

Józef CHMIEL, Jerzy CYKLIS, Wiesław PIERZCHAŁA, Jarosław ZYCH

Politechnika Krakowska

WERYFIKACJA STOSOWALNOŚCI MACIERZOWEGO MODELU ESP DO STEROWANIA SYSTEMEM W CZASIE RZECZYWISTYM

Streszczenie: Rozważano pytanie, czy model macierzowy ESP (*MM*), opracowany dla symulacji systemu, może być również wykorzystany do jego sterowania. Opracowano dwa systemy posiadające komputer nadrzędny wyposażony w oprogramowanie oparte na *MM*. Pierwszy z nich to system edukacyjny złożony z minitokarek EMCO. Drugi system został zbudowany na bazie polskiego systemu CP TOR1 z wykorzystaniem najnowszych sterowników i sieci SINEC L2 firmy Siemens.

USEABILITY TESTING OF FMS MATRIX MODEL FOR THE CONTROL OF REAL TIME SYSTEM

Summary: The question if the Matrix Model of FMS (*MM*), originally created for the system simulation, can be used for the system control is considered. The paper describes two systems having the host computer with the software based on *MM*, the first is educational one with minilathes EMCO and the other is built on the basis of the polish system CP TOR1 with the newest controllers and net SINEC L2 made by Siemens.

UNTERSUCHUNG DER VERWENDBARKEIT DES MATRIXMODELLS VON FFS FÜR DIE SYSTEMSTEUERUNG IN DER REALEN ZEIT

Zusammenfassung: Es wurde die Frage, kann man das für die Simulation von FFS vorbereitete Matrixmodell (*MM*) auch für die Systemsteuerung benutzen, übernommen. Es wurden zwei Systeme bearbeitet, die einen Leitrechner mit der auf dem *MM* gegründeten Software besitzen. Das Erste ist das Ausbildungssystem mit EMCO-Minidrehmaschinen. Das zweite System wurde auf der Grundlage des polnischen Systems CP TOR1 mit Verwedung der neuesten Steuerungen und des Netzes SINEC L2 von Firma Siemens gebaut.

1. Wprowadzenie

W pracy przedstawiono uzyskane dotychczas wyniki badań, których celem było przystosowanie opracowanego w latach ubiegłych i prezentowanego m. in. w ramach poprzednich Konferencji ADPP, macierzowego modelu (*MM*) [1,2,4,5] symulującego działanie elastycznego systemu produkcyjnego (ESP) do sterowania systemem w czasie rzeczywistym. Zdaniem autorów, takie podejście ma szereg zalet, wyrażających się m.in. w:

- łatwości przejścia od projektu układu i algorytmu sterowania do jego realizacji;
- możliwości wykorzystania modelu symulacyjnego do szkolenia personelu obsługującego i zapoznania go z działaniem systemu;
- łatwości modyfikowania struktury i reguł działania systemu w jego modelu symulacyjnym, z możliwością oceny różnych wariantów projektowych i szybkiego wdrażania ich do układu rzeczywistego.

Dodatkowym, istotnym elementem, szczególnie ważnym w polskich warunkach, jest możliwość wykorzystania zaprezentowanego tu na przykładach podejścia, do stopniowego wprowadzania automatyzacji produkcji (*Step-by-Step Method*). Sposób ten oraz macierzowy model ESP stanowią oryginalne osiągnięcie zespołu reprezentowanego przez autorów.

Macierzowy model ESP (*MM*) pozwala na rozpatrywanie w eksperymencie symulacyjnym dowolnej konfiguracji systemu, nie ograniczając jego elastyczności. W modelowanym procesie produkcyjnym wyróżnia się skończoną liczbę arbitralnie wyodrębnionych czynności elementarnych. Znamiennej cechą *MM* jest to, że po zakończeniu którejkolwiek czynności dla każdego obiektu (zasobu, urządzenia) w niej uczestniczącego są odblokowywane wszystkie czynności, do których jest on przygotowany w następstwie czynności zakończonej. Każda czynność, do której są przygotowane wszystkie uczestniczące w niej obiekty, może być rozpoczęta. Dzięki temu w kolejnych fazach procesu produkcyjnego istnieje możliwość swobodnego wyboru wykonywanych czynności z teoretycznie najliczniejszego i na bieżąco aktualizowanego zbioru czynności bezkolizyjnie realizowalnych w systemie. Pomijając w tym zbiorze czynności, które prowadzą do zastoju (zagadnienie zapobiegania zastojom rozpatrywano w pracach [4,5]), spośród pozostałych można wybrać czynność do wykonania w taki sposób, aby optymalizować realizowany proces. Prostą heurystyczną regułą takiego wyboru, szczególnie łatwą do zastosowania w *MM*, podano

w pracy [3]. Wykazano tam także na przykładzie konkretnego systemu produkcyjnego jej wysoką skuteczność, pozwalającą uzyskać wysokie wartości wskaźników wykorzystania maszyn, stanowiących podstawową miarę efektywnej eksploatacji ESP. Spośród ważnych konsekwencji tego sposobu modelowania elastycznej produkcji warto wymienić trzy, zdaniem autorów, szczególnie istotne:

- jest uwzględniona współbieżność i asynchroniczność wykonywanych czynności;
- algorytm, według którego model jest przetwarzany, pozostaje niezmienny i skutecznie działa, niezależnie od okresowej niesprawności niektórych obiektów (urządzeń);
- harmonogramowanie procesu produkcyjnego może się odbywać na bieżąco, w czasie pracy systemu, stosownie do jego aktualnego stanu i zadań.

W projekcie badawczym pt.: *"Metody, modele i środki do stopniowego wprowadzania automatyzacji produkcji"* podjęto próbę wykazania, że model ten może być z powodzeniem wykorzystany do sterowania systemem produkcyjnym. Koncepcja takiego sterowania była następująca: komputer sterujący winien wysłać do sterowników poszczególnych urządzeń polecenia wykonania czynności wybieranych na podstawie *MM* systemu, przetwarzanego w czasie rzeczywistym w miarę napływania sygnałów o ich zakończeniu. Do zrealizowania tego celu w stopniu możliwym do osiągnięcia w warunkach uczelnianych, uwzględniając realia posiadanej bazy naukowo-badawczej i ograniczonych środków na zakupy aparatury, zaplanowano badania dwóch typów systemów:

1. Systemu produkcyjnego sterowanego za pomocą wzajemnie powiązanych standardowymi złączami komputerów klasy IBM PC;
2. Systemu produkcyjnego, w którym sterowniki urządzeń i nadrzędny komputer sterujący współdziałają jako węzły nowoczesnej sieci informatycznej, oferowanej przez wyspecjalizowanego producenta do współczesnych zastosowań przemysłowych.

W pierwszym przypadku zmierzano do zebrania doświadczeń i uzyskania efektów o charakterze edukacyjnym, za pomocą prostych i tanich rozwiązań. W drugim przypadku istotne było powiązanie z najnowocześniejszą techniką sterowania. W obu sytuacjach, dla efektu dydaktycznego i ilustracji metody *Step-by-Step* ważne było pokazanie możliwości współpracy rzeczywistej części systemu z częścią symulowaną. Efekt edukacyjny wyraża się m.in. w tym, że student może obserwować i badać działanie rzeczywistych urządzeń na tle większego układu, który wcześniej zaprojektował i zweryfikował na modelu symulacyjnym.

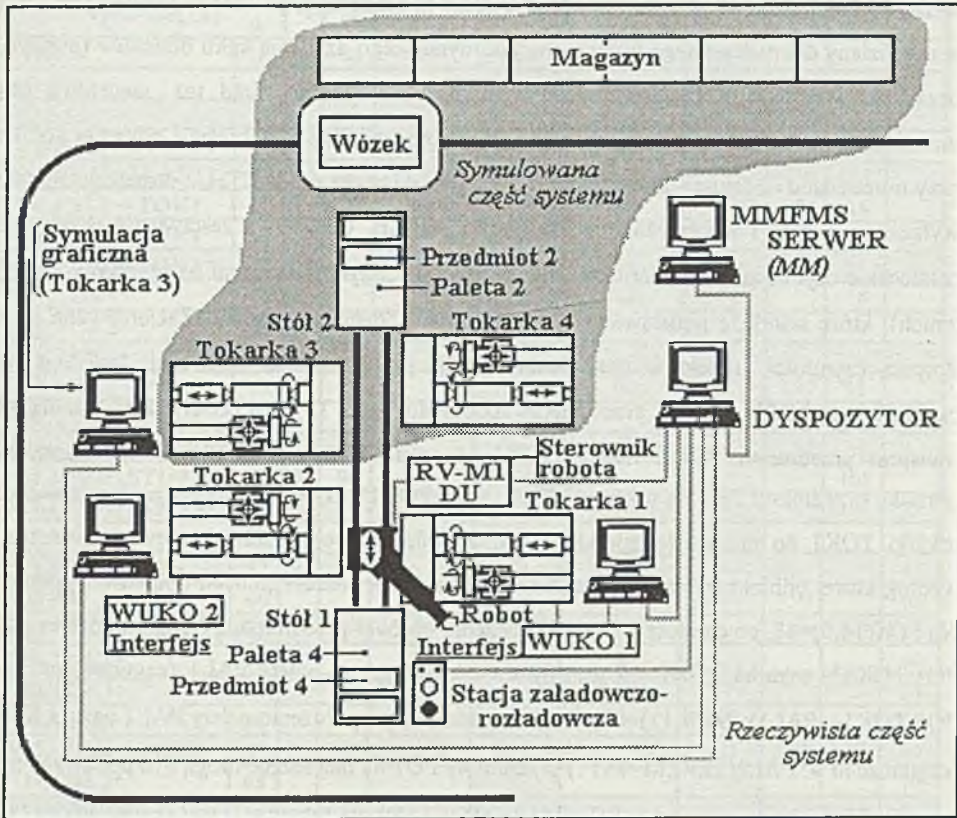
Idea metody *Step-by-Step* jest zilustrowana w ten sposób, że mając zoptymalizowany i sprawdzony na modelu symulacyjnym projekt docelowej instalacji, wykorzystując tenże sam model do sterowania maszynami i urządzeniami, uruchamia się kolejno poszczególne moduły, zapewniając jednocześnie możliwość "obserwowania" działania całego systemu. Jeżeli rzeczywiste czasy trwania czynności pokrywałyby się z wartościami używanymi w eksperymentach symulacyjnych, to w rzeczywistości system powinien działać tak samo jak jego model symulacyjny.

2. Edukacyjny minisystem EMCO

Austriacka firma EMCO oferuje różne zestawy edukacyjnych systemów obróbkowych, składane z uproszczonych obrabiarek i minirobotów. Zestawy te umożliwiają podstawowe szkolenie z zakresu automatyzacji produkcji oraz programowania prostych układów CNC. Firmowe oprogramowanie układu sterowania takiego systemu ma niestety sztywną, zamkniętą dla użytkownika strukturę, co znacznie ogranicza zarówno eksperymentowanie, jak i dydaktykę. Zdecydowano się zatem na realizację systemu edukacyjnego sterowanego według własnej, oryginalnej koncepcji. Zakupy urządzeń ograniczono do niezbędnego minimum. Zasadniczą część systemu stanowi zrobotyzowane minigniazdo obróbkowe złożone z dwóch tokarek EMCO COMPACT 5PC (dodatkowo wyposażonych w trójpołożeniowe głowice narzędziowe i elektrycznie zaciskane koniki) oraz robota MITSUBISHI RV-M1C. Równocześnie z pracą tego gniazda symulowane jest działanie pozostałej części systemu. Istnieje możliwość rozważania różnych modułów symulowanych i różnych konfiguracji systemów zawierających jako część rzeczywistą wyżej wspomniane gniazdo. Uruchomiony system, wraz z możliwą częścią symulowaną (obszar zacieniowany) pokazano na rys. 1.

Wózek pobiera z magazynu (M) palety z przedmiotami obrabianymi (PO1-4), po trzy sztuki na każdej palecie. Dowieziona paleta przekładana jest ręcznie przez obsługę stacji załadowczo-rozładowczej (SZR) na stół (ST1, ST2). Robot (R) realizuje cykle automatycznej wymiany wałków w kłach tokarek. Po zakończeniu obróbki paleta odwożona jest do magazynu. System może sterować obróbką czterech typów przedmiotów. Każdą tokarką steruje minikomputer klasy IBM PC, według wybranego automatycznie programu obróbki przedmiotu. Stosowne oprogramowanie opracowano we własnym zakresie. Robot jest elementem wspólnym dla rzeczywistej i symulowanej części systemu. Jego przemieszczanie

między obiema częściami oraz czynności wykonywane poza gniazdem rzeczywistym są symulowane. Sterownik robota (RV-M1 DU) został dostarczony przez producenta.



Rys. 1. Edukacyjny minisystem EMCO

Fig. 1. Educational production system EMCO

Nadrzędny komputer sterujący MMFMS SERWER wykorzystuje *MM* całego systemu i przekształca go w czasie rzeczywistym. Przekształcanie modelu jest wykonywane w momencie wydania polecenia wykonania czynności wybranej spośród wszystkich czynności bezkolizyjnie realizowalnych na danym etapie funkcjonowania systemu produkcyjnego oraz bezpośrednio po otrzymaniu potwierdzenia zakończenia czynności wcześniej zleconej. DYSPOZYTOR dekoduje i rozsyła polecenia komputera nadrzędnego do właściwych sterowników oraz potwierdza zakończenia wcześniej zleconych czynności. Wymiana informacji odbywa się za pośrednictwem standardowych portów RS232 i Centronics.

Budując model macierzowy systemu należy realizowany proces produkcyjny podzielić

na czynności elementarne. Powstaje pytanie, jak szczegółowy ma to być podział, aby skutecznie sterować systemem nie tracąc przejrzystości modelu. Problem ten wiąże się także z właściwą hierarchizacją układu sterowania. Należy tu zaznaczyć, że *MM* w swojej istocie jest przewidziany dla nadrzędnego komputera, koordynującego działanie kilku obiektów (maszyn, urządzeń) i mającego zapewnić efektywne ich wykorzystanie. Stąd też niecelowe jest umieszczanie w nim szczegółowych instrukcji, jak np. rozkazy zamknięcia i otwarcia konika przy mocowaniu i zdejmowaniu przedmiotów z tokarki przez robota. Takie instrukcje zostały wyłączone z *MM* i umieszczone w DYSPOZYTORZE. Częściowe zestawienie przyjętych ostatecznie czynności elementarnych wraz ze zbiorami wyjść (numerami następników każdej z nich), które stanowią podstawowe dane dla *MM*, podano w tablicy 1. Zacięzione pola dotyczą czynności i obiektów symulowanych. Dla przypomnienia konwencji zapisu nazw czynności: $R \rightarrow ST1$ oznacza przesunięcie robota do stołu 1, $PO1, TOK1 \rightarrow PAL1$ oznacza transport przedmiotu $PO1$ z tokarki $TOK1$ na paletę $PAL1$, zapis $PO3, TOK1^*$ oznacza obróbkę przedmiotu $PO3$ na tokarce $TOK1$, zapis $TOK1^*$ oznacza potwierdzenie gotowości tokarki $TOK1$ do pracy. Następniki czynności umieszczone w tablicy 1 wyrażają zasadę, według której odblokowywane są możliwe czynności dla poszczególnych obiektów systemu. Np.: $OS(14,5)=18$, co oznacza, że po zakończeniu obróbki przedmiotu $PO1$ (czynność nr 14: $PO1, TOK1^*$) tokarka $TOK1$ jest gotowa do oddania go na paletę $PAL1$ (czynność nr 18: $PO1, TOK1 \rightarrow PAL1$); $OS(4,11)=10, 11$, co oznacza, że po położeniu palety $PAL1$ na stół $ST1$ (czynność nr 4: $PAL1(SZR), M \rightarrow ST1$) przedmioty $PO1$ na niej leżące mogą być podawane na tokarkę $TOK1$ (czynność nr 10: $PO1, PAL1 \rightarrow TOK1$) lub na tokarkę $TOK2$ (czynność nr 11: $PO1, PAL1 \rightarrow TOK2$). Liczniejsze zbiory wyjść zostały umieszczone "ponad" tablicą, z zaznaczeniem strzałką miejsca, w którym powinny się rzeczywiście znajdować. Szczegółowy opis algorytmu przekształcającego *MM* podano w pracach [1,2].

Deklarowanie następników czynności jest łatwe, ponieważ każdorazowo rozpatrywany jest tylko jeden obiekt (kolumna) i jedna czynność (wiersz), a nie cały system. Wymagana jest jedynie znajomość reguł działania systemu i technologii realizowanego procesu.

Warto wskazać na oryginalne rozwiązanie połączenia symulowanego modułu magazynowania i transportu palet z rzeczywistą częścią systemu. Automatyczny transport palet w rzeczywistości nie jest wykonywany, należy go więc zastąpić ręcznym dostarczaniem palet na stół 1. Sygnał zakończenia tej czynności, który powinien wysłać wózek, jest generowany za pomocą prostego przycisku. Z kolei, żądanie dostarczenia palety z półfabrykatami lub

Tablica 1 Zbiory wyjść $OS(j,k)$	$k \rightarrow$ $j \downarrow$	M	SZR	ST1	ST2	TOK1	TOK3	R	PO1	PO3		
		1	2	3	4	5	7	9	11	15		
START	1	95	96	99	100	101	103	3,97				
R→ST1	2							97				
R→ST2	3							98				
PAL1(SZR),M→ST1	4	95	96	22					10,11			
PAL1(SZR),M→ST2	5	95	96		23				12,13			
PO1,PAL1→TOK1	10					6		3,97	14			
PO1,PAL1→TOK2	11							3,97	15			
PO1,PAL1→TOK3	12						8	2,98	16			
PO1,TOK1*	14					18			18			
PO1,TOK2*	15								19			
PO1,TOK3*	16						20		20			
PO1,TOK1→PAL1	18					101		3,97	22			
PO1,TOK2→PAL1	19							3,97	22			
PO1,TOK3→PAL1	20						103	2,98	23			
PAL1(SZR),ST1→M	22	95	96	99					105			
PAL1(SZR),ST2→M	23	95	96		100				105			
PAL3(SZR),M→ST1	56	95	96	72						60		
PAL3(SZR),M→ST2	57	95	96		73					61		
PO3,PAL3→TOK1	60					58		3,97		62		
PO3,PAL3→TOK3	61						59	2,98		63		
PO3,TOK1*	62					66				66		
PO3,TOK3*	63						67			67		
PO3,TOK1→TOK2	66					101		3,97		68		
PO3,TOK3→TOK4	67						103	2,98		69		
PO3,TOK2*	68									70		
PO3,TOK4*	69									71		
PO3,TOK2→PAL3	70							3,97		72		
PO3,TOK4→PAL3	71							2,98		73		
PAL3(SZR),ST1→M	72	95	96	99						105		
PAL3(SZR),ST2→M	73	95	96		100					105		
M*	95			4,5,22,23,24,25,54,55,56,57,72,73,74,84,85,94								
SZR*	96											
R(ST1)*	97				10,11,18,19,30,31,42,43,50,							
R(ST2)*	98				51,60,66,70,77,78,81,82							
ST1*	99			4,24,56,74								
ST2*	100	4,5,22,23,24,25,			5,25,57,				12,13,20,21,32,33,			
TOK1*	101	54,55,56,57,72,			83,85				44,45,52,53,61,67,			
TOK3*	103	73,74,84,85,94						12,32,	71,88,89,92,93			
								61,88				
Batch S\End	105								4,5	56,57		

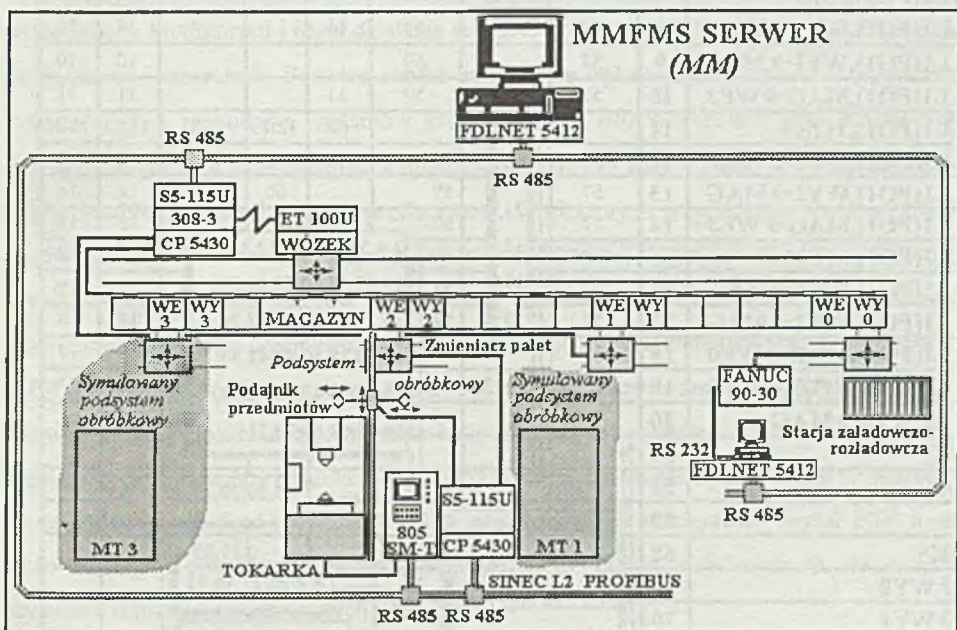
odebrania palety z gotowymi przedmiotami, które w rzeczywistości byłoby wysyłane do wózka, powoduje zapalenie sygnalizatora świetlnego na stacji załadowczo-rozładowczej, informującego obsługę, że należy położyć lub zdjąć paletę ze stołu. Ten prosty sposób powiązania automatycznej pracy systemu z obsługą ręczną pokazuje, że wprowadzanie idei komputerowo zintegrowanego wytwarzania (CIM) nie musi natychmiast pociągać znacznych nakładów finansowych. Przy braku środków można pozostawić obsługę ręczną niektórych modułów, instalując proste środki (np. sygnalizatory świetlne lub dźwiękowe, przyciski) do powiadamiania personelu i wysyłania potwierdzeń do nadrzędnego komputera sterującego. Taki układ może poprawnie działać do czasu wprowadzenia środków zautomatyzowanych. W przypadku awarii któregośkolwiek urządzenia układ sterowania podtrzymuje działanie systemu w możliwym zakresie, zapewniając bezkolizyjną współpracę urządzeń sprawnych. Np. mimo uszkodzenia tokarki 1 reszta systemu może pracować bez ingerencji operatora. Ponadto, wszędzie tam, gdzie tokarki 1 i 2 występują w procesie technologicznym zamiennie, funkcje maszyny uszkodzonej zostaną samoczynnie przejęte przez sprawną.

3. System produkcyjny TOR

W Centrum Badawczo-Konstrukcyjnym Obrabiarek w Pruszkowie zbudowano w końcu lat 70-tych centrum produkcyjne TOR 1. Z powodu braku zainteresowania przemysłu i zawodności układu sterowania centrum to pracowało krótko. Potem system przekazano Politechnice Krakowskiej i zainstalowano w laboratorium ITMiAP, gdzie był on wykorzystywany w dydaktyce, praktycznie przez cały czas pozostając nieruchomym eksponatem. W ramach projektu badawczego finansowanego przez KBN w latach 1992-94 dokonano zasadniczej modernizacji sterowania systemu. Wykorzystując własne, oryginalne koncepcje oraz sterowniki firmy Siemens uruchomiono system przedstawiony na rys. 2.

W magazynie regałowym (MAG) znajdują się palety (PAL1, PAL2), na których transportowane są przedmioty obrabiane (PO1, PO2, PO3). Wózek szynowy (W) przemieszcza palety pomiędzy poszczególnymi stacjami. Na stacji załadowczo-rozładowczej (SZR) odbywa się ręczny załadunek półfabrykatów na palety i zdejmowanie wyrobów gotowych. Zmieniacz palet pobiera palety z magazynu (WE2) i oddaje po obróbce (WY2). Podajnik przedmiotów realizuje transport wałków pomiędzy paletą i obrabiarką (TOK) typu TKX50SN1. Działanie dwóch nieistniejących modułów obróbkowych jest symulowane.

W uruchomionej wersji systemu możliwa jest obróbka trzech typów przedmiotów równocześnie. W oparciu o przetwarzany w czasie rzeczywistym *MM* całego systemu komputer sterujący (MMFMS SERWER) wysyła polecenia wykonania kolejnych czynności i przyjmuje potwierdzenia ich zakończenia. Do sterowania urządzeniami zastosowano sterowniki CNC i PLC firmy Siemens oraz GE FANUC, a mianowicie: SINUMERIK 805 SM-T (tokarka), SIMATIC S5-115U (zmiennic palet i podajnik przedmiotów), SIMATIC S5-115U ze złączem ET 100U (magazyn, wózek i zmiennic palet w module MT1) oraz FANUC 90-30 (stacja załadowczo-rozładowcza). Komunikacja pomiędzy komputerem sterującym a poszczególnymi sterownikami odbywa się za pośrednictwem sieci przemysłowej SINEC L2 firmy Siemens. Jest to pierwsza w Polsce, działająca instalacja sieci SINEC L2, w której pracuje sieciowa wersja sterownika SINUMERIK 805.



Rys. 2. System produkcyjny TOR

Fig. 2. Production system TOR

Podobnie jak w systemie EMCO przyjęto zasadę, że komputer nadrzędny steruje wyłącznie podstawowymi czynnościami. Niektóre z nich podano w tabelicy 2 wraz z odpowiednimi zbiorami wyjść. Np.: $OS(11,15)=12,13$, co oznacza, że po zakończeniu obróbki na tokarce TOK (czynność nr 11: PAL1(PO1),TOK*) paleta PAL1 z przedmiotami PO1 może być

4. Zakończenie

Macierzowy model symulacyjny dla ESP można z powodzeniem zastosować w komputerowym układzie sterowania systemem (zgłoszenie patentowe P-303004). Czas potrzebny na wykonanie koniecznych przekształceń modelu w celu wypracowania kolejnej decyzji jest praktycznie niezauważalny i w żadnym stopniu nie zakłóca sterowania w czasie rzeczywistym. Wymagane jest, co oczywiste, zapewnienie bezbłędnego przepływu informacji pomiędzy komputerami i sterownikami poszczególnych urządzeń. Przy zastosowaniu standardowej transmisji wykorzystującej porty RS232 i Centronics należy programowo zapewnić jej poprawność, aby np. nie gubić sygnałów przy prawie równoczesnym ich nadejściu. Dla profesjonalnych rozwiązań przemysłowych, do których należy sieć lokalna SINEC L2, takiego niebezpieczeństwa nie ma. Elastyczność modelu umożliwi stosunkowo łatwe zmiany konfiguracji i reguł działania systemu, co jest ważną cechą przy projektowaniu, modernizacji i remontach. Ponadto, model macierzowy wykazuje przydatność do stopniowej automatyzacji i rozbudowy systemów produkcyjnych. Istotny problem, jaki można tutaj napotkać, wiąże się z zapewnieniem komunikacji pomiędzy sterownikami różnych generacji i typów, pochodzącymi od różnych producentów. W niektórych przypadkach warto wymienić sterownik na nowocześniejszy, wyposażony w moduł komunikacyjny.

Wyniki uzyskane przez autorów potwierdzają możliwości i pokazują drogę stopniowej modernizacji polskiego przemysłu, w kierunku komputerowego zintegrowanego wytwarzania (CIM), poprzez zastosowanie nowej techniki sterowania do posiadanych maszyn i urządzeń. Przyszłe prace doskonalące przedstawioną metodę sterowania ESP powinny objąć problematykę planowania produkcji w powiązaniu ze sterowaniem operatywnym w oparciu o model macierzowy. Szybkość algorytmu przekształcającego macierzowy model ESP może także umożliwić symulacyjną optymalizację decyzji w czasie oczekiwania na zakończenie czynności aktualnie wykonywanych.

LITERATURA

- [1]Cyklis J.: Algorytm symulacji ESP. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s.Automatyka, z.96, Gliwice 1988, s.29-40 (Mat. VI KK ADPP, Kozubnik 1988).
- [2]Cyklis J.: Towards Simple Simulation of FMS. Monografie Politechniki Krakowskiej, 58, 1987, s.5-31.

- [3]Cyklis J., Pierzchała W.: Operatywne sterowanie ESP. Konferencja nt.: Podstawy Projektowania Procesów i Systemów Produkcyjnych. Politechnika Krakowska, Monografia 150, Kraków 1993, s.33-42.
- [4]Cyklis J., Pierzchała W.: Taktyka sterowania ESP w oparciu o model macierzowy. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s.Automatyka, z.96, Gliwice 1988, s.41-53 (Mat. VI KK ADPP, Kozubnik 1988).
- [5]Cyklis J., Pierzchała W.: Warunki unikania zastoju w macierzowym modelu ESP. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s.Automatyka, z.110, Gliwice 1992, s.33-43 (Mat. VIII KK ADPP, Kozubnik 1988).

Recenzent: Prof.dr inż. Henryk Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1994r.

Abstract

Matrix Modell (MM) of FMS was originally created for the system simulation. The question arose if MM could be used as for the system control. In order to answer that question two systems are build. The first one consists of two EMCO minilathes and a Mitsubishi robot. The host computer with the software based on MM supervises only main activities of the system. These activities are divided into small ones which are synchronized by the dispatcher. For instance, the main activity - *loading the lathe* is broken down into small ones performed by the robot: *talking workpiece from the pallet, transporting the workpiece, placing it in the centres* and performed by the lathe: *opening the centre of the tailstock, clamping the workpiece in the centres*. The specific feature of the system is that it allows to observe some simulated objects working together with the real one. In this way different systems can be tested for educational purposes. It also helps to show how to build a big system applying *Step-by-Step* method.

The second system is based on the polish production centre CP TOR1 built in late seventieth. For the system the newest industrial SINEC L2 net together with SINUMERIC 805 and other programmable Siemens controllers were used in Production Engineering Institute in 93/94. The host computer sends orders to start main activity and receive the information that the activity has already been ended. The decision which activity is to be started next is taken on the basis of MM. The host computer and controllers communicate with each other by means of the net. In order to show *Step-by-Step* method two machines are simulated (other parts of the system are real).

By observing the two above described systems it can be started that MM can be effectively used for the control of FMS.