnego na skończoną liczbę elementarnych, powtarzających się cyklicznie kroków, optymalny dobór punktów podporowych z zapewnieniem bezkolizyjności przemieszczeń oraz optymalne ustawienie robota;
- weryfikacja projektowanego zrobotyzowanego stanowiska za pomocą eksperymentu symulacyjnego;
- bezpośrednie programowanie robota związane z integracją procesu projektowania ze sterowaniem w systemach KZW.

Proponowany tutaj system projektowania CAD zrobotyzowanych stanowisk roboczych posiada strukturę hierarchiczną i składa się z głównego programu zarządzającego oraz dziesięciu wykonawczych modułów programowych, które korzystają ze wspólnej bazy danych (rys.1). Do wykonawczych modułów programowych należą:

- moduł wyboru typu robota;
- moduł obliczania efektywności ekonomicznej;
- moduł opisu struktury robota oraz jego parametrów technicznych;
- moduł opisu oczujnikowania i elementów wykonawczych;
- moduł opisu środowiska roboczego;
- moduł opisu zadania manipulacyjnego i obiektu manipulacji;
- moduł symulatora;
- moduł programowania;
- moduł generacji pełnych dokumentacji projektowych;
- moduł programów wspomagających.

W kolejnych rozdziałach zostaną przedstawione kolejne moduły prezentowanego systemu:



Rys.1. Struktura systemu projektowania zrobotyzowanych stanowisk roboczych
 Fig.1. The structure of CAD system of design robot based manufacturing cells

3. Moduł wyboru typu robota

Dla danego procesu manipulacyjnego należy wybrać robota o parametrach kinematycznych, sterowniczych, sensorycznych i energetycznych zgodnych, ale nie przewyższających w niepotrzebnym zakresie odpowiednich wymagań procesu. Zasada ta pozwala na zmniejszenie kosztów inwestycji przedsięwzięcia robotyzacyjnego i kosztu eksploatacji zrobotyzowanego stanowiska. Problem ten jest podejmowany przez wielu autorów, którzy proponują dwa podejścia: rozwiązanie problemu za pomocą systemu ekspertowego [12] lub za pomocą klasycznych metod programowania [13].

Analiza wymagań stawianych robotowi w procesie powinna obejmować:

- identyfikację czynności manipulacyjnych;
- określenie niezbędnej liczby stopni ruchliwości chwytaka lub narzędzia;
- określenie niezbędnego kształtu i parametrów geometrycznych przestrzeni roboczej robota;
- określenie wymaganej dokładności ruchu;
- określenie wymaganych największych prędkości przemieszczeń oraz przyspieszeń lub opóźnień;
- określenie niezbędnego udźwigu;
- określenie sposobu sterowania przemieszczeniami;
- określenie rodzaju i niezbędną liczbę kroków programowych;

- stwierdzenie potrzeby synchronizacji czynności manipulacyjnych i technologicznych robota oraz czynności urządzeń współpracujących;
- określenie wymagań energetycznych dla jednostki kinematycznej robota.

Przedstawione tutaj wymagania nie wyczerpują wszystkich możliwości, z tego też względu dokonanie wyboru robota jest niezwykle trudnym zadaniem, wymagającym uwzględnienia wzajemnej relacji co najmniej kilkudziesięciu parametrów technologicznych, wymiarowych i funkcjonalnych.

Klasyczna metoda programowania wymaga utworzenia wielu różnych reguł wyboru dla rozwiązania zadania wyboru robota, jednak daje ona możliwość utworzenia modułu jednolitego z pozostałymi modułami programowymi. Dużo prostszym narzędziem okazują się systemy ekspertowe, które w sposób dialogowy, na podstawie utworzonej bazy wiedzy, umożliwiają dokonanie wyboru bez potrzeby opracowywania reguł wyboru.

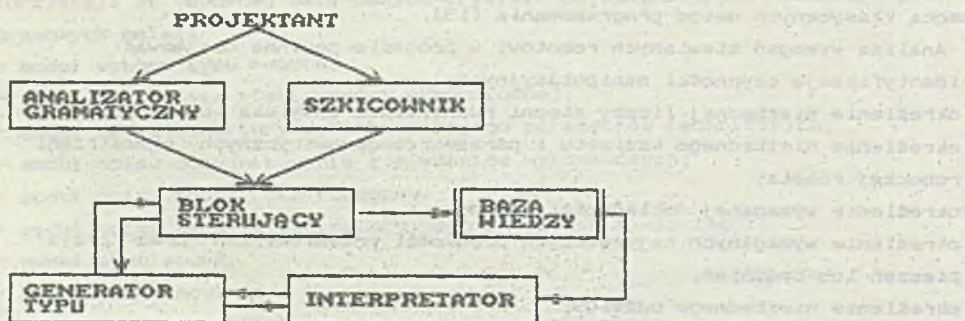
Proponowany moduł wyboru robota, zbudowany w oparciu o system ekspertowy, posiada następujące bloki funkcjonalne (rys. 2):

- analizator gramatyczny służący do prowadzenia dialogu z użytkownikiem;
- szkicownik służący do wizualizacji graficznej i tekstowej wyników;
- generator typu służący do generacji rozwiązań spełniających zadane wymagania lub rozwiązań tylko częściowo od nich odbiegających;
- interpretator - blok obliczający - przeszukujący bazę wiedzy;
- blok sterujący zarządzający wszystkimi pozostałymi blokami modułu.

Tak zbudowany moduł posiada zdolność:

- zadawania pytań w celu uzyskania odpowiedniej informacji od użytkownika;
- wyjaśniania drogi swojego rozumowania;
- uzasadniania otrzymanych konkluzji;
- modyfikowania sposobu wykonywania działań;
- wnioskowania nawet w takich sytuacjach, gdy dostarczana informacja jest nieprecyzyjna, niepewna, a także niekompletna.

Baza wiedzy zawiera tutaj podstawowe informacje o produkowanych typach robotów (parametry techniczne itp.) w postaci reguł i faktów.



Rys. 2. Moduł wyboru typu robota

Fig. 2. Robot type selection module.

4. Moduł obliczania efektywności ekonomicznej.

Przy projektowaniu zrobotyzowanych stanowisk roboczych obliczanie efektywności ekonomicznej prowadzi się na następujących etapach [3]:

- opracowanie techniczno-ekonomicznego uzasadnienia robotyzacji procesu;
- opracowanie zadania i projektu technicznego;
- przyjęcie modelu doświadczalnego;
- wprowadzenie robota do eksploatacji.

Najważniejsze są tu jednak obliczenia efektywności ekonomicznej na dwóch pierwszych etapach. Na wszystkich pozostałych dokonuje się tylko korekty niektórych składników tej efektywności.

Efektywność ekonomiczna robotyzacji jest określana na podstawie relacji pomiędzy poniesionymi nakładami i kosztami użytkowania a uzyskanymi dzięki niej efektami [3],[14],[15]. Jeżeli efekty ekonomiczne przewyższają nakłady, to możemy podjąć decyzję o robotyzacji danego procesu.

Jednym z czynników wpływających na ocenę efektywności ekonomicznej robotyzacji jest rodzaj katalogu składników nakładów i efektów ekonomicznych. Najszerzej opracowany katalog został zaproponowany przez Brodbeck'a [16], następnie uzupełniony i zmodyfikowany przez innych autorów [14]. Katalog ten składa się z trzech części: składników kosztów w produkcji konwencjonalnej i w produkcji zrobotyzowanej oraz składników efektów ekonomicznych produkcji zrobotyzowanej.

Powszechnie stosowanymi kryteriami oceny efektywności ekonomicznej są:

- kryterium oszczędności pracy żywej;
- kryterium oszczędności kosztów wytwarzania;
- kryterium okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych na robotyzację.

Duża liczba kryteriów oceny oraz składników katalogu kosztów i efektów utrudnia dokonanie tej oceny, dlatego też niezbędnym narzędziem do oceny tej efektywności staje się system mikrokomputerowy. Umożliwia on wykonanie szybko niezbędnych obliczeń przy elastycznym doborze wskaźników oceny, a także ponowne obliczenie tej efektywności, np. po skorygowaniu na dalszym etapie projektowania jednego ze składników kosztów lub efektów.

Proponowany moduł obliczania efektywności ekonomicznej powinien posiadać następujące bloki funkcjonalne: blok komunikacyjny (wprowadzanie danych, wizualizacja wyników), blok sterujący (zarządzający wszystkimi blokami funkcjonalnymi) oraz blok obliczający współpracujący z bazą danych zawierającą zestaw różnorodnych kryteriów oceny efektywności oraz różnorodnych składników kosztów i efektów ekonomicznych.

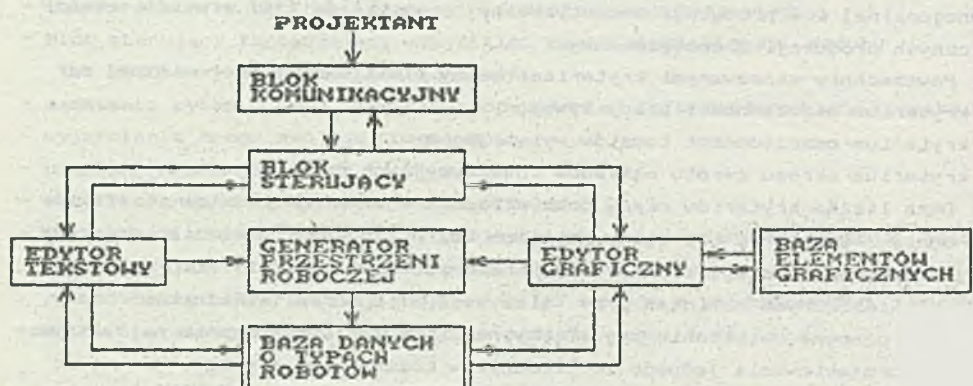
5. Moduł opisu robota

Moduł opisu robota jest modułem służącym do tworzenia lub modyfikacji

bazy danych o różnych typach robotów, zawierającej następujące informacje:

- nazwę robota przemysłowego;
- nazwę i adres producenta robota i cenę jednostkową robota;
- parametry techniczne i rodzaje napędów;
- opis systemu sensorycznego;
- opis systemu manipulacyjnego;
- opis systemu sterowania;
- najczęstsze zastosowania i dodatkowe możliwości robota;
- opis struktury kinematycznej i przestrzeni roboczej robota.

Ze względu na zawartość w tej bazie danych tekstowych informacyjno-technicznych oraz danych przeznaczonych do wizualizacji graficznej, moduł opisu robota musi zawierać dwa niezależne edytory - tekstowy i graficzny - (rys.3). Dane typu tekstowego są wykorzystywane w czasie obliczeń dokonywanych w module wyboru typu robota oraz w module obliczania efektywności ekonomicznej, natomiast dane typu graficznego wykorzystywane są w celu przedstawienia konfiguracji robota, a także jego działania (poprzez animację) na etapie symulacji.

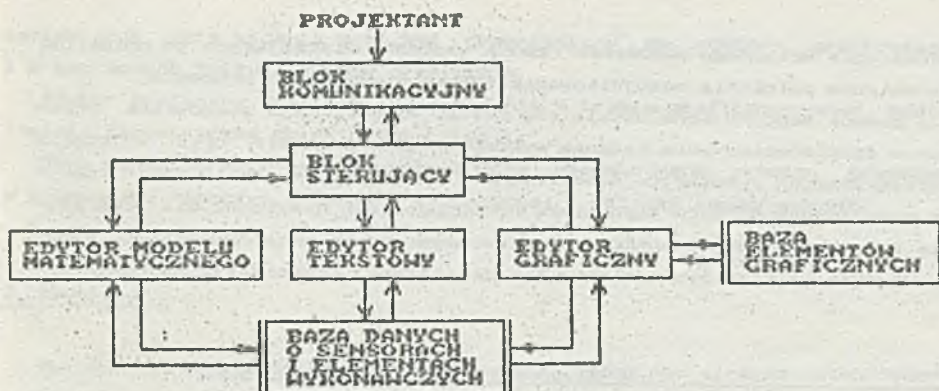


Rys.3. Moduł opisu robota

Fig.3. Robot specification module.

Edytor tekstowy jest edytorem pełnoekranowym, w którym istnieje możliwość poprawiania lub nadawania wartości liczbowych lub tekstowych określonym polom rekordu bazy danych odnoszącego się do wybranego robota.

Edytor graficzny umożliwia utworzenie trójwymiarowego modelu geometrycznego robota poprzez utworzenie modeli graficznych brył określających poszczególne ogniwa robota, a następnie poprzez połączenie tych ogniw robota w jeden łańcuch kinematyczny. Bryły poszczególnych ogniw robota są tworzone za pomocą podstawowych elementów lub brył graficznych (kropka, linia, prostokąt, okrąg, prostopadłościان, walec, kula itp.)



Rys.4. Moduł opisu czujnikowania i elementów wykonawczych

Fig.4. Sensors and end-effectors specification module

6. Moduł opisu czujnikowania i elementów wykonawczych

Moduł opisu czujnikowania lub elementu wykonawczego posiada możliwość przeglądania, wprowadzania lub modyfikowania danych informacyjno-technicznych tych elementów, możliwość modelowania geometrii tych elementów dla ich wizualizacji graficznej oraz opisanie ich działania za pomocą funkcji matematycznych (model matematyczny).

Proponowaną strukturę tego modułu przedstawia rysunek 4. Najważniejszymi blokami tego modułu są edytory: tekstowy (przeglądanie, modyfikacja i wprowadzanie danych technicznych), graficzny (modelowanie geometryczne elementów, jak w module opisu robota) oraz modelu matematycznego. Moduł działa z wykorzystaniem bazy elementów graficznych oraz bazy danych o sensorach i elementach wykonawczych, która powinna zawierać następujące dane:

- nazwę elementu;
- nazwę i adres producenta tego elementu i licznę jednostkowa elementu;
- podstawowe parametry techniczne;
- opis modelu matematycznego;
- opis modelu geometrycznego dla wizualizacji graficznej.

7. Moduł opisu środowiska roboczego

Moduł opisu środowiska roboczego jest wielofunkcyjnym edytorem graficznym, który umożliwia wizualizację organizacji stanowiska roboczego.

Edytor ten jest wyposażony w następujące funkcje:

- modelowanie brył obiektów kolizyjnych i urządzeń współpracujących z robotem i określanie ich położenia w środowisku roboczym;

- określanie wstępnego położenia robota względem otaczających go obiektów;
- określanie położenia oczujnikowania wykorzystywanego w procesie.

Za pomocą tego edytora ustala się postać wizualizacji stanowiska roboczego w czasie opisywania zadania wykonywanego w procesie oraz w czasie przeprowadzanych symulacji. Zobrazowanie struktury kinematycznej robota oraz cech geometrycznych stanowiska roboczego jest niezbędne dla zobrazowania ich wzajemnego stosunku przestrzennego, co po przeprowadzonych symulacjach stanowi podstawową przesłankę ostatecznej organizacji stanowiska.

E. Moduł opisu zadania manipulacyjnego i obiektu manipulacji

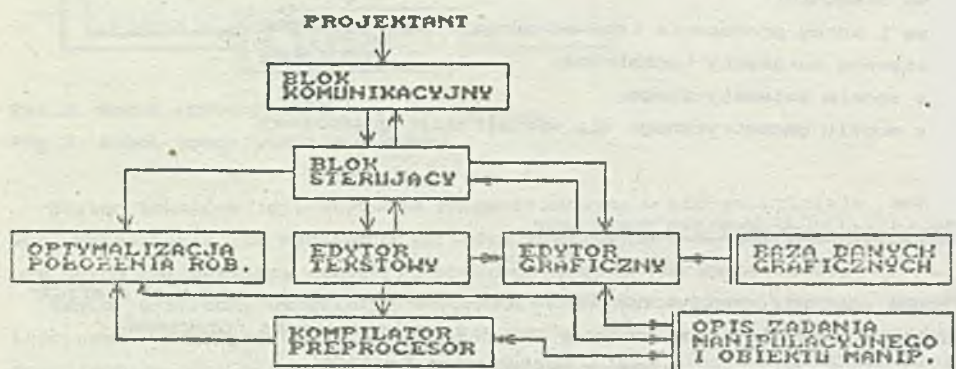
Moduł ten ma umożliwić określenie zadania manipulacyjnego z jego optymalizacją i zapewnieniem bezkolizyjnej realizacji zadania, określenie dokładności wizualizacji środowiska roboczego w czasie opisu zadania, modelowanie geometryczne obiektu manipulacji oraz optymalizowanie położenia robota w środowisku roboczym.

Proponowana struktura tego modułu realizującego powyższe zadania przedstawia rysunek 5.

Edytor tekstowy umożliwia opis zadania w trybie tekstowym poprzez:

- określenie współrzędnych kolejnych punktów podporowych trajektorii;
- określenie dodatkowych parametrów (np. prędkość lub czas przemieszczenia końcówki wykonawczej) dla niektórych segmentów trajektorii;
- określenie czynności manipulacyjnych (postój, otwarcie chwytaka itp.).

Opis jest wykonywany poprzez wybór elementarnych poleceń z menu modułu lub za pomocą programu źródłowego w języku wysokiego poziomu, który wymaga następnie kompilacji do kodu wynikowego oraz ewentualnie transformacji za pomocą preprocesora do uniwersalnego kodu zapisu danych opisu zadania



Pys.5. Moduł opisu zadania manipulacyjnego i obiektu manipulacji

Fig.5. Manipulation task and object specification module

manipulacji. Opis zadania może być przeniesiony do edytora graficznego i w ten sposób zwizualizowany graficznie.

Edytor graficzny umożliwia opis zadania w trybie graficznym, oraz modelowanie geometryczne obiektu manipulacji.

Baza danych graficznych zawiera modele geometryczne robota, urządzeń w środowisku roboczym, końcówki wykonawczej i układów sensorycznych.

9. Symulator

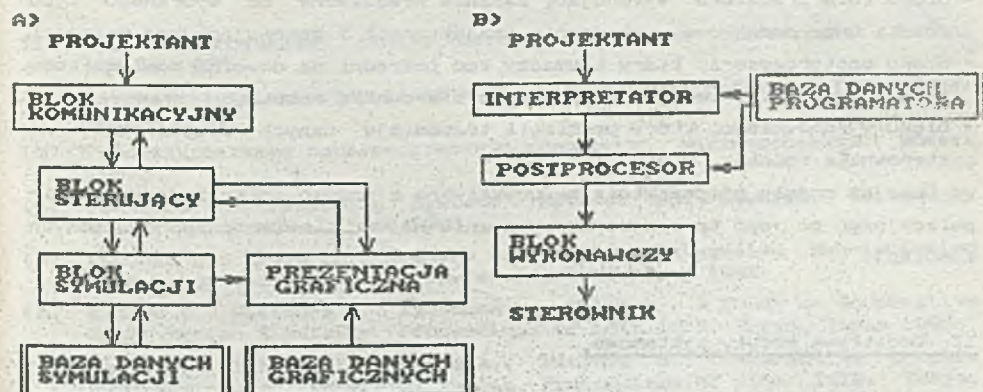
Pełna symulacja działania robota obejmuje [17]:

- obliczenie trajektorii nominalnej (symulacja kinematyki);
- syntezę dynamiki robota (symulacja dynamiki);
- syntezę sterowania robota (lokalnego, globalnego, adaptacyjnego oraz cyfrowego).

W wyniku tak przeprowadzonej symulacji otrzymujemy odchylenia rzeczywistego przebiegu trajektorii od trajektorii nominalnej, rzeczywiste momenty napędowe, rzeczywiste sygnały wejściowe na trajektorii oraz niezbędną moc i energię. Projektant po otrzymaniu tych informacji może przyjąć ostateczne dla projektowanego procesu rozwiązanie zadania sterowania, które w największym stopniu spełnia wymagania systemu manipulacyjnego i sformułowanego zadania.

Na każdym etapie symulacji istnieje możliwość graficznej wizualizacji działania robota na stanowisku roboczym, co ułatwia weryfikację zadania. Dodatkowo istnieje możliwość przedstawienia rezultatów symulacji w postaci wykresów czasowych.

Głównym blokiem funkcjonalnym tego modułu (rys. 6a) jest blok symulacji, który umożliwia realizację następujących działań:



Rys. 6. Moduły A) symulatora i B) programatora.

Fig. 6. A) simulation and B) programming modules.

- symulację kinematyki - obliczanie trajektorii nominalnej poprzez aproksymację lub interpolację zadanych punktów podporowych z transformacją współrzędnych kartezjańskich na współrzędne naturalne robota;
- symulację dynamiki - obliczanie odchyłki od trajektorii nominalnej przy uwzględnieniu parametrów dynamicznych robota i obiektu manipulacji oraz obliczanie wymaganych momentów napędowych oraz energii i mocy;
- syntezę sterowania lokalnego, globalnego, adaptacyjnego i cyfrowego -
- obliczanie współczynników wzmocnienia lokalnych, globalnych i adaptacyjnych sprzężeń zwrotnych, analiza stabilności dla modelu zlinearyzowanego i nieliniowego.

Blok prezentacji graficznej składa się z dwóch części: animacyjnej i wykresowej. Część wykresowa służy do prezentacji w postaci wykresów interesujących nas przebiegów, takich jak odchyłki od trajektorii nominalnej, momenty napędowe itp., natomiast część animacyjna służy do animacji modelu geometrycznego robota dla analizy wizualnej jego działania.

Baza danych graficznych zawiera tutaj wszystkie niezbędne modele brył przeznaczone do wizualizacji robota i środowiska roboczego pozyskane za pomocą wszystkich wcześniej opisanych edytorów graficznych. Baza danych symulacji zawiera wszystkie niezbędne dane wraz z opisem robota i zadania manipulacyjnego oraz wyniki symulacji, a także różne algorytmy symulacji.

10. Programator

Moduł programowania ma umożliwić bezpośrednie programowanie robota do wykonywania postawionego zadania [2],[7],[9],[11]. Biorąc pod uwagę, że moduł ten współpracuje z innymi modułami systemu, jego postać można ograniczyć do trzech podstawowych modułów funkcjonalnych (rys. 6b):

- bloku interpretatora wykonujący zadania niezależne od wybranego typu robota (np. dodatkowe wygładzanie trajektorii) i generujący kod pośredni,
- bloku postprocesora, który tłumaczy kod pośredni na dowolną postać kodu wynikowego uzależnioną od stosowanego sterownika robota;
- bloku wykonawczego, który umożliwia transmisję danych bezpośrednio do sterownika robota.

Dane do modułu programatora są uzyskiwane z modułu opisu zadania manipulacyjnego po jego uprzednim skorygowaniu na podstawie przeprowadzonych symulacji.

11. Dodatkowe moduły systemowe

Do dodatkowych modułów systemowych należy tutaj zaliczyć przede wszystkim moduł generacji pełnych dokumentacji technicznych oraz moduł

programów wspomagających.

Moduł generacji dokumentacji technicznych służy do tworzenia dokumentów tekstowych i graficznych, które w pełni opisują proces projektowy. Dokumentacja taka powinna być tworzona w oparciu o normy krajowe lub międzynarodowe. Proponowana tutaj norma Architektura Dokumentów Biurowych (CODA - Office Document Architecture) bazuje na hierarchicznej budowie dokumentów z przedmiotowo zorientowanym punktem widzenia [19]. Dokumenty są opisane kategoriami o strukturze drzewa z obiektami odpowiadającymi węzłom tego drzewa.

Moduł programów wspomagających zawiera między innymi takie programy i funkcje, jak: edytor parametrów systemowych, operacje dyskowe, kalkulator do prostych, pomocniczych obliczeń matematycznych itp.

12. Podsumowanie

Przedstawiona tutaj struktura systemu projektowania zrobotyzowanych stanowisk roboczych jest jedną spośród wielu propozycji takich systemów już pracujących lub opracowywanych w różnych ośrodkach badawczych. W opisanym systemie wzięto pod uwagę kompleksowe podejście do procesu projektowania zrobotyzowanych stanowisk roboczych. System ten obejmuje wszystkie elementy tego procesu projektowania, tzn.: wybór robota, obliczenia efektywności ekonomicznej, optymalizację i symulację procesu manipulacyjnego oraz bezpośrednio programowanie robota.

Prace nad takim systemem są prowadzone w Zakładzie Robotyki i Automatyzacji Procesów Dyskretnych Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej.

LITERATURA

- [1] Проблемы создания гибких автоматизированных производств. НАУКА, Москва 1987.
- [2] Автоматизация проектирования и программирования роботов и ГПС. НАУКА, Москва 1985.
- [3] Роботизированные производственные комплексы. Машиностроение, Москва 1987.
- [4] Flexible Manufacturing Systems: Methods and Studies. Edited by Kusiak A., North-Holland 1986.
- [5] Rembold U., Blume Ch., Dilmann R.: Computer-Integrated Manufacturing Technology and Systems. M. Dekker Inc., New York 1985.
- [6] Kakazu Y., Nakamura H., Kamimura M., Okino N.: A Study on Cooperative Robot Motion Simulator. Proceedings of 15th ISIR, Tokyo, Japan 1985.
- [7] Kawabe S., Ishikawa H., Okano A., Matsuka H.: Interactive Graphic Programming For Industrial Robots. Proceedings of 15th ISIR, Tokyo, Japan 1985.
- [8] Matoba H., Mohri S., Kogawa T.: Robot Programming System Using Interactive Graphics. Proceedings of 15th ISIR, Tokyo, Japan 1985.

- [9] Computing Techniques For Robots. Edited by Alexander I., Kogan Page 1985.
- [10] Программное обеспечение промышленных роботов. НАУКА, Москва 1986.
- [11] Warczyński J., Woźniak A.: Zastosowanie grafiki komputerowej w procesie robotyzacji gniazda obróbczego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Automatyka, z. 96, Gliwice 1988.
- [12] Erdman A.G., Thompson J., Riley D.R.: Type selection of Robot and Gripper Kinematic Topology Using Expert Systems. in: Kinematics of Robot Manipulators. Edited by J.M. McCarthy, MIT Press Cambridge, Massachusetts 1987.
- [13] Scheinman V., Bernard R.: On the Optimal Selection and Placement of Manipulators. Fifth CISM-IFTOMM Symposium, Udine, Italy 1984.
- [14] Manipulatory i roboty przemysłowe. Pod red. M. Olszewskiego, WNT, Warszawa 1985.
- [15] Robotic Assembly. Edited by K. Rathmill, Springer-Verlag, Berlin 1985.
- [16] Brodbeck B.: Wirtschaftlichkeit bei der Automatisierung der Handhabung am Beispiel eines Industrieroboter - Einsatzes. MHT 1976 nr 3.
- [17] Vukobratović M., Stokić D., Kirčanski N.: Non-adaptive and Adaptive Control of Manipulation Robots. Springer-Verlag, Berlin 1985.
- [18] Jun-shi C., Qing-xian X.: Computer Simulation and 2-Dimensional Display of Manipulator. Proceedings of 15th ISIR, Tokyo, Japan 1985.
- [19] Techniques for Computer Graphics. Edited by Rogers D.F. and Earnshaw R.A., Springer-Verlag, Berlin 1987.

Recenzent: Prof. dr h.c. J. Cyklis

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

THE STRUCTURE OF CAD SYSTEM FOR DESIGNING ROBOT BASED MANUFACTURING CELLS

Summary

The problem of designing robot based manufacturing cells is presented. The structure of graphics design system is described. This system consists of some program modules and system data base. It is intended for robot type selection, cost analysis, robot motion simulation, and off-line robot programming.

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЯЧЕЙКИ

Резюме

В статье представлена проблема проектирования роботизированной обрабатывающей ячейки. Показана организация графической системы проектирования, которая состоит из нескольких программных модулей и системной базы данных. Система предназначена для: подбора промышленного робота отвечающего требованиям, расчета экономической эффективности его применения, симуляции действия, и программирования робота в режиме непрямої обработки данных.