ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: AUTOMATYKA z. 45 Nr kol. 581

Anna Szeluga, Janusz Pelc
Instytut Maszyn Matematycznych

ZAGADNIENIA WYBORU SPRZĘTU KOMPUTEROWEGO I PROJEKTOWANIA SPECJALIZOWANYCH URZĄDZEŃ DLA MINIKOMPUTEROWEGO SYSTEMU STEROWANIA CENTRUM PRODUKCYJNYM

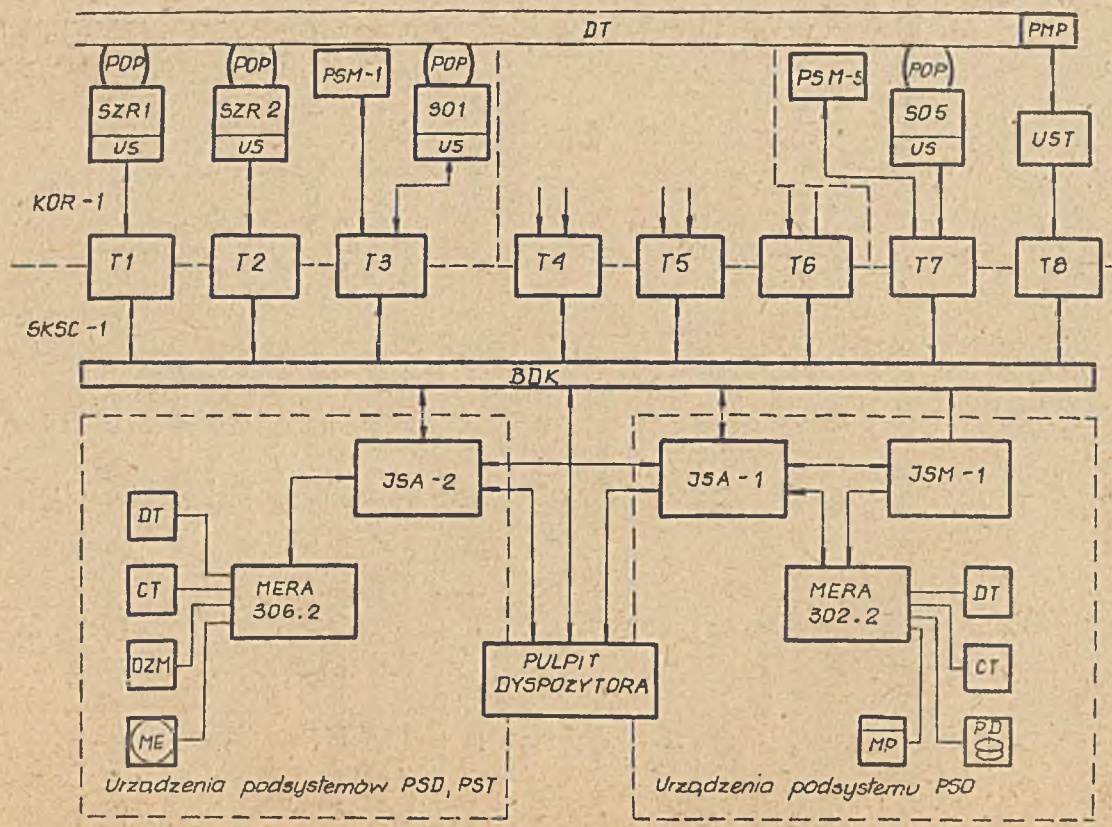
Streszczenie: Podano podstawowe informacje o sterowanym obiekcie oraz zagadnienia wyboru sprzętu komputerowego i projektowania specjalizowanych urządzeń na przykładzie minikomputerowego systemu SKSC-1, sterowania centrum produkcyjnym obrabiarek KOR-1. Przedstawiono także pewne zagadnienia związane z uruchamianiem SKSC-1 oraz uwagi i wnioski uzyskane w okresie projektowania, uruchamiania i próbnej eksploatacji systemu.

Charakterystyka centrum produkcyjnego KOR-1 - obiektu sterowanego przez SKSC-1

Centrum produkcyjne KOR-1 opracowane przez Centrum Badawczo-Konstrukcyjne Obrabiarek w Pruszkowie jest automatyczną linią do jednoczesnej obróbki wielu różnych korpusów żeliwnych.
Jest ono obiektem sterowanym przez opracowany w Instytucie Maszyn Matematycznych system komputerowego sterowania SKSC-1.
Obiekt sterowany składa się z:

- 5 stacji obróbkowych SO1 ÷ SO5
- 2 stacji załadowczo-rozładowczych SZR1 i SZR2
- 5 stanowisk magazynowych PSM1 ÷ PSM5
- 1 stanowiska wysypywania wiórów SWW

rozmieszczonych wzdłuż drogi transportowej, po której porusza się podajnik międzyoperacyjny palet (wózek PMP), umożliwiający przewożenie palet między tymi urządzeniami (rys. 1).
Centrum produkcyjne wyposażone jest w określoną ilość palet, na których w stacjach załadowczo-rozładowczych mocowane są przedmioty przeznaczone do obróbki w stacjach obróbkowych.
Stacja obróbkowa składa się z obrabiarki sterowanej numerycznie, posiadającej magazyn narzędzi oraz z podajnika operacyjnego palet (POP).
W obrabiarkach przedmiot poddawany jest obróbce zgodnie z programem operacji technologicznych (POT). Obrabiarka jest sterowana w systemie BRT DNC POP umożliwia zabranie na jedno ze swych ramion palety z PMP. Przez obrót ramion POP paleta może być przeniesiona i ewentualnie oddana na stół obrabiarki i podobnie paleta ze stołu obrabiarki może być zabrana i przeniesiona na PMP.



Objaśnienia :

DT - droga transportowa
PMP - podajnik międzyoperacyjny palet
UST - układy sterowania transportem
SO - stacja obróbkowa
US - układy sterowania
PSM - pomocnicze stanowisko magazynowe
POP - podajnik operacyjny palet
SZR - stanowisko załadowczo-rozładowcze

T - terminal transmisji
BDK - blok doprowadzeń kabli
JSM-1, JSA-1, JSA-2 - specjalizowane jednostki sterujące
DT - dziurkarka taśmy papierowej
CT - czytnik taśmy papierowej
DZM - drukarka mozaikowa
ME - monitor ekranowy
MP - maszyna do pisania
PD - pamięć dyskowa

Rys. 1. Schemat blokowy systemu komputerowego sterowania SKSC-1 wraz z centrum produkcyjnym KOR-1

Stacja załadowczo-rozładowcza składa się ze stanowiska załadowczo-rozładowczego i podajnika POP o funkcjach identycznych jak w SO. Stanowisko SZR zawiera pulpit operatora umożliwiający komunikowanie się SKSC-1 z obsługą stanowiska. W SZR obsługa mocuje na palecie przedmiot przeznaczony do obróbki w centrum lub zdejmuje z palety przedmiot po obróbce. Pomocnicze stanowisko magazynowe wyposażone jest w dwa automatyczne zasobniki, w których mogą być przechowywane palety z przedmiotami do obróbki, przedmiotami całkowicie obrobionymi lub częściowo obrobionymi. PSM posiada możliwość pobrania lub oddania palety do PMP. Podajnik międzyoperacyjny palet posiada miejsce do umieszczenia palety, paleta umieszczana jest na PMP lub zabierana z PMP przy pomocy POP lub mechanizmu PSM. Wymienione wyżej urządzenia wyposażone są w układy sterownicze (US). Układy te przyjmują i realizują polecenia z SKSC-1 oraz informują na bieżąco SKSC-1 o stanie urządzeń i maszyn centrum. Układy sterownicze i pulpity umieszczone są obok urządzeń centrum na hali produkcyjnej, natomiast urządzenia SKSC-1 znajdują się w pomieszczeniu klimatyzowanym zwanym dyspozytornią. Sygnały z SKSC-1 do urządzeń obiektu i sygnały z obiektu do SKSC-1 przesyłane są torami specjalnej transmisji. Sygnały odbierane na hali w terminalach odpowiadają standardom TTL. Występują więc dodatkowo adaptery dopasowujące parametry sygnałów współpracy US do standardu TTL.

Zadania SKSC-1 - systemu komputerowego sterowania centrum oraz koncepcja systemu zapewniająca ich realizację

SKSC-1 steruje na bieżąco procesem produkcyjnym realizując w pełni zautomatyzowaną i wydajną obróbkę korpusów.
Ogólnie sterowanie z SKSC-1 polega na wysyłaniu poleceń do US i potwierdzeniu przez US ich realizacji.
Sama obróbka przedmiotu zdeterminowana jest programem operacji technologicznych POT. Jest on przez SKSC-1 pamiętany i dostarczany na żądanie do USN (układów sterowania numerycznego obrabiarką).
W tym zakresie zadanie SKSC-1 sprowadza się do niezakłóconego i zgodnego z założonym harmonogramem dostarczania danych POT do wszystkich zgłaszających się USN.
Pozostałe zadania SKSC-1 to sterowanie przepływem (transportem) palet między stanowiskami centrum oraz sterowanie załadowaniem i rozładowaniem palet w stanowiskach załadowczo-rozładowczych. Sterowanie to powinno zapewnić minimalny czas oczekiwania obrabiarki na następny przedmiot do obróbki, po zakończeniu obróbki poprzedniego przedmiotu.
Podana charakterystyka obiektu oraz ogólnie określone zadania SKSC-1 wyznaczają w zasadzie wymagania na sygnały współpracy SKSC-1 z obiektem. Podanie tych sygnałów oraz szczegółowe opisanie ich parametrów jest podstawowym etapem niezbędnym dla realizacji projektu systemu. Ze względu na wielkość zadań SKSC-1, przy ich różnym charakterze oraz w celu ułatwienia projektowania i uruchamiania podzielono system sterowania na podsystemy. Przyjęto zasadę, że w ramach podsystemu powinny zamknąć się określone zadania - funkcje.

W wyniku analizy tych zadań, system podzielono na:

- podsystem sterowania stacjami obróbkowymi (PSO)
- podsystem sterowania transportem (PST)
- podsystem sterowania dyspozycyjnego (PSD).

PSO zapewnia pełną obsługę stacji obróbkowych. Do jego zadań należy dostarczanie do USN danych POT, sterowanie podajnikami palet w stacjach obróbkowych, współpraca z pulpitami operatora, informowanie podsystemów PST i PSD o stanie stacji obróbkowych. Przyjęto magazynowanie POT w pamięci dyskowej. Podsystem PSO wyszukuje tam właściwy dla obrabianego przedmiotu program.

Podstawowym zadaniem podsystemu sterowania transportem PST jest dostarczenie w odpowiednim czasie odpowiednich palet z przedmiotami do obróbki w danej stacji oraz odbieranie z niej palet z obrobionymi przedmiotami. PSD steruje stacjami załadowczo-rozładowczymi; tj. podaje operatorowi na stacjach załadowczo-rozładowczych polecenie załadowania określonego przedmiotu na paletę z odpowiednim wyprzedzeniem przed zabraniem tego przedmiotu do centrum, a także określa moment czasowy, kiedy stanowisko załadowczo-rozładowcze może przyjąć paletę do rozładowania.

Między wyżej omówionymi podsystemami PSO, PST i PSD stworzono zależność hierarchiczną - PST jest podsystemem nadrzędnym w stosunku do PSO, a PSD nadrzędnym do PST. Dokonano takiego podziału zadań między innymi dlatego, że decyzje podejmowane przez PSO, dotyczące jednej stacji obróbkowej, nie rzutują w sposób bezpośredni na pracę innych stacji. Koordynację pracy poszczególnych stacji SO powierzono PST. Polega ona na przestrzeganiu kolejności dostarczania przedmiotów do obróbki w poszczególnych stacjach. Kolejność tę ustala podsystem PSD na podstawie ogólnego harmonogramu obróbki przedmiotów w centrum. Z uwagi na konieczność zapewnienia możliwości wprowadzania do systemu, w dalszych etapach jego realizacji, zmian i rozszerzeń wynikających ze zmian w urządzeniach centrum jak i dodatkowych zadań stawianych istniejącym podsystemom, wybrano drogę realizacji systemu z wykorzystaniem w sposób maksymalny możliwości programowych. Wychodząc z tego założenia oraz po przeprowadzeniu dokładnej analizy zadań, zależności czasowych oraz wymagań na sygnały współpracy z centrum, zachowano w rozwiązaniu hardwaru podział na podsystemy, podobny do podziału w części oprogramowania. I tak, cały system SKSC-1 składa się z dwóch funkcjonalnie powiązanych zestawów minikomputerów wyposażonych w typowe urządzenia wejścia i wyjścia, specjalizowane jednostki sterujące oraz jednostkę pulpitu dyspozytora.

PSO zbudowano w oparciu o:

- uniwersalny minikomputer MERA 302.2 z pamięcią operacyjną 8 kbajtów i pamięcią dyskową, kanałem multipleksorowym i blokiem przerwań zewnętrznych oraz czytnikiem, dziurkarką taśmy i maszyną do pisania
- specjalizowaną jednostkę sterującą JSM-1 podłączoną do kanału multipleksora
- specjalizowaną jednostkę sterującą JSA-1 pracującą z kanałem arytmometru, wyposażoną w adapter kanał-kanał umożliwiający przesyłanie

informacji bajtami między komputerami podsystemów PSO - PST/PSD
- układy transmisji UTS zapewniające transmisję sygnałów z dyspozytorni na halę z zapewnieniem warunku odporności na zakłócenia przemysłowe.

JSM-1 przeznaczona jest do jednoczesnej transmisji do pięciu podkanałów. Każdy podkanał pracuje z jedną stacją obróbkową (SO). JSM-1 współpracuje z kanałem multipleksorowym na zasadzie standardowego interface'u minikomputera MERA 300.

JSM-1 zawiera:
- układy umożliwiające przesyłanie danych POT do wszystkich USN
- układy przełącznicy do wysyłania słowa stanu z wybranego podkanału do minikomputera
- układy generowania i wysyłania przerwań dla określonych zdarzeń zachodzących w SO.

JSA-1 przeznaczona jest do sterowania POP przy stacjach obróbkowych i zawiera:
- układy rejestrów wyjściowych, do których z komputera wpisywane są polecenia dla USP (układów sterowania podajnikami) lub dane przeznaczone dla pulpitów operatora
- przełącznicę umożliwiającą wczytanie do komputera informacji bajtowej z obiektu
- układy generowania i wysyłania przerwań do komputera dla określonych zdarzeń zachodzących w stacjach SO.

Podsystemy PSD i PST pracują w oparciu o podobny zestaw urządzeń, a mianowicie:
- uniwersalny minikomputer MERA 306.2 z pamięcią operacyjną 32 kbajtów i blokiem przerwań zewnętrznych, wyposażony w czytnik, dziurkarkę taśmy oraz w mozaikową drukarkę wierszową i monitor ekranowy
- specjalizowaną jednostkę sterującą JSA-2 z adapterem kanał-kanał
- układy transmisji UTS.

Pulpit dyspozytora i jego rola w systemie

Jednym z urządzeń wchodzących w skład zespołu sprzętu systemu SKSC-1 jest pulpit dyspozytora (JPD), który stanowi urządzenie odgrywające istotną rolę w pracy systemu.

Ogólnym celem pulpitu w systemie jest umożliwienie dyspozytorowi śledzenia na bieżąco przebiegu pracy centrum, wybranie odpowiedniego reżimu sterowania dla każdego z urządzeń obiektu, a w szczególnych przypadkach (awaryjnych) sterowanie z niego urządzeniami centrum. W tym celu do pulpitu doprowadzane są odpowiednie informacje o stanie urządzeń centrum i z niego wyprowadzane sygnały sterujące do tych urządzeń.

W dyspozytorskim reżimie pracy JPD służy do ręcznego sterowania transportem przedmiotów w całym centrum produkcyjnym, jak również sterowania ładowaniem i rozładowaniem przedmiotów na stanowiskach załadowczo-rozładowczych.

Innym istotnym zadaniem JPD jest możliwość prostego sprawdzenia, wykrycia i lokalizacji uszkodzeń szeregu urządzeń systemu.

Zagadnienia wyboru sprzętu komputerowego dla realizacji systemu SKSC-1

Przy wyborze sprzętu dla SKSC-1 kierowano się między innymi następującymi wymaganiami:

- zastosowanie minikomputerów produkcji krajowej, posiadających odpowiednią pojemność pamięci operacyjnej i wyposażonych w odpowiednią pamięć zewnętrzną
- realizacja założonej hierarchicznej struktury systemu
- modułowość zarówno w strukturze sprzętu jak i oprogramowania
- zapewnienie dostatecznej niezawodności systemu.

W okresie opracowywania systemu SKSC-1 jedynym dostępnym krajowym minikomputerem był wdrażany do produkcji minikomputer serii MERA 300, który początkowo posiadał pamięć operacyjną o pojemności 8 kbajtów. Zdecydowano się zatem na koncepcję opartą na dwóch zestawach minikomputerów, ze względu na większą pojemność pamięci operacyjnej, planowano bowiem w przyszłości rozszerzenie zadań systemu o układanie i weryfikację harmonogramu pracy centrum.

Konieczność przechowywania dużej ilości informacji zawartej w programach technologicznych, wpłynęła na zastosowanie w zestawie podsystemu PSO zewnętrznej pamięci dyskowej.

Bardzo ważnym wymaganiem dla systemu sterowania procesami przemysłowymi jest wysoka niezawodność użytego sprzętu oraz sprawny serwis. Stosowane elementy i technologie, jak również podjęcie przemysłowej produkcji i organizacja serwisu minikomputerów serii MERA 300, pozwalały spodziewać się spełnienia warunków odpowiedniej niezawodności i szybkiej naprawy zaistniałych uszkodzeń.

Przy projektowaniu jednostek specjalizowanych do systemu starano się używać elementów o dużej niezawodności i nie zbliżać się zbytnio do granicznych dopuszczalnych obciążeń, aby uzyskać dobre parametry niezawodnościowe całego zestawu.

Modułowa struktura systemu SKSC-1 daje możliwość kilku wariantów sterowania z uwzględnieniem niepełnosprawnych niektórych urządzeń. Na przykład przy uszkodzeniu zestawu minikomputerowego lub jednostki sterującej JSA-2 związanych z podsystemem PSD/PST - istnieje możliwość sterowania transportem przedmiotów i stanowiskami załadowczo-rozładowczymi z pulpitu dyspozytora, przy przesyłaniu POT z zestawu minikomputerowego podsystemu PSO. W wypadku uszkodzenia i tego podsystemu istnieje możliwość sterowania załadowaniem i rozładowaniem przedmiotów oraz ich transportem z pulpitu dyspozytora i wprowadzanie POT z taśmy papierowej poprzez czytniki układów sterowania numerycznego obrabiarek. Przy uszkodzeniu i pulpitu dyspozytora obiekt może być sterowany z pulpitów znajdujących się przy poszczególnych urządzeniach wykonawczych. Wyłączenie części systemu powoduje znaczne obniżenie jego wydajności, jednak straty są mniejsze niż byłyby w razie przestoju całego systemu.

Pewne zagadnienia związane z uruchamianiem minikomputerowego systemu sterowania, w szczególności dotyczące urządzeń symulujących obiekt

Uruchamianie minikomputerowego systemu sterowania składa się z uruchamiania zestawu sprzętu, a następnie oprogramowania. Przyjęcie koncepcji modułowej struktury, zarówno w zestawie sprzętu jak i oprogramowania, znacznie uprościło realizację prac w tym zakresie. Umożliwiło podzielenie okresu uruchamiania na etapy, z których każdy obejmował uruchomienie zestawu sprzętu przeznaczonego do realizacji ustalonych zadań, zawartych w określonym podsystemie struktury funkcjonalnej.
Z tego względu uruchamianie było o wiele łatwiejsze, ponieważ umożliwiało niezależną a zarazem jednoczesną pracę kilku osób przy różnych urządzeniach systemu, znajdujących się często w różnych pomieszczeniach.
W okresie uruchamiania, a szczególnie na etapie uruchamiania oprogramowania poważną rolę odegrały symulatory obiektu. Początkowo były to bardzo proste urządzenia symulujące tylko części obiektu ściśle związane z podsystemami PSO lub PST i umożliwiające oddzielne uruchamianie tych podsystemów.W następnych etapach prac, w celu uruchomienia kompletnego systemu sterowania realizującego wszystkie zadania systemu SKSC-1, wynikła potrzeba rozbudowanego symulatora obiektu, za pomocą którego można by było odtworzyć najbliższe rzeczywistych warunki pracy obiektu wraz z wystąpieniem możliwie wszystkich zdarzeń zarówno pojawiających się w okresie prawidłowej pracy jak i w warunkach awarii. Zaprojektowano,więc i wykonano taki symulator /SYMKOR/ i zastosowano go do uruchomienia kompletnego systemu komputerowego sterowania centrum obrabiarek.

Uwagi i wnioski uzyskane w okresie projektowania, uruchamiania i próbnej eksploatacji systemu

- Istotnym czynnikiem dla systemu automatyzacyjnego jest wybór struktury sprzętu i oprogramowania, umożliwiający łatwe rozszerzenie możliwości systemu oraz wprowadzenie koniecznych modyfikacji w dalszych etapach prac nad systemem.
  W systemie SKSC-1 możliwość tę uzyskano dzięki przedstawieniu struktury funkcjonalnej w postaci podsystemów oraz modułowej realizacji zarówno struktury sprzętu jak i oprogramowania.
- W czasie uruchamiania, zarówno sprzętu jak i oprogramowania, celowym jest stosowanie symulatorów obiektu. Umożliwiają one wykonanie wielu prób i badań sprawdzających poprawną pracę sprzętu i oprogramowania bez angażowania obiektu, co daje przyspieszenie realizacji prac i zmniejszenie kosztów mimo dodatkowych nakładów na symulatory.
  Uzyskane doświadczenia wykazują, że wygodniejsze jest budowanie symulatorów hardwarowych, możliwie dokładnie oddających właściwości obiektu niż dołączanie do systemu minikomputera, w którym byłby symulowany obiekt. Symulator taki ułatwia badanie reakcji systemu na zdarzenia zachodzące równocześnie w kilku urządzeniach obiektu.

- JPD spełnia ważne funkcje zarówno w procesie uruchamiania jak i eksploatacji, umożliwiając łatwe sprawdzenie poprawności działania sprzętu, dając możliwość śledzenia procesu na bieżąco oraz zdalnego, ręcznego sterowania w sytuacjach awaryjnych.
  Ze względu na dosyć dużą ilość elementów manipulacyjnych oraz sygnalizacyjnych, jakie zawiera pulpit dyspozytora, istotna jest jego konstrukcja, rozmieszczenie tych elementów a nawet wybór koloru lampek sygnalizacyjnych, gdyż zależy od tego stopień uproszczenia i ułatwienia pracy dyspozytora.
- Okres uruchamiania i próbnej eksploatacji wykazał, że szczególny nacisk należy położyć na dużą niezawodność sprzętu, sprawną lokalizację uszkodzeń i organizację napraw.
  Struktura systemu, zarówno sprzętu jak i oprogramowania, powinna umożliwiać pracę systemu nawet przy uszkodzeniu niektórych jego urządzeń.

ВОПРОСЫ ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕНТРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Р е з ю м е

В работе даются основные информации об управляемом объекте, а также вопросы выбора электронной вычислительной техники и проектирования специализированных устройств на примере оборудования электронной вычислительной машины SKSC-1 для управления производственным центром станков KOR-4.

PROBLEM OF COMPUTER EQUIPMENT CHOICE AND OF SPECIALIZED DEVICES DESIGN FOR THE PRODUCTION CENTER MINICOMPUTER CONTROL SYSTEM

S u m m a r y

In the paper the basic information is given, concerning the controlled object and the designing of the specialized devices for the computer control system SKSC-1. Conclusions and remarks concerning design, putting in motion and probational exploitation of the system are presented.