

Janusz Czapnik
Instytut Kompleksowych Systemów Sterowania

Bogusław Wojciechowski
Instytut Automatyki Przemysłowej i Pomiarów

PERSPEKTYWY ZASTOSOWANIA SYSTEMU CYFROWEGO ASWT M-6000 DO KOMPLEKSOWEJ AUTOMATYZACJI PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W artykule rozpatruje się możliwość zastosowania radzieckiego systemu modułów cyfrowych ASWT M-6000 w systemach kompleksowej automatyzacji procesów przemysłowych. Dokonuje się analizy własności procesora M-6000, organizacji systemu przerwań priorytetowych, kanału wejścia/wyjścia oraz struktury oprogramowania systemu. Przedstawione dane świadczą o szerokich możliwościach zastosowań systemu ASWT M-6000.

1. WSTĘP

Aktualna sytuacja na krajowym rynku informatycznym charakteryzuje się brakiem systemu cyfrowego nadającego się do natychmiastowego wdrożenia w systemach kompleksowej automatyzacji procesów przemysłowych. Zasadniczej poprawy w tej dziedzinie można oczekiwać dopiero po roku 1976. Wprowadzenie komputerów do kompleksowej automatyzacji jest więc limitowane możliwościami zakupu w krajach kapitalistycznych.

W tej sytuacji szczególnie interesujące wydają się możliwości zastosowań radzieckiego systemu ASWT M-6000, którego charakterystykę i ocenę podajemy poniżej. Omówienie to przedstawiono z punktu widzenia projektanta systemów kompleksowej automatyzacji procesów przemysłowych.

2. CHARAKTERYSTYKA KOMPUTERA W SYSTEMACH KOMPLEKSOWEJ AUTOMATYZACJI

Projektowanie systemu kompleksowej automatyzacji procesu przemysłowego wiąże się z koniecznością rozwiązania następujących problemów:

1. Przeprowadzanie rozruchu procesu i jego zatrzymywanie.
2. Akwizycja danych z procesu (rejestracja cyfrowych, analogowych i dwustanowych sygnałów nadchodzących z czujników pomiarowych).
3. Sterowanie procesem zapewniające optymalizację wybranego wskaźnika jakości.
4. Przekazywanie na zewnątrz informacji o charakterystycznych parametrach procesu.
5. Wykrywanie sytuacji awaryjnych i podejmowanie decyzji odnośnie dalszego prowadzenia procesu.

Zadania te są w całości lub w części realizowane przez system komputerowy. Złożoność systemu jest oczywiście uzależniona od postawionych przed nim zadań i może się wahać od pojedynczego minikomputera do hierarchicznie zorganizowanego systemu wielomaszynowego. Można dziś jednak uznać za regułę występowanie w systemie minikomputera, którego charakterystykę można przedstawić następująco:

- procesor liczący o dużej szybkości działania, słowo maszynowe długości 1-2 bajty,
- pamięć operacyjna wielkości 4-64 k słów,
- możliwość bezpośredniego dostępu do pamięci operacyjnej,
- możliwość podłączenia dużej liczby urządzeń zewnętrznych,
- hierarchiczny układ przerw zewnętrznych.

Istotnym parametrem systemu cyfrowego jest jego szybkość, mierzona jednak nie tyle długością cyklu pamięci, co czasem reakcji systemu na zewnętrzne zlecenie. Czas ten jest zdeterminowany przez system operacyjny, rozumiany jako całokształt środków urządzeniowych i programowych zarządzających pracą systemu cyfrowego. Odnośnie oprogramowania podstawowego minikomputerów procesorowych należy podkreślić, że zasadnicze znaczenie ma pakiet programów zarządzających, sterujących pracą systemu w reżimie "real-time". Natomiast translatory uniwersalnych języków wyższego poziomu nie są niezbędne, chociaż ich istnienie może znacznie ułatwić tworzenie oprogramowania specjalistycznego.

3. SYSTEM ASWT M-6000

3.1. Charakterystyka ogólna

ASWT M-6000 jest wielofunkcyjnym, zunifikowanym systemem modułów cyfrowych trzeciej generacji, przeznaczonych do tworzenia różnorodnych informacyjnych i sterujących systemów obliczeniowych, pracujących w reżimie "real-time". Podstawowym modułem systemu jest szesnastobitowy procesor M-6000 współpracujący z pamięcią operacyjną o pojemności od 4k do 32k słów i cyklu 2,5 μ s oraz pamięcią stałą o pojemności do 32k słów. Posiada on strukturę interfejsu na zasadzie kanałów specjalizowanych.

System posiada bardzo bogaty zestaw urządzeń WEJŚCIA-WYJŚCIA, dwa kanały bezpośredniego dostępu do pamięci, kanał inkrementalny, umożliwiające wykorzystanie pamięci operacyjnej do zliczania impulsów bez angażowania jednostki centralnej, funkcjonalnie pełny zestaw kanału przemysłowego, możliwość pracy wieloprocesorowej w systemach hierarchicznych i duplexowych.

Zestaw ASWT posiada system rozkazów zapewniający łatwość programowania (elastyczność), a także system priorytetowego przerywania. Niewątpliwą zaletą ASWT jest bardzo bogaty system oprogramowania, umożliwiający realizację wszystkich wymienionych wyżej zadań z punktu widzenia potrzeb jednostki sterującej systemem kompleksowej automatyzacji.

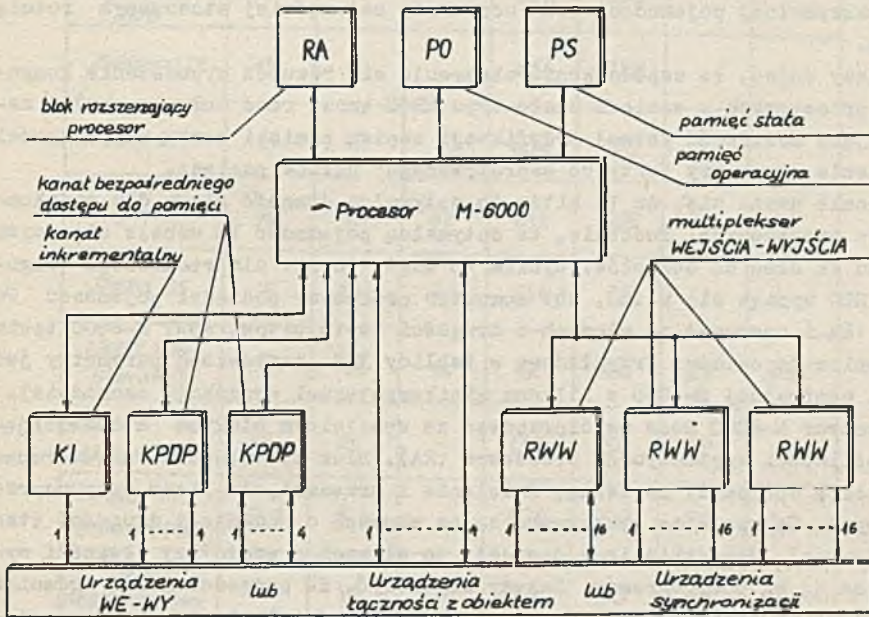
3.2. Struktura ASWT

Przyjmując jako kryterium klasyfikacji charakter funkcji realizowanych przez poszczególne moduły zestawu, można wyodrębnić pięć zasadniczych grup urządzeń:

- a) urządzenia kompleksu obliczeniowego,
- b) system przerw,ń,
- c) urządzenia WEJŚCIA-WYJŚCIA,
- d) urządzenia kanału przemysłowego,
- e) urządzenia synchronizacji.

3.2.1. Charakterystyka urządzeń kompleksu obliczeniowego

Kompleks obliczeniowy zawiera podstawowe bloki ASWT i spełnia funkcje przechowywania, przetwarzania i sterowania WE-WY informacji. Pełną konfigurację kompleksu obliczeniowego ASWT przedstawia rys. 3.1.



Rys. 3.1. Typowa konfiguracja kompleksu obliczeniowego ASWT

Podstawowym modułem kompleksu obliczeniowego jest procesor M-6000 realizujący funkcje arytmetycznego i logicznego przetwarzania 16-bitowej informacji oraz funkcje sterowania urządzeniami WE-WY. Szybkość procesora charakteryzuje możliwość wykonania do 200 tys. adresowych operacji na sekundę lub do 1800 tys. bezadresowych mikrooperacji na sekundę.

Do procesora można podłączyć bloki pamięci operacyjnej (PO) oraz pamięci stałej (PS) o ogólnej pojemności do 32k słów 16-bitowych. Dysponuje

się przy tym blokami PO o pojemności 4k i 16k oraz PS o pojemności 16k (z możliwością wykorzystania zmiennych bloków o pojemności 2k). Cykl PO wynosi $2,5 \mu s$.

Należy podkreślić, że z punktu widzenia pracy komputera w reżimie "real-time" (ważne dla komputerów procesowych!) - posiadanie pamięci stałej PS nazywanej często symbolem ROM (read only memory), stanowi istotną zaletę A.S.T. Dostęp bowiem do PS jest bardzo szybki - na ogół czas dostępu jest 5-10 razy krótszy w stosunku do czasu dostępu do typowej PO. Zapewnia to np. komputerowi procesowemu szybkie pobieranie z PS instrukcji typowych algorytmów regulacyjnych i optymalizacyjnych oraz znacznej ilości instrukcji dla często powtarzanych operacji logicznych i arytmetycznych. Ogólnie w przypadku realizacji często powtarzających się operacji zastosowanie PS zwiększa moc obliczeniową komputera.

A.S.T. posiada wymienne bloki PS o pojemności 2k, co odpowiada typowym rozwiązaniom światowym. Również możliwość podłączenia do procesora M-6000 PS o maksymalnej pojemności 16k odpowiada najczęściej stosowanym rozwiązaniom.

Należy dodać, że współcześnie obserwuje się również wyposażanie komputerów procesowych w pamięci stałe typu MROM (most read only memory), zapewniające możliwość łatwej modyfikacji zapisu pamięci bez konieczności niszczenia struktury "sztywno zadrutowanego" układu pamięci.

Obecnie uważa się, że 16 bitów to optymalna długość słowa dla minikomputerów procesowych. Podobnie, za optymalną pojemność PO uznaje się pojemność od 4k słów do 64k słów. Wynika to stąd, że np. dla realizacji algorytmu DDC wymaga się m.in., aby komputer procesowy posiadał pojemność PO około 16k i operował na słowach o długości 14-16 bitów. A.S.T. M-6000 takim wymaganiom odpowiada. Przykładowo w tablicy 3.2. zestawiono parametry jednostki centralnej M-6000 z kilkoma minikomputerami produkcji zachodniej.

Procesor M-6000 może współpracować ze specjalnym blokiem rozszerzającym możliwości arytmetyczne procesora (RA). Blok ten stanowi hardware'ową realizację operacji: mnożenia, dzielenia i przesunięcia liczb zmiennoprzecinkowych. Operacje te wykonywane są na słowach o podwójnej długości (tzn. 32-bitowych). Wszystkie inne operacje na słowach o podwójnej długości wykonywane są wg podprogramów. Należy zaznaczyć, że procesor może również realizować wg podprogramów operacje: mnożenia, dzielenia i przesunięcia; powoduje to jednak w konsekwencji kilkukrotne wydłużenie czasu trwania operacji.

Procesor M-6000 zapewnia przetwarzanie słów 16-bitowych (w tym liczb zmiennoprzecinkowych) w ramach operacji zawartych w podstawowej liście rozkazów (omówionej poniżej).

Współcześnie obserwowaną tendencją, zwłaszcza dla minikomputerów procesowych specjalnego przeznaczenia, stanowi wyposażanie tych minikomputerów w bogato rozbudowane układy umożliwiające realizację nawet bardzo skomplikowanych operacji w sposób hardware'owy. Ma to zwłaszcza miejsce w przypad-

TABLICA 3.2.

Typ komputera (ewentualna nazwa firmy produkcyjnej)	Typowe parametry						
	Długość słowa (il. bitów)	Min PAO	Modułowość PAO	Max PAO	Cykl pamięci [μ s]	Add time [μ s]	Ilość poziomów przenywn
PDP-8 Series (DEC)	12			32k	12÷16		
PDP-11 (DEC)	16	4k	4k	32k	1.2		
Systems 810B	16			32k	0.75		
Systems 72	16			65k	0.88		
Prodac 2000	16	4k	4k	65k	3.0		
Sigma-3	16	8k	8k	64k	0.98		100
SPIRAS 65	16	4k	4k	65k	1.8		
ARGUS 600 (Ferranti)	8	1k	1k	8k	4.0	9.2	1÷8
Marconi- -Elliott 903	18	8k		131k	6.0	24	4
Mincal 4N (Heinrich Dietz)	19÷1	1/4k		32k	5.0	80	2÷8
60-10 (AEG Telefunken)	12÷1	4k	4k	32k	1.5	4.5	4
HITAC-10 (Hitachi)	16÷1	4k		32k	1.4	2.8	
ASWT M6000	16	4k	4k 16k	32k	2.5	5.0	60

*) - czas wykonywania operacji dodawania

Rys. 3.2. Przykładowe zestawienie parametrów procesora M-6000 z kilkoma minikomputerami produkcji zachodniej

ku operacji złożonych, lecz często powtarzających się dla konkretnych zastosowań. Pozwala to (podobnie jak w przypadku zastosowania ROM), na podwyższenie szybkości działania komputera, co jest niezwykle istotne zwłaszcza dla urządzeń pracujących w czasie rzeczywistym. W skrajnych przypadkach spotykamy "sztywno zadrutowane" systemy cyfrowego sterowania. Drugą skrajność stanowią komputery o bardzo skromnej liście rozkazów realizowanych hardware'owo (np. kilkanaście), wykonujących znakomitą większość operacji przy pomocy podprogramów.

ASWT M-6000 można pod tym względem uznać za rozwiązanie kompromisowe, pozwalające wykorzystać ASWT jako środek do sterowania procesami przemysłowymi, jak również narzędzie dla przeprowadzania różnorodnych obliczeń i badań.

Warto jeszcze dodać, że mimo iż obecnie coraz wyraźniej obserwuje się tendencje do budowania minikomputerów procesowych specjalnego przeznaczenia, cechujących się bardzo rozbudowaną stroną hardware'ową, ściśle związaną z charakterem zastosowań minikomputera, to jednak mimo wszystko większość uznanych firm światowych nadal produkuje komputery procesowe, które można by nazwać "uniwersalnymi", przeznaczone dla stosunkowo dużej gamy zastosowań.

Komputery te stosunkowo niedużą ilość operacji realizują hardware'owo większość natomiast operacji wykonują przy pomocy podprogramów. W większości bowiem przypadków trudno rozstrzygnąć: czy bardziej opłacalna jest produkcja komputerów, których hardware jest typowy, a software specjalizowany zależnie od zastosowań, czy też bardziej opłacalne jest rozwiązanie odwrotne. Z drugiej strony o przydatności komputera do pracy w reżimie "real-time" w większości przypadków decyduje szybkość działania i sposób sterowania urządzeniami WE-WY informacji, a nie szybkość przetwarzania informacji przez sam procesor. Duża szybkość przetwarzania informacji przez sam procesor (a co się z tym wiąże: silne rozbudowanie hardware'u), jest przede wszystkim niezbędna w komputerach dla celów obliczeniowych - bowiem szybkość ta decyduje o wydajności pracy komputera, a więc wprost rzutuje na koszty przeprowadzanych obliczeń.

W świetle powyższych uwag można stwierdzić, że procesor M-6000 (współpracujący zwłaszcza z pamięcią stałą) zapewnia wystarczająco dużą szybkość przetwarzania informacji odpowiadającą wymogom stawianym minikomputerem procesowym.

Procesor M-6000 może współpracować z dwoma kanałami bezpośredniego dostępu do pamięci (KBDP). Zapewniają one możliwość grupowego przesyłania informacji (bloków) między urządzeniami WE-WY a pamięcią przy pracującym procesorze.

W skład kompleksu obliczeniowego może również wchodzić kanał inkrementalny (KI) oraz kanał międzyprocesorowy (KMP), zwany często kanałem satelitarnym. Kanał inkrementalny umożliwia realizację grupowej operacji polegającej na zwiększeniu o 1 zawartości komórek PO, których adresy okreś-

łone są przesyłanymi do kanału kodami od urządzeń WE-WY. Natomiast kanał międzyprocesorowy wykorzystywany jest przy współpracy dwóch procesorów M-6000. Pozwala on na zapisywanie (niezależnie od pracy procesora) informacji w PO i czytanie w PO wg adresów otrzymanych z zewnątrz.

Ponadto procesor M-6000 może współpracować z trzema blokami rozszerzającymi WE-WY (RWY) typu multiplekserów. Każdy z nich zapewnia możliwość dodatkowego podłączenia do procesora, do 16 urządzeń WE-WY.

Istnienie w ASWT wymienionych wyżej trzech typów kanałów: bezpośredniego dostępu do pamięci, inkrementalnego i międzyprocesorowego posiada bardzo istotne znaczenie dla tworzenia kanałów WE-WY informacji (ważny element kompleksowych systemów sterowania). Jeżeli bowiem urządzenia WE-WY podłączono do procesora lub multipleksera WE-WY, to cała praca z urządzeniami WE-WY odbywa się wg odpowiednich podprogramów. Takie podłączenie, nazwane podłączeniem do kanału programowego, nakłada na procesor funkcje kanału WE-WY. Jest to rozwiązanie proste i zadowalające w sytuacji, kiedy nie wymaga się dużej szybkości przesyłu informacji.

Obecność w ASWT kanałów: KBDP, KI oraz KMP pozwala na pracę kompleksu obliczeniowego w reżimie "overlap" (nakładania, nachodzenia się operacji obliczeniowych i operacji WE-WY). Rozwiązanie to stanowi cechę charakterystyczną współczesnych jednostek cyfrowych. W tym przypadku jednostka centralna jedynie inicjuje operacje WE-WY, natomiast urządzenia WE-WY posiadają autonomiczne układy sterujące i realizują własne rozkazy wprowadzania i wyprowadzania danych. Mówimy w tym przypadku o sterowanym kanale WE-WY. Wyróżnia się dwa rodzaje jego wykonania:

- a) tzw. "selector chanal" - współpraca tylko z jednym urządzeniem WE-WY,
- b) tzw. "multiplexer chanal" - współpraca z kilkoma urządzeniami WE-WY, to rozwiązanie przyjęto w ASWT).

Praca jednostki cyfrowej w reżimie "overlap" zapewnia wysokie zdolności przepustowe systemu WE-WY.

Reasumując, zestaw modułów ASWT M-600 spełnia wymagania stawiane nowoczesnym komputerom procesorowym polegające na istnieniu dużej liczby kanałów WE-WY oraz szybkiego przesyłu i przetwarzania informacji. ASWT pozwala na podłączenie do kompleksu obliczeniowego bardzo dużej liczby kanałów (dokładne informacje poniżej), wobec tego zapewnienie możliwości równoległego wykonywania operacji obliczeniowych i WE-WY jest bardzo istotne ze względu na zapewnienie wysokiej szybkości działania systemu.

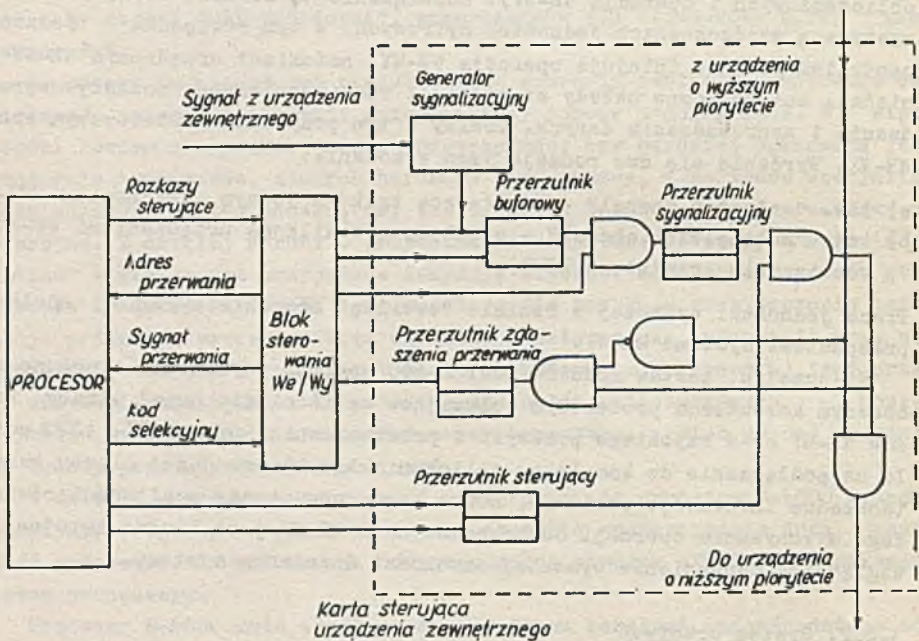
3.2.2. System przerwań

Przez system przerwań będziemy tu rozumieć nie tyle wydzielony blok funkcyjny systemu cyfrowego, lecz sposób współpracy różnych elementów systemu. Współpraca ta ma umożliwić urządzeniom zewnętrznym, pracującym niesynchronicznie z procesorem, przerywanie pracy jednostki centralnej i wywołanie odpowiedniej procedury obsługi.

Dla urządzenia zewnętrznego ze standardową kartą sterującą, mechanizm generowania przerwania można przedstawić następująco:

Sygnał z urządzenia przerywającego załącza przerzutnik buforowy na karcie sterującej urządzenia. Umożliwia to załączenie przerzutnika sygnalizacyjnego. Jeśli w tym samym czasie żadne urządzenie o wyższym priorytecie nie zgłasza przerwania, zostaje załączony kolejny przerzutnik, powodując przesłanie sygnału do bloku sterowania urządzeniami WE-WY procesora. W bloku sterującym zostaje wówczas uformowany 6-bitowy sygnał przerwania.

Jeżeli rozkaz aktualnie wykonywany przez procesor dopuszcza możliwość przerwania, to po zakończeniu bieżącej fazy maszynowej procesor przechodzi w stan przerwania. Następuje wówczas zwiększenie o 1 licznika operacji (jest to adres powrotu dla programu przerwanej), natomiast 6-bitowy sygnał przerwania (równy kodowi selekcyjnemu urządzenia przerywającego) zostaje wpisany do rejestru adresowego pamięci. W komórce pamięci o tym numerze powinien znajdować się rozkaz skoku do podprogramu obsługującego dane przerwanie. Procedura ta musi przechować adres powrotu oraz ochronić przed zniszczeniem zawartości rejestrów procesora w momencie przerwania.



Rys. 3.3. Schemat układu generującego przerwanie

System przerwania procesora M-6000 charakteryzuje się następującymi właściwościami:

System przerwań procesora M-6000 charakteryzuje się następującymi własnościami:

1. Istnieje możliwość podłączenia do 60 urządzeń przerywających o różnych kodach selekcyjnych. Numer kodu selekcyjnego związany jest z łączówką, do której podłączona jest karta sterująca danym urządzeniem.
2. Kod selekcyjny jednoznacznie określa poziom priorytetu urządzenia (najwyższy priorytet - kod selekcyjny 04_8 , najniższy - kod 77_8). Kod selekcyjny 04_8 jest zarezerwowany dla przerwania przy zaniku napięcia zasilającego, 05_8 - dla przerwania przy wystąpieniu błędu parzystości.
3. Dla adresów obsługujących przerwania zarezerwowane są w pamięci operacyjnej adresy od 00004_8 do 00077_8 .
4. System przerwań jest załączany (wyłączany) przez przerzutnik znajdujący się w bloku sterowania. Przerzutnik ten może być ustawiany programowo.
5. Aby urządzenie mogło zgłosić przerwanie, przerzutnik sterujący na karcie tego urządzenia musi być uprzednio ustawiony w położeniu "1".
6. Włączenie napięcia zasilania powoduje wyłączenie systemu przerwań i wyzerowanie przerzutników sterujących na kartach wszystkich urządzeń.
7. Aby zmienić priorytet danego urządzenia, należy zmienić mu kod selekcyjny przez wsunięcie karty sterującej do innej łączówki. Można również sztucznie podnieść poziom priorytetu urządzenia, zerując przerzutniki sterujące na kartach urządzeń o niższych numerach kodu selekcyjnego.

Poświęcamy systemowi przerwań tyle uwagi, gdyż ma on wielki wpływ na efektywność systemu cyfrowego, sterującego procesami przemysłowymi. Ogólnie można ocenić, że ilość możliwych do podłączenia urządzeń przerywających nie jest krytyczna ze względu na możliwość zastosowania ekspanderów. Ocenimy natomiast krytycznie organizację poziomów priorytetu. Przydział priorytetów jest sztywny, a ilość poziomów (do 60) utrudnia efektywne maskowanie. Ponieważ przy sterowaniu procesem przemysłowym może zachodzić konieczność zmian poziomów priorytetu zależnie od sytuacji w procesie (np. przy wystąpieniu awarii) ograniczenia te mogą w tym przypadku spowodować wydłużenie czasu reakcji systemu.

3.2.3. Urządzenia wejścia-wyjścia

ASWT M-6000 zawiera kompleks urządzeń WE-WY obejmujący następujące moduły:

- 1) teletype - T 63,
- 2) czytnik taśmy papierowej szybki,
- 3) czytnik taśmy papierowej pracujący z rewersją,
- 4) dziurkarka taśmy papierowej,
- 5) urządzenie WE-WY na kartach magnetycznych,

- 6) drukarka wierszowa: wolna i równoległa,
- 7) drukarka wierszowa z klawiaturą - Consul 260,
- 8) drukarka wierszowa informacji technologicznej,
- 9) urządzenie indykacji danych (alphanumeric crt),
- 10) urządzenie indykacji graficznych danych (display crt),
- 11) pamięć dyskowa (500k słów, średni czas dostępu 200 μ s),
- 12) zegar.

Urządzenia te spełniają funkcje: przyjęcia informacji z licznych zewnętrznych nośników i klawiatur, przekształcenia jej i przesył do kompleksu obliczeniowego, przekształcenia i zapamiętania jej na zewnętrznych nośnikach i wskaźnikach. Ponadto urządzenia WE-WY spełniają funkcję generacji sygnałów czasu.

Charakter funkcji wypełnianych przez kompleks modułów WE-WY przeznacza te urządzenia przede wszystkim jako środek komunikacji na linii: operator - komputer. Rozwiązania techniczne urządzeń WE-WY posiadają parametry stawiające je na poziomie średniej klasy światowej.

Warto podkreślić zastosowanie w ASWT M-6000 kart magnetycznych wykorzystujących kontaktowy zapis i odczyt informacji. Zaletą ich jest stosunkowo duża pojemność (1024 punkty) oraz duża szybkość zapisu i odczytu (10 kHz).

Zaletą ASWT jest również posiadanie pamięci dyskowej o pojemności 500k słów 16-bitowych. Istnienie takiej pamięci jest niezbędne np. z punktu widzenia możliwości wykorzystania ASWT jako komputera procesowego przeznaczonego do sterowania nadrzędnego (supervisor machine).

3.2.4. Organizacja kanału przemysłowego

Niezależnie od urządzeń WE-WY, będących środkiem łączności na linii: operator - komputer, ASWT M-6000 posiada oddzielny kompleks urządzeń kanału przemysłowego, tzn. urządzeń sprzęgających komputer z procesem technologicznym.

Urządzenia kanału przemysłowego realizują z jednej strony funkcje:

- przyjęcia różnych analogowych i dyskretnych sygnałów otrzymywanych od procesu technologicznego,
- normalizacji i komutacji tych sygnałów,
- przekształcenia i przesyłu informacji o nich do kompleksu obliczeniowego,

z drugiej zaś strony funkcje:

- otrzymania informacji z kompleksu obliczeniowego,
- przekształcenia jej na różne sygnały analogowe i dyskretne,
- komutację i przesył do obiektów technologicznych.

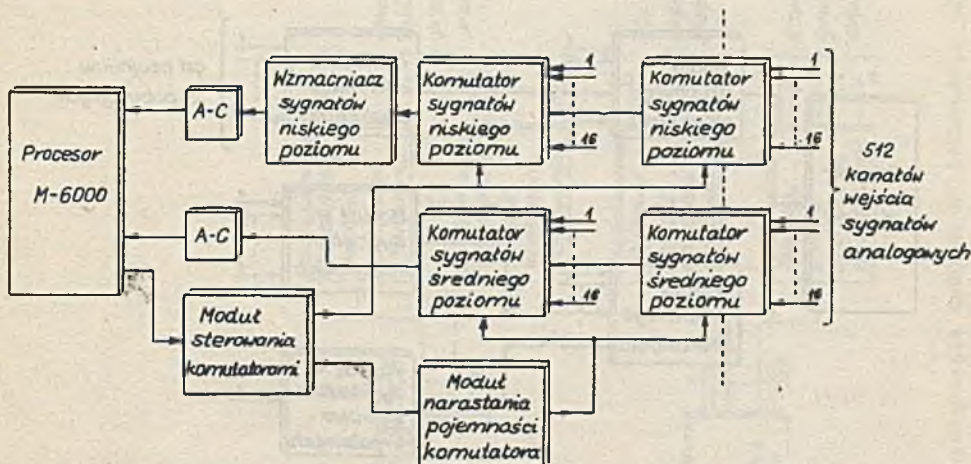
Urządzenia łączności z obiektem przemysłowym można podzielić na cztery funkcjonalne grupy modułów:

1. Moduły wejścia sygnałów analogowych.

Do grupy tej można zaliczyć następujące moduły:

- różnego typu konwertory A-C napięcia stałego,
- wzmacniacz sygnałów niskiego poziomu,
- komutatory sygnałów niskiego i średniego poziomu,
- moduł sterowania komutatorami i moduł narastania pojemności komutatora (ekspander),
- moduły normalizacji sygnałów analogowych.

Moduły należące do tej grupy można łączyć w różnoraki sposób, uzyskując układy o zróżnicowanych właściwościach przepustowych. Dzięki zastosowaniu dwustopniowej komutacji można (maksymalnie rozbudowując układ), uzyskać do 1024 kanałów WE analogowych. Przykładowe połączenie modułów WE analogowych przedstawia rys. 3.4.



Rys. 3.4. Przykładowe połączenie modułów WE analogowych

2. Moduły wyjścia sygnałów analogowych

Grupa ta zawiera:

- różnego typu konwertory C-A,
- moduł sterowania konwertorami,
- moduły zwiększenia pojemności modułu sterowania konwertorami C-A (ekspandery).

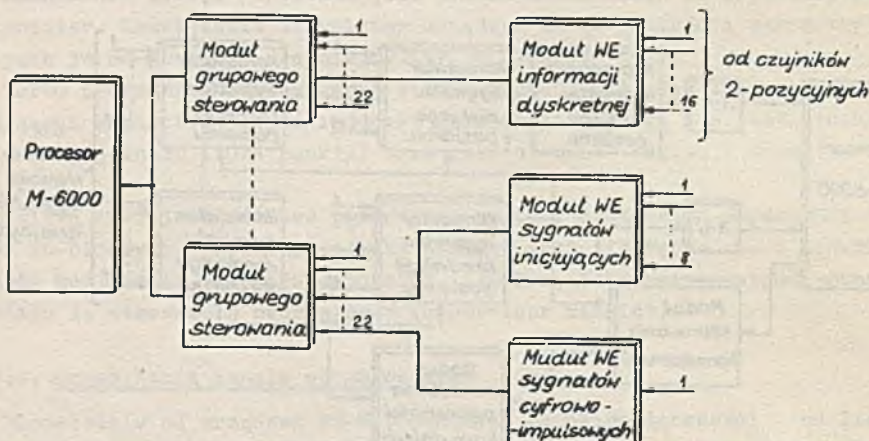
Na uwagę zasługuje duża różnorodność form przedstawiania sygnałów analogowych. Można m.in. uzyskać konwersję kodu binarnego na sygnały typu: napięcia 0÷10 V, prądu 0÷5 mA, odcinka czasu 0÷40 s, odpowiedniej liczby sygnałów impulsowych.

3. Moduły wejścia informacji dyskretnej

Grupa ta zawiera:

- moduł grupowego sterowania,
- moduł wejścia informacji dyskretnej,
- moduł wejścia sygnałów inicjujących,
- moduł wejścia sygnałów cyfrowo-impulsowych.

Moduł grupowego sterowania może sterować 22 modułami wejść informacji dyskretnej różnego typu. Przy czym, z uwagi na możliwość zastosowania dużej ilości modułów grupowego sterowania ilość kanałów dla wprowadzania informacji dyskretnej może być bardzo znaczna. Autorzy ASWT M-6000 podają przykład układu o 700 kanałach WE informacji dyskretnej. Przykładową konfigurację układu WE informacji dyskretnej przedstawia rys. 3.5.



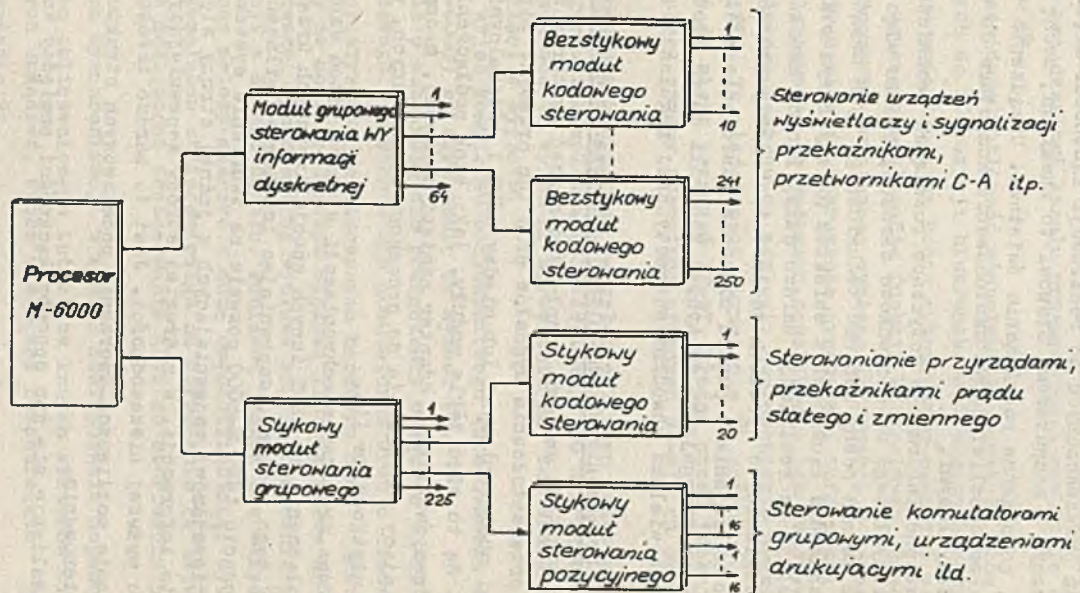
Rys. 3.5. Przykładowe połączenie modułów WE informacji dyskretnej

4. Moduły wyjścia informacji dyskretnej

Grupa ta obejmuje:

- bezstykowe moduły kodowego sterowania,
- moduł grupowego sterowania wyjściem informacji dyskretnej,
- stykowe moduły kodowego sterowania,
- stykowy moduł grupowego sterowania.

Bezstykowe moduły kodowego sterowania służą do sterowania urządzeniami wyświetlaczy, przełącznikami, układami scalonymi, przetwornikami C-A, urządzeniami sygnalizacji itd. Również w tym przypadku ilość WY informacji dyskretnej może być praktycznie bardzo duża. Autorzy ASWT podają przykład układu o 250 kanałach wyjścia informacji dyskretnej. Natomiast rys. 3.6.1 lustruje przykładowo, w jaki sposób można łączyć moduły wyprowadzania dyskretnych danych.



Rys. 3.6. Przykładowe połączenie modułów WY informacji dyskretnej

Charakterystyka urządzeń kanału przemysłowego została przeprowadzona w sposób szkicowy i nieco schematyczny, wspominając zaledwie o niektórych parametrach przedstawionych modułów, bowiem dokładniejsze dane techniczne można znaleźć w katalogu ASWT M-6000.

Na podstawie tych informacji można stwierdzić przede wszystkim, że:

1. Zestaw modułów ASWT M-6000 posiada niezwykle bogaty asortyment urządzeń przeznaczonych do realizacji łączności między procesem technologicznym i komputerem. Stanowi to znamienne cechy charakteryzującą obecne, nowoczesne rozwiązania światowe. Urządzenia te są decydującym czynnikiem umożliwiającym zastosowanie komputera do sterowania procesami przemysłowymi.
2. Dostępne informacje dotyczące rozwiązań technicznych urządzeń kanału przemysłowego są stosunkowo skromne; trudno więc na tej podstawie dokonać pełnej oceny poziomu technicznego tych urządzeń.
3. Urządzenia łączności z obiektem przemysłowym wchodzące w skład ASWT pozwalają na realizację bardzo dużej ilości kanałów WE-WY informacji technologicznej o wysokich zdolnościach przepustowych. Jest to bardzo istotny czynnik z punktu widzenia sterowania złożonym obiektem przemysłowym, wymagającym zazwyczaj kontroli dużej ilości parametrów i sterowania wieloma obwodami automatycznej regulacji.

3.2.5. Urządzenia synchronizacji. Tworzenie systemów wieloprocesorowych

ASWT M-6000 zawiera kompleks urządzeń synchronizacji realizujących funkcje przekształcenia sygnałów przy ich przesyłce między ASWT a innymi systemami obliczeniowymi lub między ASWT i oddzielnymi urządzeniami specjalnymi. Są to więc takie moduły, jak: blok podłączenia monitora ekranowego z piórem świetlnym, adapter pamięci taśmowej, modem, rejestr dupleksowy zapewniający podłączenie do procesora różnorodnych, wyspecjalizowanych urządzeń użytkownika itp.

Grupa urządzeń synchronizacji stwarza zatem szerokie możliwości łatwego dołączenia do ASWT innych specjalizowanych urządzeń nie wchodzących w skład tego zestawu, zapewniając ich kompatybilność w stosunku do ASWT.

Ponadto ASWT M-6000 pozwala na tworzenie systemów wieloprocesorowych (multisystemów) zapewniających z jednej strony większe możliwości przetwarzania informacji, a z drugiej strony zapewniających komponowanie systemów o wyższej niezawodności. Jest to bardzo istotna zaleta ASWT z punktu widzenia możliwości tworzenia podstawowych struktur systemów kompleksowego sterowania.

Realizuje się dwa sposoby łączności pomiędzy kompleksami obliczeniowymi:

- poprzez dwa rejestry dupleksowe w celu uzyskania operacyjnej wymiany informacji między dwoma współpracującymi kompleksami obliczeniowymi,

- poprzez rejestr dupleksowy i kanał satelitarny w celu tworzenia systemów hierarchicznych, a także w systemach dupleksowych do zabezpieczenia automatycznej diagnostyki uszkodzeń i automatycznego włączania systemu.

3.3. Charakterystyka interfejsu

W systemie ASWT M-6000 interfejs między kompleksem obliczeniowym a urządzeniami WE-WY i urządzeniami kanału przemysłowego realizuje się za pomocą tzw. sprzężenia 2k.

Sprzężenie 2k przewiduje możliwość równoległego przesyłu słów informacyjnych, zawierających do 16 pozycji binarnych oraz uporządkowany system wymiany informacji na początku i na końcu wykonywania operacji wejścia-wyjścia. Sprzężenie 2k zapewnia realizację funkcji kontrolnych, zleczanych urządzeniom WE-WY i dopuszcza dwustronną wymianę informacji w jednej operacji. Zapewnia ponadto możliwość sterowania przesyłami informacji tak od procesora zgodnie z programem (w reżimach oczekiwania lub przerywania) jak i z kanału bezpośredniego dostępu do pamięci. Reprezentacja sygnałów odpowiada logice typu TTL. Te właściwości sprzężenia 2k pozwalają wyraźnie uprościć podłączenie do niego urządzeń WE-WY, kładąc część funkcji (zazwyczaj realizowanych przez organy sterujące urządzeń WE-WY) na program procesora.

Procesor M-6000 posiada 8 wyjść na sprzężenie 2k, co pozwala podłączyć do minimalnej konfiguracji kompleksu obliczeniowego do 8 urządzeń WE-WY. Multiplexer WE-WY posiada 16 wyjść na sprzężenie 2k, zaś kanał bezpośredniego dostępu do pamięci 4 wyjścia.

Maksymalna ilość wyjść kompleksu obliczeniowego (zbudowanego na bazie jednego procesora M-6000) na sprzężenie 2k wynosi 60.

Decyduje to ściśle o możliwościach podłączenia urządzeń WE-WY i urządzeń kanału przemysłowego bez stosowania komutatorów oraz o ilości poziomów priorytetowego przerywania realizowanych hardware'owo. Zastosowanie komutatorów sprawia, że można podłączyć większą ilość kanałów WE-WY do kompleksu obliczeniowego, tym niemniej wydłuża się jednocześnie czasokres uzyskiwania informacji z danego kanału. Ponieważ jednak nie wszystkie parametry technologiczne należy mierzyć z dużą częstotliwością, wydaje się, że liczba 60 wyjść kompleksu obliczeniowego na sprzężenie 2k zapewnia wystarczająco szerokie możliwości zastosowania ASWT do sterowania procesami przemysłowymi.

Istnienie urządzeń synchronizacji w ramach ASWT pozwala dopasować do interfejsu kompleksu obliczeniowego interfejs innych systemów oraz innych, specjalizowanych urządzeń, które nie można bezpośrednio podłączyć na zunifikowane sprzężenie 2k.

3.4. Oprogramowanie systemu

System ASWT M-6000 posiada bogaty zestaw oprogramowania umożliwiający bardzo różnorodne zastosowania systemu. Ponieważ opis oprogramowania uni-

wersalnego wykracza poza ramy niniejszego opracowania, ograniczymy się do przedstawienia jego ogólnej struktury. W skład oprogramowania systemu wchodzi:

1. Pakiet oprogramowania podstawowego, umożliwiający przetwarzanie danych w postaci szesnastobitowych liczb w kodzie dopełnieniowym, liczb trzydziestodwubitowych (podwójne precyzja), liczby zmiennoprzecinkowych z cechą binarną i szesnastkową oraz łańcuchów złożonych z ośmiubitowych znaków alfanumerycznych.
2. Assembler, translator języka FORTRAN i ALGOL-60, interpretatory języka BASIC oraz języków maszynowych modeli M-2000, M-3000 i M-4000 AS/T.
3. Kompleks programów sterujących operacjami wejścia/wyjścia (dla zestawu minimalnego).
4. Podstawowy system operacyjny
5. System operacyjny dla pracy wieloprogramowej w reżimie real-time.
6. Program automatycznej generacji systemu operacyjnego dla określonej konfiguracji systemu.
7. Programy edycji i diagnostyki.

Przedstawiony system oprogramowania umożliwi tworzenie programów użytkowych na różnym poziomie - zarówno na bazie języka symbolicznego jak i języków programowania wyższego poziomu. System może być w stosunkowo prosty sposób rekonfigurowany i umożliwi dobre wykorzystanie czasu jednostki centralnej. Programy użytkowe mogą być wdrażane w trakcie pracy systemu.

1. WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawione dane świadczą o tym, że system AS/T M-6000 ze względu na swą strukturę urządzeniową i bogate oprogramowanie może znaleźć bardzo szerokie zastosowanie w systemach kompleksowego sterowania procesami przemysłowymi lub w systemach gromadzenia danych. Ograniczenie stanowi tu jedynie czas reakcji systemu ze względu na stosunkowo małą szybkość jednostki centralnej. Ograniczenie to jest jednak istotne jedynie dla stosunkowo wąskiej klasy zastosowań przemysłowych wymagających bardzo dużej szybkości przetwarzania informacji.

W zakończeniu autorzy zmuszeni są przeprosić czytelnika za często dużą lakoniczność przedstawianej informacji. Wynika to jednak z bardzo skąpej, dostępnej informacji źródłowej, co - jak mamy nadzieję - zniknie w najbliższej przyszłości.

LITERATURA

- [1] Katalog firmowy systemu ASWT M-6000.
- [2] Lapidus G.: "Minicomputers Abroad - What's Available". CONTROL ENGINEERING, November 1970.
- [3] Nałęczki K.: "niektóre problemy oprogramowania maszyn cyfrowych sterujących procesami przemysłowymi". Praca doktorska, Politechnika Śląska 1972.
- [4] Paker Y., Cain G., Morse P. (red): "Minicomputers in Instrumentation and Control", The Polytechnic of Central London, 1972.
- [5] Peda E.: "Charakterystyka nowego zestawu agregatowych modułów ASWT M-6000". Biuletyn MERA 7-3, 1972.
- [6] Pike H.E.: "Process Control Software", Proc. IEEE Vol. 58, No.1.
- [7] Węgrzyn S.: "Struktury kompleksowych systemów automatyki", ("Podstawy automatyki", PWN 1972).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АГРЕГАТНЫХ
МОДУЛЕЙ АСВТ М-6000 ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Резюме

В статье рассматриваются возможности применения советской системы агрегатных модулей АСВТ М-6000 в системах комплексной автоматизации промышленных процессов. Проведено анализ свойств процессора М-6000, организации системы приоритетных перерывов, канала вход/выход, а также структуры программирования системы. Представленные данные свидетельствуют о широких возможностях применения системы АСВТ М-6000.

"PERSPECTIVES FOR APPLICATION OF THE ASWT M-6000 DIGITAL SYSTEM IN COM-
PLEX INDUSTRIAL PROCESSES CONTROL"

Summary

The authors in this paper give a brief review of possible applications of the Soviet modular computer system ASWT M-6000 in complex industrial control systems. There are analysed here the properties of the central processor M-6000, the priority interrupt system organization, input/output channel organization and the structure of the software. Presented informations indicate that the ASWT M-6000 can be widely applied in industrial service.