

Tadeusz Przybyśz

Politechnika Śląska/ TU Dresden

SYMULACJA DYSKRETYNYCH PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono system symulacyjny służący do testowania układów sterowania automatami montażowymi w przemyśle elektronicznym. Przedyskutowano wymagania stawiane temu systemowi oraz możliwości zastosowania mikrokomputerów. Do opisu funkcjonowania automatów montażowych zastosowano równania stanu. Przedstawiono również strukturę sprzętową i oprogramowanie systemu symulacyjnego opracowane w Uniwersytecie Technicznym w Dreźnie.

1. Wstęp

Automaty montażowe składają się z szeregu urządzeń automatyecznych, wspólnie realizujących określone zadania. Do takich urządzeń znajdujących zastosowanie w przemyśle elektronicznym należą między innymi: magazyny automatyeczne, manipulatory, systemy rozpoznawania obrazów. Sterowanie automatami montażowymi wymaga skomplikowanych układów sterowania, które muszą zapewnić zarówno prawidłowe funkcjonowanie pojedynczych urządzeń, jak i synchronizację pracy wszystkich urządzeń wchodzących w skład automatu montażowego. Tworzenie układów sterowania jest procesem skomplikowanym i dlatego konieczne jest, by istniała możliwość ich testowania. Kompletny automat montażowy powinien więc być do dyspozycji, umożliwiając jednocześnie sprawdzanie prawidłowości działania układu sterowania i wprowadzanie ewentualnych korekt w oprogramowaniu i strukturze sprzętowej. Z różnych przyczyn warunek ten nie zawsze może być spełniony. Powstaje więc czasami sytuacja, że brak jednego urządzenia uniemożliwia testowanie układu sterowania całego automatu montażowego. Rozwiązanie tego problemu umożliwia zastosowanie metody symulacji cyfrowej. Przy założeniu, że komunikacja między układem sterowania a rozpatrywanym urządzeniem odbywa się w formie informacji cyfrowej /zerojedynkowej/, brakujące urządzenie może być symulowane na komputerze w czasie rzeczywistym, to znaczy: na przychodzące z układu sterowania polecenia symulator odpowiada przesłaniem odpowiednich sygnałów i informacji. Wykorzystanie symulatora bezpośrednio na stanowisku montażowym umożliwiłoby łatwe testowanie zarówno oprogramowania, jak i struktury sprzętowej układu sterowania.

W pracy [4] omówiono przykłady zastosowania symulatorów do testowania wytrzymałości urządzeń technicznych /samoloty, samochody, pojazdy kosmiczne/ oraz do celów szkoleniowych /tzw. "elektroniczny trener" dla pilotów, kapitanów statków czy personelu elektrowni słonowej/. Praca [1] zawiera opis systemu symulacyjnego służącego do testowania oprogramowania

sterowania systemów/gniazdami montażowymi. Testowana jest warstwa sterowania nadrzędnego koordynującego pracę urządzeń montażowych. Te urządzenia wraz z ich układami sterowania są symulowane na komputerze. Wymianę informacji umożliwia sieć lokalna.

Poniżej zostaną omówione wymagania stawiane systemowi symulacyjnemu, służącemu do testowania układów sterowania automatami montażowymi, oraz możliwości zastosowania mikrokomputerów do symulacji w czasie rzeczywistym. Do opisu funkcjonowania automatów montażowych wykorzystane zostaną równania stanu. Przedstawione zostaną również możliwości uwzględnienia w nich stochastycznego charakteru procesu montażowego. Na zakończenie omówiona zostanie struktura sprzętowa oraz oprogramowanie systemu symulacyjnego, który powstał na bazie Mikrokomputera K 1520 produkcji NRD. Mikrokomputer ten posiada 8-bitowy mikroprocesor U 880, będący odpowiednikiem mikroprocesora Z 80.

2. Wymagania stawiane systemowi symulacyjnemu, możliwości zastosowania mikrokomputerów

Jak wynika z punktu 1, uzasadnioną jest stworzenie systemu symulacyjnego, który mógłby zastąpić w czasie rzeczywistym poszczególne urządzenia wchodzące w skład automatu montażowego. System ten powinien zapewniać:

- identyczność z rzeczywistym urządzeniem z punktu widzenia układu sterowania;
- elastyczność, tzn. możliwość zastosowania do symulacji różnych urządzeń;
- możliwość podłączenia do różnych układów sterowania.

Przy korzystaniu z metody symulacji cyfrowej wymagane jest zwykle posiadanie do dyspozycji szybkiego komputera wraz z specjalnym oprogramowaniem /por. np. [6]/. Dzięki temu skróceniu ulec może czas potrzebny na przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentu symulacyjnego. Warunki te nie muszą być jednak spełnione dla rozpatrywanego problemu symulacji procesu montażowego. Wynika to po pierwsze z faktu, że symulacja przeprowadzana jest w rzeczywistej skali czasu /szybka realizacja eksperymentu nie jest więc konieczna/ oraz po drugie, że nie ma aktualnie odpowiedniego oprogramowania, które można by wykorzystać. Dalsze prace nad rozpatrywanym problemem winny doprowadzić do stworzenia takiego oprogramowania.

Skoro do rozwiązania przedstawionego problemu nie jest konieczne zastosowanie szybkiego komputera ze specjalnym oprogramowaniem, nie przemawia przeciwko wykorzystaniu mikrokomputerów, które w porównaniu do dużych komputerów mają także wiele zalet:

- możliwość zastosowania bezpośrednio na stanowisku montażowym;
- łatwość instalacji i obsługi;

- możliwości kształtowania struktury sprzętowej;
- praktyczny brak ograniczeń na liczbę potrzebnych układów wejścia/wyjścia;
- możliwości kształtowania struktury systemu przerwań.

3. Opis procesu montażowego

Do matematycznego opisu funkcjonowania symulowanego urządzenia wchodzącego w skład automatu montażowego wykorzystane zostaną równania stanu. Niech będą więc dane: wektor wejściowy $X = [x_1, x_2, \dots, x_N]$, wektor wyjściowy $Y = [y_1, y_2, \dots, y_M]$ oraz wektor stanu $Z = [z_1, z_2, \dots, z_K]$, przy czym N , M oznaczają odpowiednio liczbę zmiennych wejściowych i wyjściowych, a K liczbę zmiennych stanu. Każda ze zmiennych x_n, y_m, z_k przyjmować może wartość 0 lub 1.

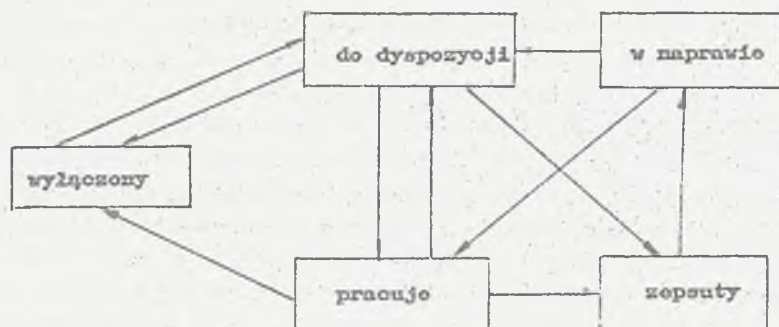
Równania stanu mają następującą postać:

$$\begin{aligned} z^i &= F(x^i, z^{i-1}) \\ y^i &= Q(x^i, z^i) \end{aligned} \quad /1/$$

Zmiany stanu są wymuszone przez rozkazy pochodzące z układu sterowania /wektor X^i /. Indeks "i" oznacza aktualny stan, "i-1" stan poprzedni. Wektor X^i powoduje więc zmianę stanu z Z^{i-1} na Z^i oraz przesłanie do układu sterowania wektora Y^i .

Z punktu widzenia układu sterowania ważne jest, by po przesłaniu rozkazu /w postaci wektora X^i / jako odpowiedzi nadszedł wektor Y^i ze zbioru możliwych odpowiedzi. Między tymi dwoma zdarzeniami istnieje pewne przesunięcie w czasie, które w rzeczywistym procesie montażowym odpowiada wykonaniu zadanej czynności. Jeżeli więc system symulacyjny zapewnia dokładne odtworzenie funkcjonowania symulowanego urządzenia /funkcje F, Q /, to można powiedzieć, że z punktu widzenia układu sterowania jest on identyczny z tymże urządzeniem i może być wykorzystany jako jego symulator.

Oprócz normalnej pracy każdego z urządzeń składających się na automat montażowy, która zgodna jest z procesem technologicznym, podczas procesu montażowego mogą występować pewne zdarzenia losowe, takie jak: awarie, wadliwy montaż itp. Zawarty w /1/ opis pracy urządzeń może uwzględnić również i te zdarzenia. W tym celu wyróżniono tzw. poziomy funkcjonowania urządzenia [1]. Rys. 1 pokazuje możliwe poziomy oraz przejścia między nimi. Każdemu poziomowi odpowiadają inne funkcje F, Q . Dla pełnego opisu pracy symulowanego urządzenia konieczne jest ustalenie zależności /1/ dla wszystkich poziomów funkcjonowania.



Rys. 1. Poziomy funkcjonowania urządzenia montażowego
 Fig. 1. Levels of functioning of assembly equipment

Systemy produkcyjne mają charakter deterministyczny i stochastyczny. Bardzo ważną właściwością metody symulacji cyfrowej jest możliwość uwzględnienia aspektu stochastycznego. W rozpatrywanym systemie symulacyjnym może on być uwzględniony poprzez:

- zmianę wybranych zmiennych stanu;
- przejście systemu symulacyjnego między poziomami funkcjonowania symulowanego urządzenia.

Dzięki temu, poprzez zmianę wektora stanu wypracowany zostanie odpowiedni wektor wyjściowy, który wymusi określoną reakcję układu sterowania.

4. Struktura sprzętowa i oprogramowanie symulatora

Poniżej przedstawiono strukturę sprzętową i oprogramowanie systemu symulacyjnego, który powstał w wyniku prac nad symulatorami systemu rozpoznawania obrazów i pewnego magazynu automatycznego. Nie odpowiada on jeszcze w pełni wszystkim zawartym w punkcie 2 wymaganiom, szczególnie jeżeli chodzi o jego elastyczność. Układem sterowania był system wieloprocesorowy

oparty na Mikrokomputerze K 1520. Ten sam typ mikrokomputera wykorzystano przy budowie symulatora. Rys. 2 przedstawia strukturę sprzętową symulatora. Równoległe układy wejścia/wyjścia /PIO/ umożliwiają wymianę informacji między symulatorem a układem sterowania. Układ odmierzenia czasu /CTC/ służy do odliczania czasu upływającego między kolejnymi zdarzeniami losowymi w systemie. Klawiatura i monitor umożliwiają zmianę parametrów symulacji i obserwację przebiegu eksperymentu symulacyjnego.

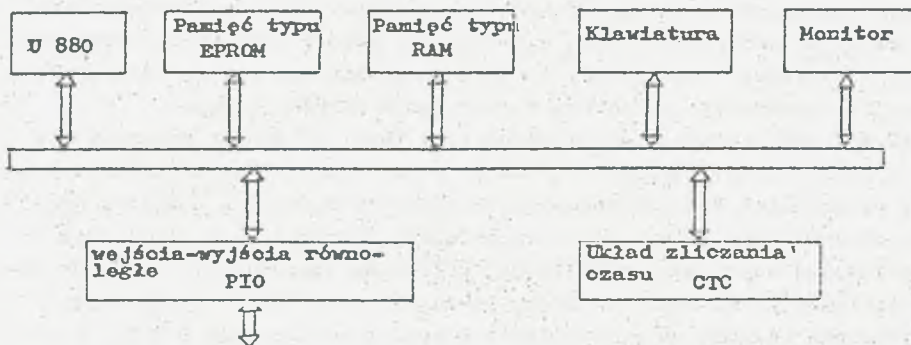
Główną część oprogramowania symulatora /Rys. 3/ tworzą programy obsługi przerwania z układów: PIO i CTC. Po nadejściu rozkazu z układu sterowania, przez układ PIO generowany jest sygnał przerwania. Zadaniem programów obsługi tego przerwania jest ustalenie nowego stanu symulatora i odpowiedniej odpowiedzi przesyłanej do układu sterowania. Programy obsługi przerwania z CTC służą do zmiany zawartości liczników programowych /z szybkością zależną od częstotliwości sygnału przerwania z CTC/, a gdy wyzerowany zostanie stan któregoś z liczników, odpowiedzialne są za odpowiednie przeprowadzenie zmian w procesie symulacji, związanych z wystąpieniem określonego zjawiska losowego.

5. Wnioski

Przeprowadzone eksperymenty symulacyjne wykazały, że opracowane symulatory mogą być dobrym narzędziem, pomocnym przy testowaniu skomplikowanych wieloprocessorowych systemów sterowania /ich struktury sprzętowej i oprogramowania/ w przemyśle elektronicznym.

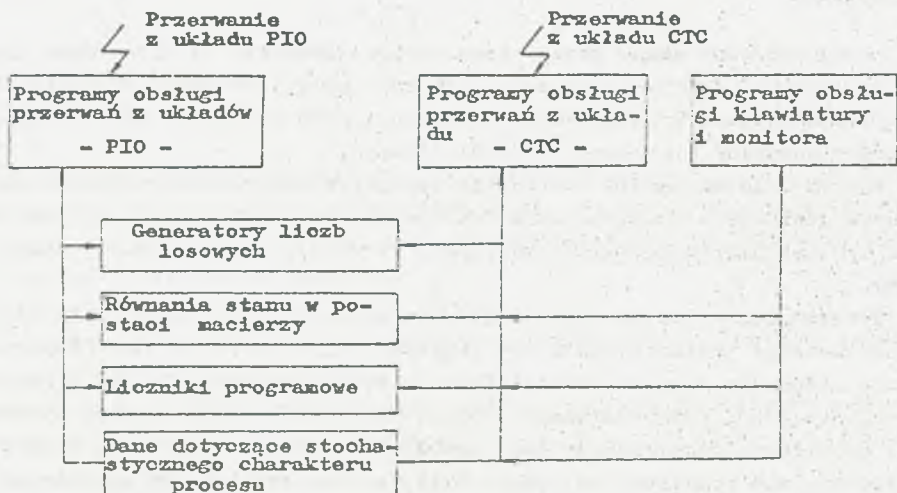
Ważnym założeniem dla możliwości wykorzystania przedstawionych symulatorów jest dobre zamodelowanie funkcjonowania symulowanego urządzenia wraz ze wszystkimi zdarzeniami losowymi, które występują w czasie jego pracy.

Symulowanie tylko jednego urządzenia spośród kilku, które składają się na automat montażowy, może być przyczyną kłopotów, ponieważ fizycznie nie-realizowanie pewnych czynności przez symulator może zakłócać pracę innych urządzeń, uniemożliwiając kompletne przetestowanie układu sterowania. Częściowym rozwiązaniem tego problemu są drobne ingerencje w proces montażowy, zaś rozwiązaniem pełnym byłby system symulacyjny pozwalający na równoległą symulację wszystkich urządzeń automatu montażowego.



Rys. 2. Struktura sprzętowa symulatora

Fig. 2. Structure of simulator



Rys. 3. Oprogramowanie symulatora

Fig. 3. Programming of simulator

LITERATURA

- [1] Grzelachowski P.: Simulation von Basisprozessen auf Mikrorechnern zur Erprobung Steuerungssoftware Flexibler Fertigungen. Diplomarbeit TU Dresden, Sektion Informationsverarbeitung, 1985
- [2] Klingman J., Edwin A.: Projektowanie systemów mikroprocesorowych, WNT, Warszawa 1982
- [3] Sacha K., Rydzewski A.: Mikroprocesor w pytaniach i odpowiedziach, WNT, Warszawa 1985
- [4] Schöne A.: Simulation Technischer Systeme. Carl Hanser Verlag München Wien 1974, Band 2
- [5] Schwarz J., Meyer W., Eckhardt E.: Mikrorechner. VEB Verlag Technik, Berlin 1980
- [6] Vavilov A.: Modellierung und Simulation von Produktionsprozessen. VEB Verlag Technik, Berlin 1983

Recenzent: Doc.dr h.inż. Konrad Wala

Wpłynęło do Redakcji do 1986.04.30

СИМУЛЯЦИЯ ДИСКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Резюме

В работе представлена симуляционная система для тестования систем управления монтажными автоматами в электронной промышленности. Оговорены требования ставляемые этой системе а также возможности применения микрокомпьютеров. Для описания функционирования монтажных автоматов применены уравнения состояния. Представлены также структура софтвера и хардвера симуляционной системы, разработанной в Техническом Университете в Дрездена.

SIMULATION OF DISCRETE INDUSTRIAL PROCESSES

Summary

Simulation system for checking of control systems for assembly automata in electronic industry is presented. Requirements for such a system are discussed and possibilities of microcomputer applications are considered. State equations are used to describe the assembly automata functioning. Equipment structure and software of the simulation system made in the Dresden Technical University are also presented.