

Prof. dr hab. inż. Jerzy Honczarenko
Mgr inż. Mariusz Sosnowski
Politechnika Szczecińska
Zakład Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania

STEROWANIE PRZEPIYWEM PALET W BADAWCZYM ELASTYCZNYM SYSTEMIE WYTWARZANIA

W referacie przedstawiono miniaturowy badawczy system elastycznego wytwarzania, który znajduje się w Zakładzie Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania Politechniki Szczecińskiej. Celem zbudowanego systemu jest prowadzenie doświadczalnej weryfikacji komputerowych symulacji planowania i harmonogramowania produkcji. Omówiono budowę systemu oraz sterowanie z wykorzystaniem gotowych harmonogramów i metod sztucznej inteligencji.

PALETTE FLOW CONTROL IN THE FLEXIBLE MANUFACTURING RESEARCH SYSTEM

In the paper we present an flexible manufacturing miniature research system which is located in the Department of Automatic Production Systems of Technical University of Szczecin. The aim of the build system is experimental verification of computers simulation planing¹ and scheduling production. The system construction control using the artificial intelligence methods and the complete schedule were discussed.

1. WPROWADZENIE

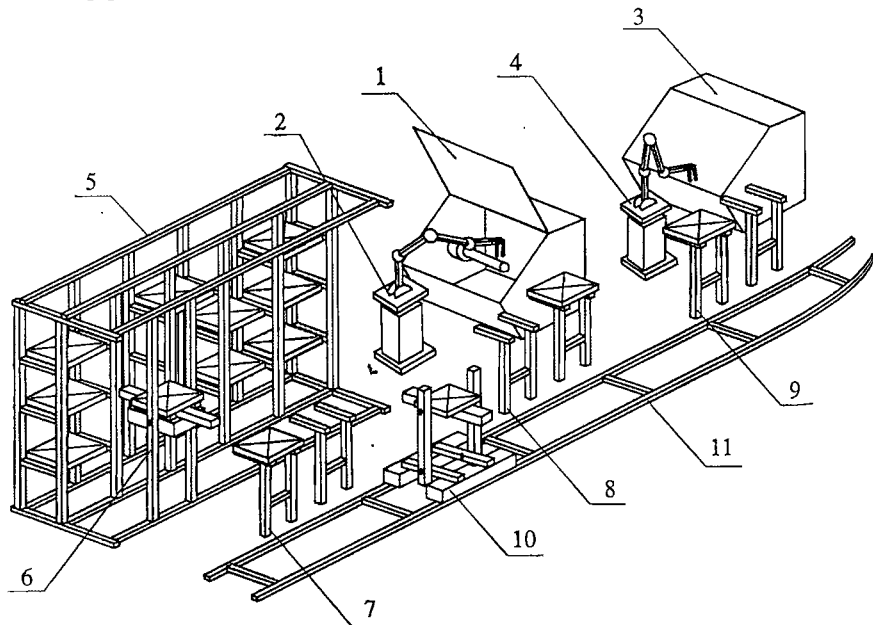
W ramach projektu KBN¹ w Zakładzie Zautomatyzowanych Systemów Wytwarzania na Wydziale Mechanicznym Politechniki Szczecińskiej zaprojektowano i zbudowano badawczy system elastycznego wytwarzania [4]. System ten od strony organizacji i sterowania ma cechy rzeczywistego systemu, lecz w postaci zminiaturyzowanej. Celem budowy systemu jest umożliwienie prowadzenia doświadczalnej weryfikacji komputerowych symulacji nowych metod planowania i harmonogramowania produkcji.

W referacie omówiono budowę i działanie algorytmów sterujących pracą systemu. Skupiono się na algorytmach pracy układarki regałowej i wózka transportowego, ponieważ to te urządzenia realizują przepływ palet w zbudowanym systemie wytwarzania. Od działania podsystemu transportowego zależy bowiem efektywna praca całego systemu, gdyż należy dążyć do takiej sytuacji, aby obrabiarki nie oczekiwały na dostarczenie palet z przedmiotami.

¹Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 8T07D 00420 „Badawczy system elastycznego inteligentnego wytwarzania” finansowanego przez KBN.

2. PRZEPIY PALET W BADAWCZYM ELASTYCZNYM SYSTEMIE WYTWARZANIA

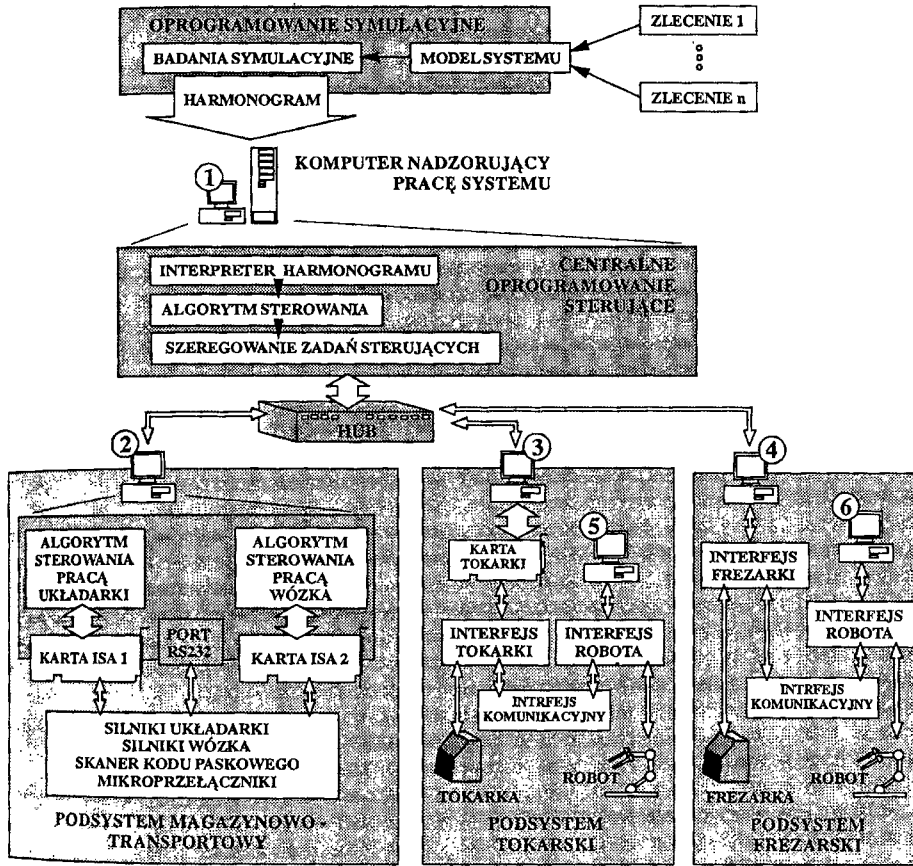
W skład systemu wchodzą trzy podsystemy: magazynowo – transportowy, technologiczny tokarski i frezarski (rys. 1). W podsystemie magazynowo-transportowym przedmioty przeznaczone do obróbki umieszczone są na paletach transportowych składowanych w magazynie regałowym (5) obsługiwanym przez układarkę (6). Palety są oznaczone kodem kreskowym o wartości informującej o numerze palety. Operator po włożeniu palety do magazynu, wprowadza dane do programu sterującego w postaci informacji o miejscu, gdzie paleta została umieszczona w magazynie oraz numer palety. Układarka pobiera palety z półek magazynu (5), odkłada je na stanowisko odkładcze (7), znajdujące się pomiędzy magazynem, a torze jezdny oraz w kierunku przeciwnym – przenosi palety na półki magazynu z drugiej strony stanowiska odkładczego. Transport palet pomiędzy stanowiskami odkładczymi (7, 8, 9) realizuje wózek transportowy poziomego (10), który porusza się po torze jezdny (11). Układarka i wózek są wyposażone w aktywne urządzenia załadowczo-rozładowcze umożliwiające pobranie i odłożenie palety z/na stanowiska odkładcze. Podsystemy tokarski (1) i frezarski (3) obsługiwane są przez roboty przegubowe (2, 4). Zadaniem robotów jest manipulacja przedmiotami w relacji paleta – obrabiarka. Gotowy przedmiot zostaje odłożony na paletę znajdującą się na stanowisku odkładczym (8, 9). Paleta transportowana jest do magazynu regałowego na miejsce z którego zostanie pobrana [4].



Rys. 1. Konfiguracja badawczego systemu inteligentnego elastycznego wytwarzania: 1) tokarka, 2) robot tokarki, 3) frezarka, 4) robot frezarki, 5) magazyn regałowy, 6) układarka, 7) stanowiska odkładcze układarki regałowej, 8) stanowiska odkładcze tokarki, 9) stanowiska odkładcze frezarki, 10) wózek transportowy, 11) tor jezdny [1].

3. STRUKTURA PODSYSTEMU STEROWANIA

Topologię podsystemu sterowania badawczego systemu elastycznego wytwarzania przedstawia rys. 2 [3, 4].



Rys. 2. Architektura podsystemu sterowania [4]

W oprogramowaniu symulacyjnym eM-Plant utworzony jest model systemu [2]. Dla napływających zleceń produkcyjnych w procesie symulacji generowane są harmonogramy działania systemu. Do realizacji wybiera się najlepszy harmonogram, a priorytetem jest uzyskanie najkrótszego czasu obróbki wszystkich zleceń produkcyjnych (minimalna liczba przebrojeń, maksymalny współczynnik wykorzystania maszyn). Tak wygenerowany harmonogram w postaci pliku tekstowego zostaje przesłany do komputera nadrzędnego, gdzie zostaje przetworzony w algorytm sterowania systemem. Przykładowy harmonogram wygenerowany w środowisku eM-Plant przedstawia rys. 3. Jest to kompleksowa informacja na temat wszystkich ruchów układarki i wózka, od pobrania pierwszej palety przedmiotowej z magazynu do odłożenia na regał magazynu ostatniej dostarczonej przez wózek.

```
harmonogram - Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
ukladarka=>zaladuj_na_pmag_wej=>5
wozek=>z=mag_wej==>do=zaladuj_mag11=5
wozek=>z=mag_11==>do=mag
ukladarka=>zaladuj_na_pmag_wej=>1
wozek=>z=mag_wej==>do=zaladuj_mag21=1
wozek=>z=mag_21==>do=mag
ukladarka=>zaladuj_na_pmag_wej=>6
wozek=>z=mag_wej==>do=zaladuj_mag12=6
wozek=>z=mag_12==>do=mag
ukladarka=>zaladuj_na_pmag_wej=>2
wozek=>z=mag_wej==>do=zaladuj_mag22=2
wozek=>z=mag_22==>do=rozladuj_mag11
wozek=>z=mag_11==>do=mag=5
wozek=>z=mag_wyj==>do=mag
stop
```

Rys 3. Przykładowy harmonogram pracy systemu

W skład podsystemu sterowania wchodzi sześć komputerów, z których cztery połączone są za pomocą koncentratora HUB z protokołem TCP/IP. Komputery (2, 3, 4) odpowiedzialne są za sterowanie poszczególnych podsystemów.

W komputerze (1), jako jednostce centralnej, zainstalowane jest oprogramowanie sterujące, którego zadaniem jest utworzenie algorytmu sterowania oraz nadzorowanie pracy podsystemów.

W podsystemie magazynowo-transportowym komputer (2) steruje pracą układarki regałowej i wózka transportu poziomego. Oprogramowanie sterujące w komputerze (2) wymagało zbudowania układu wejść/wyjść, który zapewnia swobodną wymianę informacji pomiędzy programem sterującym, a sterowanym procesem. Układ wejść/wyjść stanowią dwie karty ISA 1, ISA 2 oraz niezależny port szeregowy RS232.

Urządzeniami wykonawczymi w układarce i wózku są silniki krokowe oraz silniki prądu stałego. Sygnały wejściowe pochodzą od czytnika kodów paskowych i mikroprzełączników do lokalizacji palet transportowych i urządzeń aktywnych.

W podsystemie technologicznym tokarskim komputer (3) steruje obrabiarką oraz pełni rolę nadrzędną względem komputera (5), który poprzez interfejs robota komunikuje się z robotem. Urządzeniami wykonawczymi robotów o strukturze przegubowej są serwonapędy firmy Hitec. Do prawidłowej współpracy obrabiarki z robotem zaprojektowano i skonstruowano interfejs komunikacyjny.

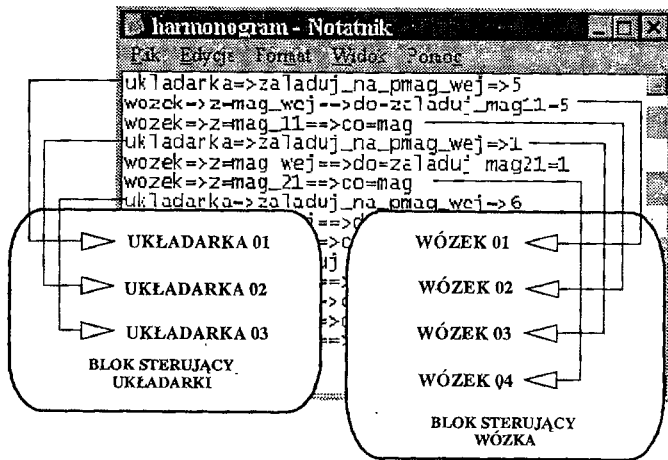
Sterowanie podsystemu technologicznego frezarskiego jest identyczne jak dla podsystemu tokarskiego.

Komputery sterujące podsystemami (2, 3, 4) uzyskują sygnały z komputera nadrzędnego (1) oraz za pośrednictwem HUB'a przekazują informacje zwrotne do komputera centralnego [3].

4. ALGORYTMY STEROWANIA SYSTEMEM

Zgodnie z ideą przedstawioną w drugim rozdziale artykułu, opracowano i zaimplementowano algorytmy i oprogramowanie sterujące w środowisku Object Pascal 5.0. Centralny program sterujący został opracowany i zainstalowany w komputerze nadrzędnym (1). Do programu przed rozpoczęciem pracy wczytywany jest plik harmonogramu wygenerowany w oprogramowaniu symulacyjnym. W następnym kroku sprawdzany jest stan wszystkich czujników oraz powrót układarki regałowej i wózka transportowego na pozycję bazową.

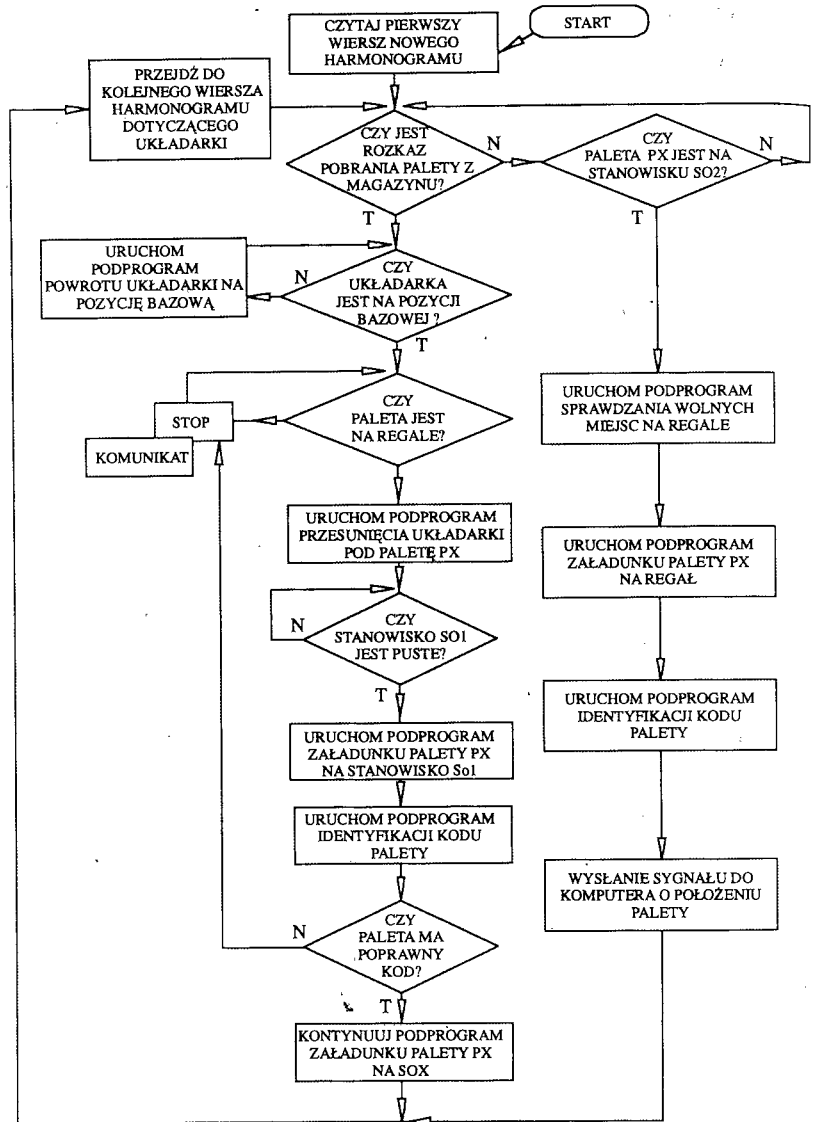
Rozkazy zapisane w harmonogramie są szeregowane w dwóch blokach: blok zadań sterujących dla układarki i blok zadań sterujących dla wózka co pokazuje rys. 4.



Rys 4. Szeregowanie zadań sterujących

4.1. Algorytm sterowania pracą układarki regałowej

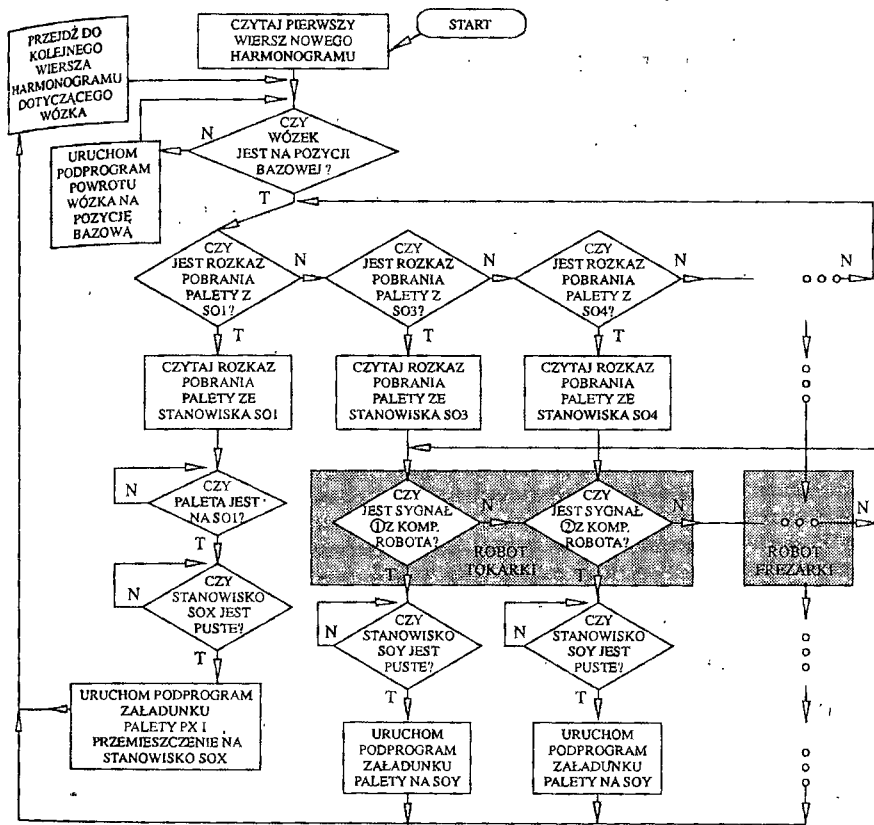
Algorytm sterowania pracą układarki przedstawia rys. 5. Algorytm sterowania pracą układarki zainstalowany jest w komputerze podsystemu magazynowo – transportowego (2). Diagram sterujący urządzenia rozpoczyna się od wczytania pierwszego bloku wiersza harmonogramu dotyczącego układarki regałowej. Przed uruchomieniem poszczególnych bloków w części wykonawczej podprogramu, algorytm rozpoczyna się od przemieszczenia układarki na pozycję bazową, względem której określone są współrzędne półek na regale. W przypadku polecenia pobrania palety z magazynu, układarka transportuje paletę z magazynu na stanowisko odkładcze lub przemieszcza ją ze stanowiska w kierunku regału.



Rys. 5. Algorytm pracy układarki regałowej

4.2. Algorytm sterowania pracą wózka transportowego

Algorytm sterowania pracą wózka przedstawia rys. 6. Jak w przypadku układarki algorytm sterowania wózka zainstalowany jest w komputerze podsystemowym (2). Program rozpoczyna się od wczytania pierwszego bloku wiersza harmonogramu dotyczącego wózka. Większa złożoność algorytmu wózka wynika z większej liczby stanowisk odkładczych, które są obsługiwane przez to urządzenie.

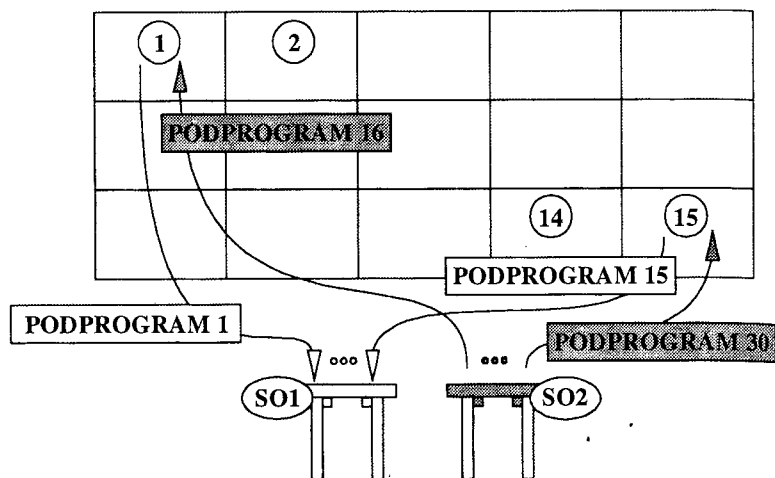


Rys. 6. Algorytm pracy wózka

Algorytm sterowania pracą układarki regałowej i wózka kończy się w momencie wczytania ostatniego wiersza sterującego z nowego bloku harmonogramu przedstawionego na rys. 4.

5. PODPROGRAMY STERUJĄCE UKŁADARKĄ I WÓZKIEM

Idea sterowania opiera się na stworzeniu kodów sterujących (podprogramów), które wywołane w odpowiedniej kolejności zgodnie z zadaniem nowym harmonogramem zapewnią możliwość sterowania pracą systemu. Dla zrealizowania pracy układarki regałowej należało opracować 30 podprogramów sterujących przemieszczeniami przedstawionymi na rys. 7.



Rys. 7. Numeracja podprogramów sterujących pracą układarki

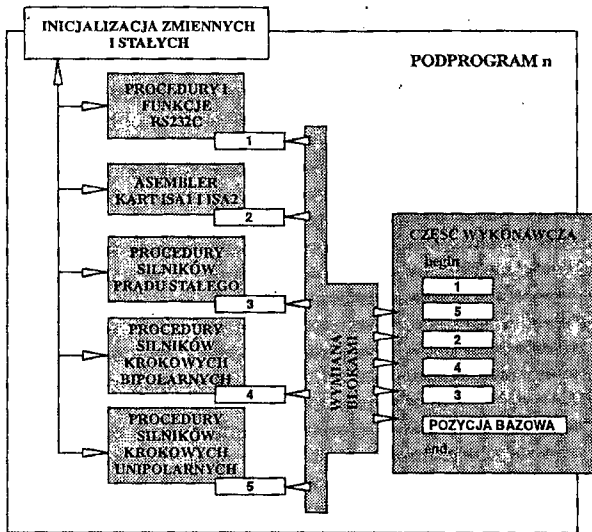
Podprogram 1 interpretuje się jako przemieszczenie układarki regałowej z pozycji bazowej po paletą umiejscowioną na regale nr ① i odłożeniu jej na stanowisko odkładcze SO1. Analogicznie jak dla układarki regałowej opracowane są również podprogramy dla wózka transportowego.

Podprogramy zostały napisane, skompilowane oraz przetestowane w języku Borland Delphi 5, przy użyciu gotowego modułu Console Application [4].

Każdy z podprogramów ma stałą budowę strukturalną, na którą składają się następujące bloki programowe:

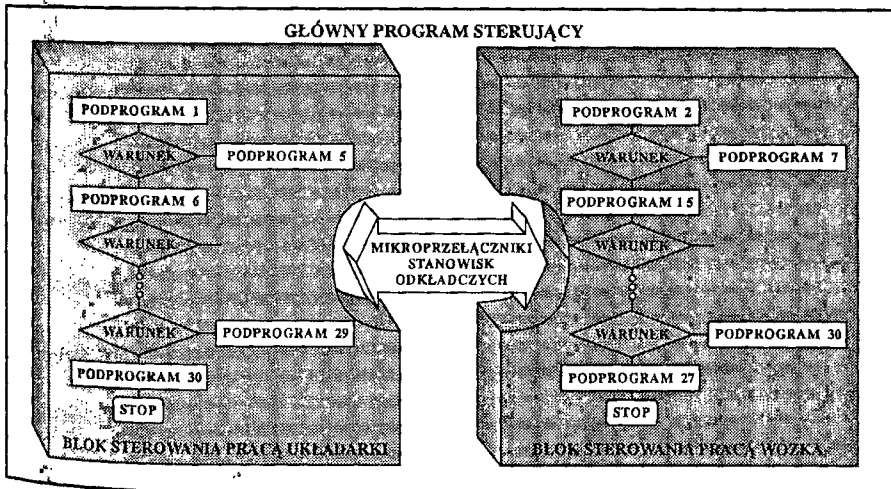
- Blok inicjalizacji stałych oraz zmiennych wartości potrzebnych do uruchomienia pliku;
- Blok procedur i funkcji odpowiedzialnych za komunikację poprzez port szeregowy komputera;
- Blok programowy w języku Asembler – obsługa kart ISA1 i ISA2;
- Blok procedur obsługujących silniki prądu stałego;
- Blok uruchamiający silniki metodą bipolarną;
- Blok uruchamiający silniki metodą unipolarną;
- Część wykonawcza powyższych bloków.

W każdym z podprogramów wymienione wyżej bloki powtarzają się natomiast zmieniać ulega część wykonawcza algorytmu. Idea wymiany informacji pomiędzy blokami w podprogramach przedstawia rys. 8.



Rys. 8: Diagram blokowy podprogramów

Do uruchomienia tak stworzonych podprogramów zarówno dla układarki jak i dla wózka transportowego potrzebny jest program, który będzie czuwał nad poprawnością ich wykonywania się. Główny program sterujący do uruchomienia powyższych podprogramów przedstawiony jest w postaci schematu blokowego na rys. 9.



Rys. 9: Program sterujący pracą systemu

Pojedynczy blok sterowania pracą układarki jak i wózka złożony jest z diagramu sterującego, złożonego z odpowiednich podprogramów, które rozmieszczone i wykonywane są zgodnie z wygenerowanym blokiem zadań. Pomiędzy ustalonymi przemieszczeniami układarki bądź wózka znajdują się warunki wykonania kolejnego podprogramu.

6. PODSUMOWANIE

Budowany miniaturowy system wytwarzania od strony konfiguracji, sterowania i organizacji pracy odpowiada rzeczywistemu systemowi stosowanemu w przemyśle. Prezentowany system pozwala zatem na prowadzenie doświadczalnej weryfikacji metod i symulacji komputerowych w zakresie planowania, harmonogramowania i sterowania produkcją.

Literatura

- [1] HONCZARENKO J., BERLIŃSKI A., SZUMOTALSKI W., SOSNOWSKI M. *Miniaturowy system elastycznego inteligentnego wytwarzania*. PAR Miesięcznik Naukowo-Techniczny, nr 7-8/2002, s. 5-9.
- [2] HONCZARENKO J., JAŁOWICKI S.: *Model symulacyjny elastycznego inteligentnego systemu wytwarzania*. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej AUTOMATION 2003 Warszawa 2-4 kwiecień 2003, s. 129-138.
- [3] HONCZARENKO J., BERLIŃSKI A., SZUMOTALSKI W., SOSNOWSKI M. *Sterowanie badawczym systemem elastycznego inteligentnego wytwarzania*. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej AUTOMATION 2002, Warszawa 20-22 marzec 2002, s. 140-148.
- [4] Raport z realizacji projektu badawczego nr 8 T07D 00420: *Badawczy system elastycznego inteligentnego wytwarzania*. Szczecin 2003 (nie publikowany).