

BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY

P. 2400/83

# TECH

4(250)

1983

Redaguje Kolegium w składzie:

mgr A. Chróścielewska, dr inż. J. Dyczkowski (redaktor działu „Technika”),  
mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji),  
mgr S. Majchrzak (redaktor działu „Ekonomika”),  
mgr inż. J. Reluga (redaktor działu „Technologia”),  
mgr inż. M. Wajcen (redaktor naczelny),  
mgr inż. R. Zieleniewski (redaktor działu „Automatyka”)

#### Warunki prenumeraty

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW – w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 1896zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półroczu.

Cena 158 zł

**ZRZESZENIE PRODUCENTÓW ŚRODKÓW  
INFORMATYKI, AUTOMATYKI  
i APARATURY POMIAROWEJ „MERA”**



P. 2900/83

**BIULETYN TECHNICZNO-INFORMACYJNY**

**Warszawa, kwiecień 1983**

## SPIS TREŚCI

J. Zajdel	Automatyzacja obiektów z zastosowaniem komputerów /ze szczególnym uwzględnieniem mikroprocesorów/ .....	3
T. Sinołęcki	Pneumatyczny system automatycznej regulacji PNEFAL .....	16
Z. Jaworski	Elektroniczny system automatyki przemysłowej EFTRONIK .....	25

Opracowanie: Redakcja Biuletynu Techniczno-Informacyjnego "Mera",  
ul. Poezji 19, 04-994 Warszawa /tel. 12-90-11 wew. 17-54/. Wydawca:  
Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej "Mera-Pnefal", ul. Poezji 19  
04-994 Warszawa, Zam. 113/83 Nakład 1150 egz.

## Od redakcji

W niniejszym numerze Biuletynu Techniczno-Informacyjnego "Mera" zamieszczamy trzy artykuły, poświęcone aktualnym problemom automatyki przemysłowej w Polsce. Jest to początek cyklu, który obejmował będzie zagadnienia siłowników, przetworników oraz czujników. Chcieliśmy w naszym Biuletynie przedstawić aktualny obraz oraz kierunki rozwojowe automatyki w przedsiębiorstwach Zrzeszenia i najbliższej współpracujących ze Zrzeszeniem. Podamy także koncepcje kompleksowych systemów cyfrowej automatyki w zakładach MERA-ZAP, MERAMONT, MERASTER, ZE ELWRO.

Redakcja dziękuje PAP MERA-PNEFAL za nadesłane materiały i zaprasza inne zakłady automatyki do współpracy, celem jak najpełniejszego przedstawienia omówionej wyżej problematyki. Rozwój polskiej automatyki powinien stać się jednym z głównych działań dla wyprowadzenia kraju z trudności gospodarczych.

mgr inż. JERZY ZAIDEŁ  
ZPT MERA-PNEFAL

# AUTOMATYZACJA OBIEKTÓW Z ZASTOSOWANIEM KOMPUTERÓW /ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM MIKROPROCESORÓW/

Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej MERA-PNEFAL jest znaną dostawcą urządzeń automatyki przemysłowej, a także kompletatorem i dostawcą kompletnych systemów automatyzacji. Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentowanie stosunkowo młodego działu automatyki jakim są systemy komputerowe. Doświadczenia MERA-PNEFAL w tej dziedzinie ilustruje podana dalej lista referencyjna. W dalszej części artykułu omówione są typowe konfiguracje i podstawowe charakterystyki stosowanego aktualnie przez MERA-PNEFAL sprzętu komputerowego. Ostatni rozdział artykułu zawiera krótką charakterystykę rozwiązań przyszłościowych, opartych na odmiennej koncepcji i stosujących najnowocześniejszą bazę sprzętową, które są obecnie wdrażane do produkcji w MERA-PNEFAL i będą istotnym rozszerzeniem dotychczasowej oferty.

### Przemysłowe zastosowania komputerów

O szybkim rozwoju układów sterowania zbudowanych w oparciu o urządzenia komputerowe zdecydowały następujące przyczyny:

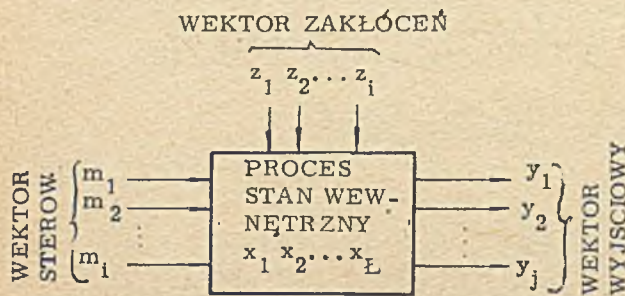
- Obniżający się systematycznie koszt wykonania o działaniu cyfrowym w stosunku do spełniających analogiczne funkcje urządzeń analogowych.
- Osiągnięcie dzięki zastosowaniu mikroprocesorów dużych możliwości przetwarzania informacji na zasadzie programowania, co umożliwia dają dużą elastyczność struktur i algorytmów sterowania.
- Doskonalenie procesów w kierunku zawężania reżimów technologicznych pociąga za sobą konieczność zwiększania dokładności pomiarów przez stosowanie znacznej obróbki matematycznej uzyskiwanych z obiektu wartości pomiarowych.

Zastosowanie komputera daje ponadto możliwość gromadzenia znacznej ilości danych o procesie, które przechowywane w pamięciach o szybkim dostępie dają możliwość wypracowywania funkcji sterującej, powodującej bliższy optymalnemu przebieg procesu niż w przypadku stosowania konwencjonalnych środków automatyzacji.

Schemat blokowy układu regulacji zbudowanego z wykorzystaniem komputera przedstawia rys. 2. Na podstawie obserwacji zbioru sygnałów wyjściowych procesu /wektor stanu  $x'$ /.

Lista referencyjna

Obiekt	Kraj	Rok instalacji	Rodzaj systemu
1. Fabryka Sody	Polska Janikowo	1977	ODRA 1325, system rejestracji i sterowania
2. Cukrownia 2000 T/24h	Polska Lublin	1978	MERA-400, system optymalizacji off-line produktowni
3. Cukrownia 5200 T/24h	Polska Krasnystaw	1978	ODRA 1325, system rejestracji i przetwarzania danych
4. Cukrownia 6000 T/24h	Węgry Kaba	1979	ODRA 1325, system rejestracji i przetwarzania danych, system sterowania wentylatorami na składowisku buraków
5. Cukrownia R19 6000 T/24h	ZSRR	1980	MERA-400, system rejestracji i przetwarzania danych
6. Cukrownia R20 6000 T/24h	ZSRR	1980	MERA-400, system rejestracji i przetwarzania danych
7. Cukrownia R21 6000 T/24h	ZSRR	1980	MERA-400, system rejestracji i przetwarzania danych
8. Refining	ZSRR	1981	MERA-400, system sterowania i optymalizacji
9. Kombinat Chemiczny w DUSLO	CSRS Sala	1982-83	MERA-400, system rejestracji i przetwarzania danych



Rys. 1. Schemat blokowy procesu dynamicznego

Na podstawie znajomości stanu procesu realizowany jest algorytm regulacji, w wyniku którego wyznaczany jest wektor sterowania  $m$ . Wektor sterowania jest wyznaczany przy żądaniu, aby stan procesu osiągnął po czasie  $\Delta t$  z góry określony stan  $x/t + t$ , gdzie  $\Delta t$  jest nazywany horyzontem sterowania. Komputer realizuje sterowanie w oparciu o równania stanu procesu:

$$x/t = F [x/t_0/; m/t_0, t/ z/t_0, t/]$$

$$y/t = G [x/t_0/; m/t_0, t/]$$

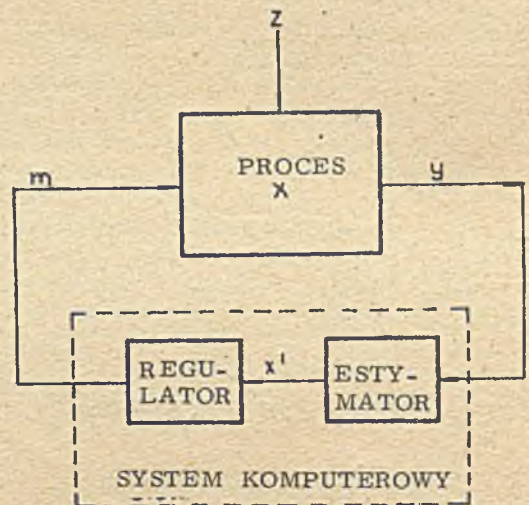
Zarówno stan jak i wektor wyjściowy zależą od stanu w chwili początkowej oraz funkcji sterowania, natomiast stan zależy dodatkowo od wektora zakłóceń, który charakteryzuje pewien zbiór wejść, na które komputer nie ma możliwości oddziaływania, może natomiast je częściowo obserwować za pośrednictwem wektora  $y$ . Sterowanie komputerowe odbywa się zazwyczaj w ten sposób, że na podstawie znajomości stanu procesu  $x/n/$  w chwili  $n$  i pomiaru wektora wyjściowego  $y/n/$  w chwili  $n$  dokonywane jest obliczenie wektora sterowania  $m/n/$ , który będzie

utrzymywany przez określony okres czasu  $\Delta t$ , aż do chwili  $n+1$ , następnie dokonywane jest obliczenie przewidywanego w chwili  $n+1$  stanu  $x/n+1/$  na podstawie równania stanu:

$$x/n+1/ = F [x/n/, m/n/, z/n/]$$

z niedokładnością wynikającą z niedoskonałości modelu matematycznego oraz działania zakłóceń, a następnie obliczany jest nowy wektor sterowania  $m/n+1/$  z równania:

$$y/n+1/ = G [x/n+1/, m/n+1/]$$



Rys. 2. Schemat blokowy komputerowego systemu sterowania

Należy tu zauważyć, że skrócenie horyzontu czasowego jest korzystne ze względu na wpływ zakłóceń, jest ograniczone możliwościami pomiarowymi i szybkością przetwarzania systemu komputerowego.

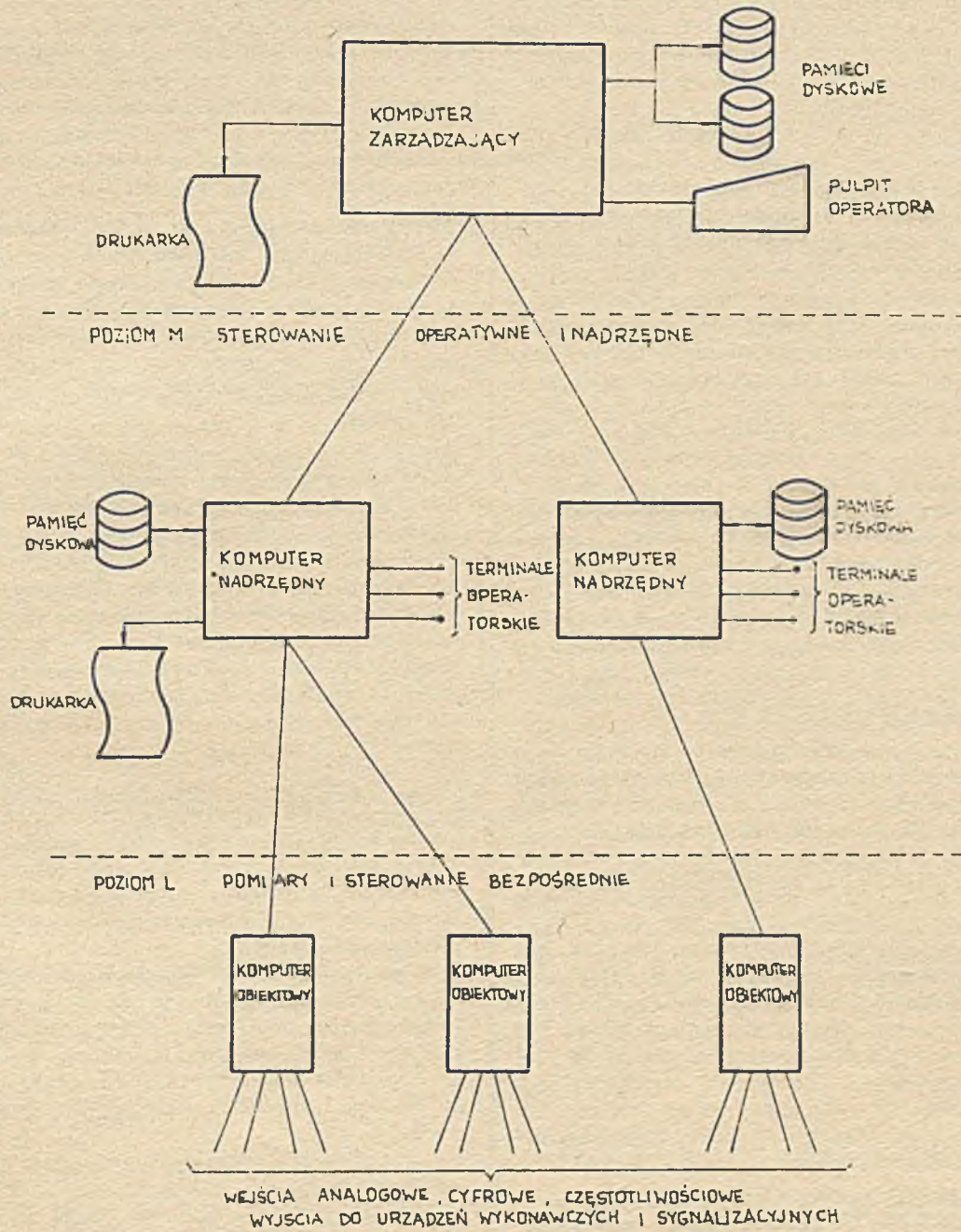
Struktury funkcjonalne systemów

Ze względów funkcjonalnych i niezawodnościowych zadanie komputerowego sterowania realizowane jest w oparciu o struktury hierar-

chiczne dostosowane do struktur kierowania i zarządzania procesami przemysłowymi. W hierarchicznej strukturze systemu sterowania wyróżnia się warstwy /poziomy/ funkcjonalne rys.3/.

Poziom L - /warstwa najniższa/ zawiera komputery pomiarowo-sterujące /obecnie najczęściej mikroprocesory/ współpracujące bezpośrednio z procesem technologicznym, wyposa-

POZIOM H ZARZĄDZANIE PRZEDSIĘBIORSTWEM



Rys.3. Hierarchiczna struktura przemysłowego systemu sterowania

żone w odpowiednie interfejsy przemysłowe, umożliwiające pomiar sygnałów obiektowych /analogowych, dwustanowych, częstotliwościowych/ oraz oddziaływanie na urządzenia wykonawcze /silowniki, stacyjki regulatorów analogowych, urządzenia sygnalizacyjne/. W warstwie tej realizowane są pomiary, sterowanie, regulacja w obszarze poszczególnych urządzeń i węzłów technologicznych.

Poziom M - /warstwa wyższa/ zawiera komputery nadrzędne realizujące funkcje sterowania operatywnego funkcjonalnie wyodrębnionych części zakładu przemysłowego lub ciągów technologicznych. Komputery te służą operatorom procesu technologicznego, dostarczając niezbędnych danych o przebiegu procesu oraz realizując algorytmy optymalizacji koordynują pracę komputerów poziomu niższego.

Poziom II - /warstwa najwyższa/ zawiera komputery realizujące zarządzanie całym przedsiębiorstwem jako całością. W warstwie tej wypracowywana jest strategia działalności przedsiębiorstwa i ustalone wynikające z niej wytyczne /cele sterowania/ dla komputerów poziomu sterowania operatywnego. W warstwie tej dokonywane jest również ewidencjonowanie wszystkich danych o przebiegu procesu, które mogłyby być przydatne z punktu widzenia sporządzania długookresowych zestawień, analiz oraz programowania. Należy podkreślić, że rzeczywiste systemy obiektowe mogą charakteryzować się różnorodnymi fizycznymi strukturami o bardziej skomplikowanych powiązaniach między komputerami co nie przesądza, że w większości wypadków z punktu widzenia przepływu informacji i przebiegu procesu decyzyjnego można ich funkcjonowanie analizować, sprowadzając do omówionej wyżej struktury hierarchicznej.

#### Podstawowe funkcje systemów

Zastosowanie komputera w automatyzacji procesu przemysłowego pozwala na uzyskanie szeregu nowych możliwości, trudnych do osiągnięcia środkami automatyki konwencjonalnej. Podstawowe funkcje systemu komputerowego z ukazaniem tych możliwości omówione są poniżej.

Pomiar parametrów procesu z możliwością obróbki matematycznej polegającej na filtracji cyfrowej, linearyzacji charakterystyki przyrządu pomiarowego, kompensacji niestabilności charakterystyki /automatyczna kalibracja/. Dzięki możliwości różnorodnej weryfikacji wyników pomiarów znacznie wzrasta wiarygodność posiadanej informacji dotyczącej przebiegu procesu technologicznego.

Alarmowanie o przekroczeniach. System daje możliwość kontroli czy dana zmienna pomiarowa znajduje się w dopuszczalnym obszarze. Każde opuszczenie tego obszaru jest sygnalizowane za pomocą wydruku alarmowego. Wy-

druki alarmowe odzwierciedlają przebieg procesu i stanowią ważny dokument pozwalający analizować zakłócenia przebiegu procesu.

Rejestracja zdarzeń. Niezależnie od kontroli zmiennych pochodzących z obiektu rejestrowane mogą być wszystkie inne istotne z punktu widzenia prawidłowego przebiegu procesu zdarzenia. Mogą to być zarówno stany awaryjne bezpośrednio sygnalizowane z obiektu jak i wyniki badania wartości funkcji wyliczanych przez komputer. Wszystkie zdarzenia są rejestrowane w kolejności ich pojawiania się, z podaniem czasu ich wystąpienia.

Gromadzenie informacji. System dokonuje gromadzenia informacji o bieżącym /chwilowym/ stanie procesu oraz wybranych informacjach historycznych za określony okres wstecz. Możliwość dostępu do tej informacji ma zasadnicze znaczenie dla oceny aktualnego stanu procesu i przewidywania jego przebiegu.

Obliczenia bilansowe i raporty. Cyklicznie lub na żądanie operatora dokonywana jest szczegółowa analiza przebiegu procesu za określony okres, a następnie drukowane są raporty technologiczne obejmujące bilans podstawowych materiałów i czynników energetycznych oraz syntetycznych wskaźników techniczno-ekonomicznych.

Ocena stanu technicznego instalacji i diagnostyka. Oprócz kontrolowania przebiegu procesu technologicznego może być kontrolowany stan urządzeń technologicznych w celu prawidłowego prowadzenia okresowej konserwacji lub regeneracji urządzeń. Przykładowo, bardzo przydatna jest możliwość oceny stopnia narastania wymienników ciepła, stopnia zużycia katalizatorów itp. Możliwa jest również diagnostyka aparatury kontrolno-pomiarowej i sprzętu cyfrowego, co znacznie skraca czas konserwacji i napraw.

Oddziaływanie na przebieg procesu w trybie doradczym lub bezpośrednim. System komputerowy może realizować różnorodne algorytmy dające możliwość oceny przebiegu procesu na podstawie dużej liczby mierzonych parametrów. Wyniki takiej oceny mogą być pomocne przy podejmowaniu decyzji.

W przypadku oddziaływania bezpośredniego na podstawie odpowiednich, sprawdzonych algorytmów można realizować układy, w których komputer będzie sterował procesem przez:

- ustawianie najwłaściwszych w danej sytuacji wartości zadanych regulatorów analogowych,
- wypracowanie sygnałów sterujących członów wykonawczych,
- załączanie i wyłączanie urządzeń technologicznych.

Sterowanie procesami sekwencyjnymi i periodycznymi. Sterowanie tą klasą procesów przez



komputer daje w stosunku do urządzeń konwencjonalnych tę przewagę, że istnieje duża łatwość wymiany programu na nowy, jest to szczególnie ważne w sytuacji, gdy często zmieniana jest technologia, reżimy pracy urządzeń lub dana instalacja służy do produkcji różnych wyrobów.

Typowe konfiguracje systemów komputerowych

Wybór właściwej dla danego obiektu struktury systemu wymaga uwzględniania między innymi takich czynników jak:

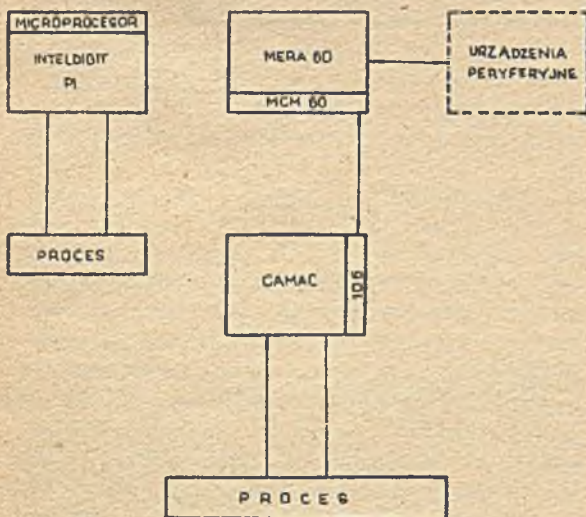
- przestrzenna konfiguracja obiektu,
- podział na węzły technologiczne i stopień uzależnienia wzajemnego węzłów,
- wymagana niezawodność systemu,
- wymagana szybkość reakcji systemu na zmiany stanu obiektu,
- sposób nadzorowania obiektu przez personel /scentralizowany lub zdecentralizowany/.

Omawiany w dalszej części artykułu sprzęt cyfrowy pozwala na tworzenie różnorodnych pod względem wielkości i struktury systemów. Podstawowe, przykładowe struktury zostaną poniżej omówione dokładniej.

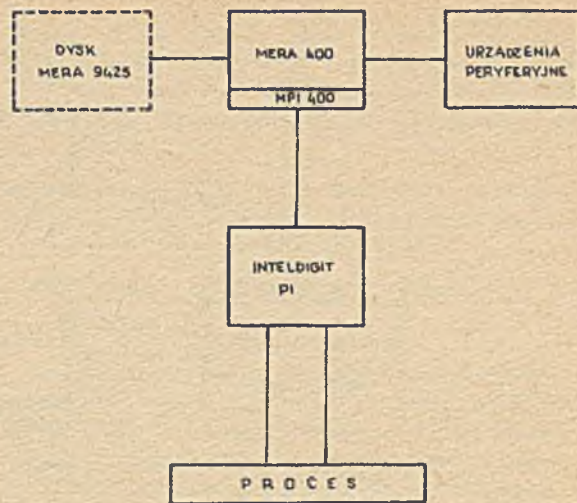
Autonomiczne systemy mikroprocesorowe /rys.4/

- INTEL DIGIT-PI z mikroprocesorem PM-01. System może być stosowany jako autonomiczny sterownik węzła technologicznego. Mikrokomputer zbudowany jest w oparciu o mikroprocesor Intel 8080A. Pamięć systemu może być rozbudowana do pojemności 64K byte za pomocą modułów PM-20 /RAM 4K/ i PM23 /PROM 8K/.

System może współpracować z podstawowymi peryferiami: drukarką DZM-180, klawiaturą alfanumeryczną, czytnikiem i perforatorem taśmy. Jako sprzężenie z obiektem może być stosowany cały zestaw modułów INTEL DIGIT - PI.



Rys.4. Autonomiczne systemy mikroprocesorowe



Rys. 5. Scentralizowany system minikomputerowy

- MERA 60 + CAMAC. System pozwala obsługiwać małe obiekty lub węzły technologiczne z wykorzystaniem bogatego repertuaru modułów systemu CAMAC. Mikrokomputer MERA-60 może współpracować z różnymi typami urządzeń peryferyjnych. Współpraca z kasetą CAMAC realizowana jest za pośrednictwem pakietu MCM-60 i sterownika kasety CAMAC 106.

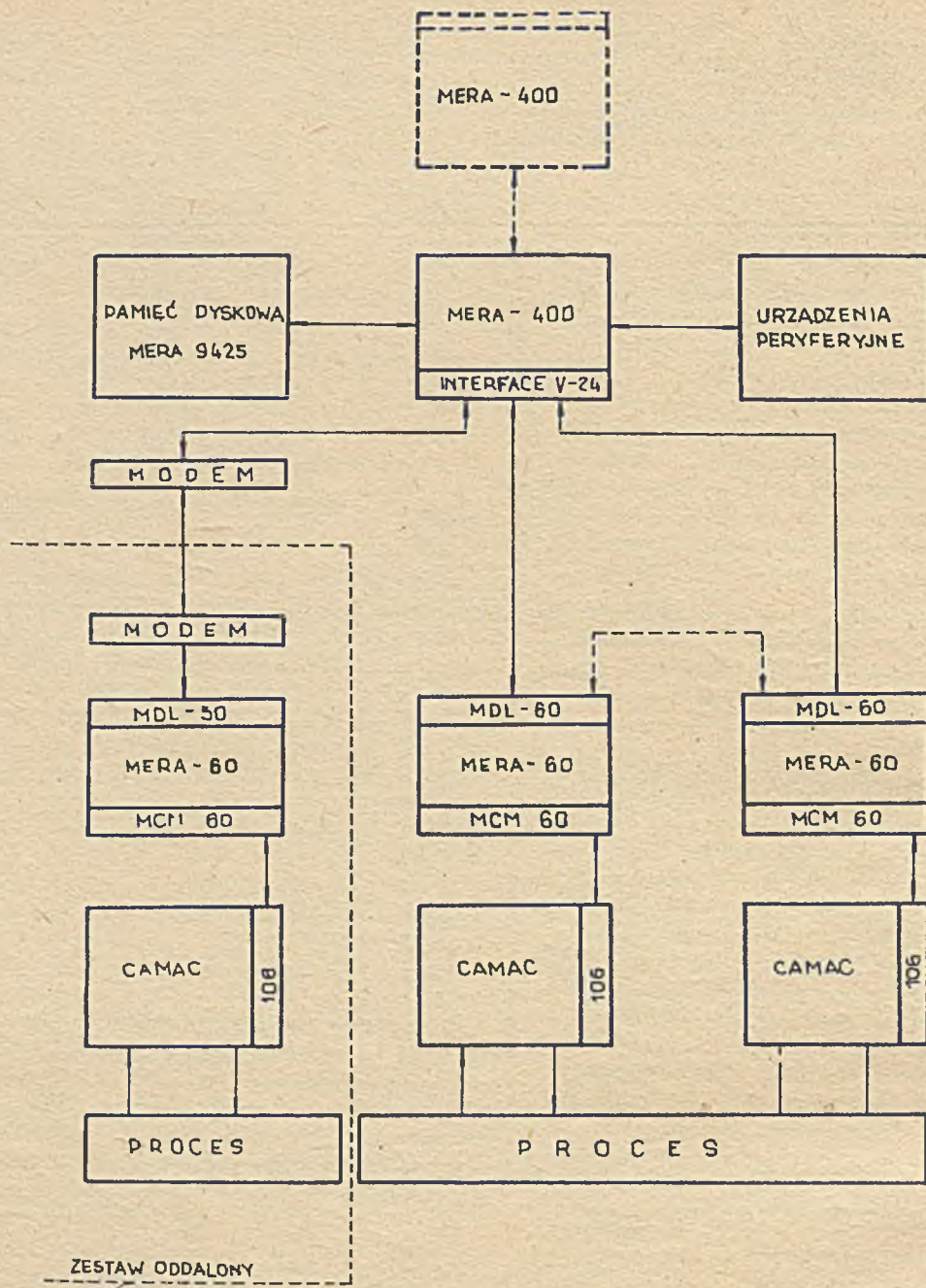
Scentralizowane minikomputerowe systemy automatyki /rys.5/

Systemy te są budowane w oparciu o minikomputer MERA-400 i urządzenia sprzęgające z obiektem INTEL DIGIT - PI, zainstalowane bezpośrednio przy komputerze. Można wyróżnić dwie klasy systemów: CORE - bazujące na minikomputerze wyposażonym w dużą pamięć operacyjną na rdzeniach magnetycznych i DISC, używające dysków kasetowych MERA 9425 i standardowej pamięci operacyjnej /32K słów/. Systemy CORE są szczególnie przydatne w przypadku dużych wymagań niezawodnościowych przy równoczesnym braku możliwości stworzenia odpowiednich warunków klimatycznych /zapylanie, duże wahania temperatury/.

Systemy te stanowią aktualnie podstawową grupę zastosowań wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z niezbyt rozległym przestrzennie obiektem o scentralizowanych zasadach nadzoru i umiarkowanej ilości sygnałów /np. nie przekraczającej 1 tysiąca/. W celu podniesienia niezawodności systemu można stosować dwa procesory wzajemnie dublujące swe funkcje.

Systemy rozłożone przestrzennie /rys.6/

Do tworzenia tych systemów wykorzystywane są minikomputery MERA-400 i systemy autonomiczne MERA-60 + CAMAC uzupełnione urządzeniami umożliwiającymi szeregową trans-



Rys.6. System rozłożony przestrzennie

misję znakową /moduł MDL-60/. Możliwe jest budowanie jedno lub wielopoziomowych struktur systemów.

Podstawowa struktura składa się z zestawów MERA-60 + CAMAC rozmieszczonych w węzłach technologicznych i obsługujących wszystkie funkcje lokalne, połączonych z komputerem nadrzędnym MERA-400, który realizuje wszystkie funkcje koordynacji między węzłami, funkcje wydawnicze /zestawienia, raporty, obliczenia, analizy itp./. W pewnych przypadkach

np. w celu zwiększenia niezawodności możliwa jest bezpośrednia informacja między komputerami niższego poziomu /np. w przypadku awarii komputera nadrzędnego system pracuje w ograniczonym zakresie jako jednopoziomowy/.

W przypadku znacznych odległości między współpracującymi komputerami /powyżej 1500m/ stosowane są specjalne urządzenia transmisyjne /modemy/. Ze względu na fakt, iż efektywna szybkość transmisji jest uzależniona od odległości i wymaganej stopy błędów, celowe jest

wraz ze zwiększeniem odległości realizowanie coraz większej ilości funkcji na najniższym poziomie. Parametry MERY-60 i możliwości w zakresie dołączanych urządzeń pozwalają łatwo spełniać ten postulat.

#### Sygnaly obiektowe

Przyjmuje się następujące wymagania na sygnały pomiarowe doprowadzane do systemu z obiektu:

- Sygnaly analogowe wprowadzane do systemu winny mieć postać standardowych sygnałów prądowych o zakresie 0...5mA, 0...20mA $\Omega$  lub 4...20mA przy czym system wnosi do pętli prądowej dla sygnału 5mA oporność 200 $\Omega$  a dla sygnałów 20mA-50 $\Omega$ . Sygnaly napięciowe o zakresie 0...5V lub 1...5V mogą być do systemu wprowadzone pod warunkiem, że są to sygnaly lokalne /pochodzące z urządzeń umieszczonych w tej samej szafie/.

Niestandardowe sygnaly winny być przekształcone do wymaganej postaci za pomocą przetworników umieszczonych na obiekcie. Sygnaly o charakterze parametrycznym, takie jak zmiana oporności mogą być przekształcane przy użyciu przetworników serii APR.

- Sygnaly dwustanowe wprowadzane do systemu winny pochodzić z oddzielnego zestyku, który zasilany od strony systemu może być obciążony prądem do 50mA.

- Sygnaly częstotliwościowe winny mieć charakter fali prostokątnej /lub ciągu impulsów prostokątnych o stałej szerokości/ o amplitudzie +24V z możliwością obciążenia prądem 50mA /dopuszcza się też zestyk jak dla sygnałów dwustanowych/.

- Pomiary temperatur dokonywane są przy użyciu platynowych termometrów oporowych Pt100 lub Ni100. W przypadku stosowania termopar należy stosować przetworniki mV/l, serii APU lub odpowiedniki z prądowym sygnałem wyjściowym.

- Dwustanowe elementy sygnalizacyjne i wykonawcze zasilane są z systemu napięciem 24V prądu stałego i mogą pobierać nie więcej niż 200mA.

- Standardowe sygnaly pneumatyczne 0,2-1 kg/cm<sup>2</sup> są wprowadzane do systemu po uprzednim przekształceniu ich na sygnał prądowy 0...20mA za pośrednictwem rozlokowanych na obiekcie przetworników pneumoelektrycznych typu A272.

- Pomiar natężenia przepływu medium, które podlega dokładnemu zliczaniu w celu bilansowania powinien być dokonywany z zastosowaniem analogowego integratora z wyjściem w postaci sygnału częstotliwościowego, który to sygnał podlega wprowadzeniu do systemu.

- Sterowanie nadrzędne realizowane jest za pośrednictwem komputerowych stacyjek stero-

wania nadrzędnego systemu PNEFAL-3 lub EFTRONIK. Możliwe jest również korzystanie z przetworników cyfrowo-analogowych dających na wyjściu sygnał standardowy 0...20mA lub 4...20mA.

- Sterowanie DDC realizowane jest za pośrednictwem stacyjek bezpośredniego sterowania systemu PNEFAL-3 lub EFTRONIK.

#### Urządzenia sprzęgające z obiektem

##### INTELDIGIT-PI

Wszystkie sygnaly są galwanicznie oddzielone od części elektronicznej systemu. Modularna budowa pozwala na skonfigurowanie zestawu ściśle dopasowanego do potrzeb danego obiektu. Poszczególne typy sygnałów obiektowych obsługiwane są w następujący sposób:

- Sygnaly analogowe filtrowane są i przekształcane na napięciowy sygnał pomiarowy /1V/ w pakietach PD. Sygnaly pomiarowe komutowane są za pośrednictwem komutatora kontaktronowego PE-04 i przekształcane w integrującym przetworniku a-c typ PE-03a.

- Sygnaly dwustanowe przerywające po filtracji i uformowaniu w pakietach PD są wprowadzane przez pakiety PI-01 lub PI-02. Każdy z pakietów obsługuje 8 sygnałów. Pakiet PI-01 zgłasza przerwanie przy zmianie sygnału z poziomu niskiego na wysoki, a pakiet PI-02 z poziomu wysokiego na niski.

- Sygnaly dwustanowe statyczne po filtracji i uformowaniu w pakietach PD są wprowadzane przez pakiety PI-03 /dla 12 sygnałów/ i PI-23 /dla 16 sygnałów/.

- Sygnaly częstotliwościowe po filtracji i uformowaniu w pakietach PD są wprowadzane przez pakiety liczników PC-01. Licznik ma pojemność 15 bitów. Przekroczenie pojemności jest sygnalizowane przerwaniem. Odczyt informacji powoduje wyzerowanie licznika.

- Termometry oporowe Pt 100 są podłączane do odpowiednich pakietów dopasowujących PD spełniających rolę mostków pomiarowych. Sygnał z mostków komutowany jest przez komutator PE-04 i mierzony przez przetwornik PE-03a tak jak sygnaly analogowe lecz w innym zakresie /100 mV/.

- Dwustanowe elementy sygnalizacyjne i wykonawcze, podłączane są przez pakiety PO-04, PO-05 i PO-06 /klucze tranzystorowe "open collector"/ o dopuszczalnym napięciu 24V i prądach obciążenia odpowiednio 200 mA, 100 mA i 20 mA. Każdy z pakietów steruje ośmioma wyjściami.

- Stacyjki komputerowe PNEFAL-3 i EFTRONIK podłączane są przy użyciu pakietów sterowania silnikiem skokowym PO-03 /stacyjki PNEFAL-3/ lub 8-kanalowego przetwornika c-a PY-03 /nieadresowane stacyjki EFTRONIK/. Ponadto stacyjki wymagają użycia dodatkowych wejść i wyjść dwustanowych dla kontroli sta-

nów oraz wejść analogowych dla kontroli zwrotnej generowanego sygnału wartości zadanej.

- Funkcje kontrolne realizowane są za pośrednictwem pakietów zegara PZ-01 i pakietu przerwań wewnętrznych PS-02. Pakiet PS-02 służy do obsługi ośmiu sygnałów przerwań wewnętrznych, powstających w zestawie PI- między innymi są to przerwania związane z zanikiem napięcia.

- Komunikacja z komputerem realizowana jest za pośrednictwem "magistrali zestawu", która jest bezpośrednio połączona z kanałem automatyki MPI-400 komputera MERA-400. Do połączenia z komputerami SM-3, SM-4, MERA-60 i rodziny PDP-11 stosuje się blok BS-07. Łączność między "magistralą" a modułami umieszczonymi w kasetach zapewniają sterowniki kasety SK-01.

### CAMAC

System CAMAC rozwijany jest od wielu lat. W obecnej chwili dostępny jest szeroki asortyment bloków funkcjonalnych produkowanych przez znane firmy. W Polsce produkcją bloków CAMAC zajmuje się firma POLON. Dla potrzeb automatyki przemysłowej produkowane są specjalne wykonania bloków, charakteryzujące się podwyższoną niezawodnością, odpornością na warunki przemysłowe i dostosowaniem do wymagań przemysłowych w zakresie obudów, przyłączy kablowych, obsługi, serwisu itp. W dalszej części artykułu podane zostaną przykłady obsługi w systemie CAMAC typowych sygnałów obiektowych.

- Sygnały analogowe są komutowane przez bloki multiplekserów 753-1. W bloku montowane są dodatkowe filtry analogowe i oporniki przekształcające np. sygnał prądowy na napięciowy. Zespół multiplekserów obsługiwany jest przez blok sterowania 753 umożliwiający podłączenie 256 sygnałów. Blok ten zapewnia również współpracę z przetwornikiem a-c. Wybrany przez multiplekser sygnał podawany jest na przetwornik a-c typ 701 o czasie konwersji 40ms, 6 zakresach pomiarowych od 50mV do 10V, rozdzielczości 11 bitów z izolowanym, symetrycznym wejściem.

- Sygnały dwustanowe przerywające po przejściu przez układy filtrujące i układy optoizolacji podawane są na układ rejestru przerwań typ 303 umożliwiający obsługę 24 przerwań /przejście z poziomu wysokiego na niski/. Każde z wejść może być niezależnie maskowane.

- Sygnały dwustanowe statyczne po przejściu przez układy filtrujące i układy optoizolacji podawane są na układ bramki wejściowej typ 321 dający możliwość wprowadzania 48 sygnałów. Układy typu 321A i B dają możliwość integracji sygnału odpowiednio ze stałą czasu 10  $\mu$ s i 5 ms.

- Sygnały częstotliwościowe mogą być obsługiwane przez układ poczwórny licznika typ 401

o pojemności każdego toru 16 bitów, z możliwością niezależnego bramkowania każdego z wejść lub przez układ podwójnego licznika z nastawianą wartością początkową typ 420A o pojemności każdego toru 24 bity, z możliwością niezależnego bramkowania każdego z wejść.

- Termometry oporowe Pt 100, Ni 100 oraz termistorowe podłączane są przez specjalne układy mostków oporowych /8 niezależnych mostków w bloku podwójnej szerokości/. Możliwe są do wyboru układy z indywidualnym mostkiem dla każdego elementu pomiarowego lub z komutowaniem elementu pomiarowego.

- Dwustanowe elementy sygnalizacyjne i wykonawcze mogą być podłączane za pośrednictwem następujących bloków:

● Rejestr wyjściowy typ 350 /dwa niezależne słowa 24 bitowe + układy optoizolacji wyjściowej /50V/0,05A, 25V/0,5A lub 250V/0,1A.

● Rejestr wyjściowy typ 360B /1 słowo 16 bitów/ wyjście 25V/0,5A

● Rejestr sygnałów 4 stanowych /ON, OFF, miganie 2Hz i 8Hz/ typ 361, 1 słowo 24 bity, wyjście 50V/0,05A.

- Stajki komputerowe PNEFAL-3 i EFTRONIK oraz analogowe urządzenia wykonawcze

mogą być podłączone za pośrednictwem bloków:

● Blok sterowania silnikiem krokowym typ 571 /do 16 tys. kroków, zadawana programowo prędkość obrotowa/.

● Blok współpracy z adresowanymi stajkami EFTRONIK typ 572,

● Przetwornik cyfrowo-analogowy typ 722. rozdzielczość 10 bitów, wyjście 0...20mA, 8 niezależnych kanałów, optoizolacja.

- Funkcje kontrolne i pomocnicze realizowane są za pomocą specjalnych bloków, takich jak: generator impulsów zegarowych typ 730A konwertory kodu binarnego na kod BCD typ 612 i 610A i inne.

- Komunikacja z komputerem może być realizowana za pośrednictwem sterownika kasety typ 106A umożliwiającego współpracę z minikomputerami SM-3, SM-4, MERA-60 i PDP-11 lub sterownika 100A umożliwiającego współpracę z komputerem MERA-400 /wyposażonym w odpowiednią wersję kanału automatyki/.

### Sprzęt komputerowy

#### Mikrokomputer INTEL DIGIT-PI

Mikrokomputer składa się z pakietów mikroprocesorowych PM-01 i PM-02, pakietów rozszerzenia pamięci i pakietów sprzężenia z urządzeniami peryferyjnymi i obiektem. Pakiet mikroprocesorowy wykorzystuje 8-bitowy mikroprocesor typu 8080A. Ponadto mikrokomputer zawiera zegar systemowy, układ restartu, 16-poziomowy układ przerwań, układ transmisji szeregowej synchronicznej i asynchronicznej, pamięci wewnętrzne RAM i EPROM oraz układy sterowania wielodostępą magistralą.

#### Podstawowe dane techniczne:

- długość słowa w procesorze i pamięciach: 8 bitów
- długość słowa instrukcji 8, 16, 24 bity
- długość słowa magistrali zewnętrznej /PI/, 16 bitów
- podstawowy czas instrukcji:
  - dotyczących rejestrów 3,6 μs
  - dotyczących pamięci 6,3 μs
- łączna pojemność adresowania 64K słów 8-bitowych /w tym obszar adresów urządzeń sprzęgających z obiektem/.
- Liczba wejść i poziomów przerwań - 16.

Pakiety sprzężenia z urządzeniami peryferyjnymi:

- PS-101 - pakiet sprzężenia z drukarką znako-mozaikową DZM-180
- PS-102 - pakiet sprzężenia z klawiaturą alfa-numeryczną
- PS-103 - pakiet sprzężenia z czytnikiem taśmy
- PS-104 - pakiet sprzężenia z dziurkarką taśmy.

#### Mikrokomputer MERA-60

System mikrokomputerowy MERA-60 stanowi rodzinę mikrokomputerów bazujących na wspólnym 16-bitowym procesorze i modułach funkcjonalnych. Lista rozkazów jest taka sama jak w mikrokomputerze LSI-11 V03 firmy Digital Equipment Corporation. Pakiet procesora zawiera układ obsługi przerwań oraz pamięć typu RAM o pojemności 4K słów 16-bitowych.

#### Podstawowe dane mikrokomputera:

- długość słowa - 16 bitów
- szybkość operacji 100-250 tys/s
- 8 uniwersalnych rejestrów roboczych
- lista 64 rozkazów
- 8 różnych sposobów adresacji
- programowy stos
- pamięć operacyjna 4-28K słów
- maksymalna liczba modułów - 17
- wektoryzowany system przerwań.

Moduły systemu:

- M1 - procesor
- P1 RAM - pamięć operacyjna typu RAM o pojemności 4K słów 16-bitowych
- K4 - terminator dla celów rozbudowy magistrali w systemie wielokasetowym /maksymalnie do 3 kaset/
- MDK-60 interface konsoli operatorskiej systemu /monitor MERA 7952 współpracujący z drukarką DZM-180/RO jako hard copy/
- MCD-60 - interface stacji przygotowania taśmy papierowej typu SPTP-3
- MDR-60 - interface systemu pamięci na dyskach elastycznych SP60
- MPR-60 - pamięć typu ROM /PROM, EPROM/ w organizacji 32x256x4 lub 32x512x4
- MCM-60 - interface systemu CAMAC współpracujący z blokiem CAMAC typ 106 jako sterownikiem kasyety
- MTT-60 - interface asynchroniczny szeregowy dla terminala typu DZM 180 KSR

- MPL-60 - interface równoległy dla drukarki DZM-180
- MDL-60 - interface wg standardu V-24 przeznaczony do współpracy z urządzeniami transmisji danych
- MPK-60 - interface systemu pamięci kasetowej typu PK-1.

#### Minikomputer MERA-400

Minikomputer MERA-400 jest uniwersalną maszyną cyfrową o modułowej budowie. Wyróżnia się spośród innych minikomputerów dużymi możliwościami rozbudowy. Możliwe jest tworzenie systemów wieloprocesorowych z dużą pamięcią operacyjną.

#### Podstawowe dane minikomputera:

- długość słowa 16 bitów
- szybkość operacji 200-50 tys. /s
- 8 uniwersalnych rejestrów roboczych
- lista 132 rozkazów
- efektywne i dostępne w programie użytkowym /legalne/ instrukcja wejścia/wyjścia z zapewnieniem ochrony urządzeń systemowych
- 11 poziomów obsługi przerwań ze sprzętową organizacją stosu przerwań
- pamięć operacyjna o pojemności maksymalnej do 512K słów /do 544K w systemie dwuprocesorowym/
- do 16 kanałów wejścia/wyjścia, w tym kanały programowane każdy na 8 urządzeń, autonomiczne kanały pamięciowe dla dysków i taśm magnetycznych i kanały wejść/wyjść procesorowych
- automatyczne ładowanie programu /bootstrap/
- automatyczny restart po awarii zasilania
- sprzętowe mechanizmy pracy dwuprocesorowej
- szybki arytmometr wielokrotnej precyzji /reprezentacja zmiennoprzecinkowa na 48 bitach/.

Moduły systemu:

- Moduł podstawowy systemu MPS-400 w skład, którego wchodzi:
  - moduł obudowy MRC-400
  - moduł zasilania sieciowego MZS-400-1
  - moduł jednostki centralnej MJC-400 zawierający jednostkę centralną, pamięć operacyjną 32K słów oraz kanał znakowy umożliwiający dołączenie ośmiu jednostek sterujących znakowymi urządzeniami peryferyjnymi.
- Moduł drukarki z klawiaturą: MKSR-400
- Moduł drukarki mozaikowej: MDZ-180-400
- Moduł czytnika taśmy perforowanej CT 2100: MCT 2100-400
- Moduł perforatora DT 105S, MDT 105S-400
- Moduł dysku elastycznego: MDE-400
- Moduł monitora ekranowego VIDEOTON 340: MMV 340-400
- Moduł dodatkowej pamięci ferrytowej 32K słów: MPOF-400

- Moduł pamięci zewnętrznych MPZ-400 składający się ze standardowej szuflacy z zasilaczem i pakietów autonomicznego kanału pamięciowego umożliwiającego dołączenie jednostek sterujących dysków i taśm.
- Moduł pamięci dyskowej MERA-9425, MPD 9245-400-1 zawierający jednostkę sterującą i jedną pamięć.
- Moduł dodatkowej pamięci dyskowej: MPD-9425-400-2
- Moduł kanału automatyki MPI-400 umożliwiający podłączenie do 16 kaset INTEL DIGIT-PI.
- Moduł dodatkowego zasilania sieciowego MZS-400-2 stosowany w przypadku zestawów rozbudowanych.

### Oprogramowanie

#### Systemy operacyjne

Wszystkie komputery dostarczane są wraz z oprogramowaniem standardowym obejmującym systemy operacyjne, translatory i programy pomocnicze służące do przygotowania i uruchamiania nowych programów. Ponadto dostarczane są specjalne wersje systemów operacyjnych "real-time" używane w systemach do sterowania procesami. W przypadku mikrokomputerów są to proste systemy operacyjne jedno lub wielozadaniowe.

Dla mikrokomputera INTEL DIGIT-PI opracowany jest:

- system operacyjny PI-80, wielozadaniowy do 16 zadań obejmujący monitor przerwania, automatyczny restart, koordynator zadań i obsługę zegara.

Dla mikrokomputera MERA-60 opracowany jest:

- system operacyjny RT, jedno lub dwuzadaniowy z podziałem pamięci na obszar pierwszoplanowy /foreground/ i drugoplanowy /background/,
- system prosty zawierający monitor przerwania i prosty mechanizm koordynacji pracy programów.

Dla minikomputera MERA-400 dostarczany jest system operacyjny SOM-3, który spełnia następujące funkcje:

- koordynuje operacje jednostki centralnej i urządzeń peryferyjnych, przydzielając zasoby w zależności od aktualnej sytuacji,
- obsługuje przerwania, zegar czasu rzeczywistego, zapewnia ochronę pamięci oraz komunikację między zadaniami,
- uruchamia zadania użytkowe w oparciu o czas, priorytet, stan zasobów i żądania operatora.

W ramach systemu SOM-3 pracuje "Zadanie komunikacji" zapewniające łączność między systemem a operatorem /kontrola pracy zadań, urządzeń, modyfikacja i wyświetlanie stanu pamięci itd./ . Wszystkie operacje transmisji z lub do urządzeń peryferyjnych /operacje WE/

WY/ realizowane są przez specjalny podsystem WE/WY/, nie angażując zadań użytkowych.

#### Podsystem zbierania danych

Podsystem zbierania danych pracuje na poziomie związanym z bezpośrednią obsługą urządzeń sprzęgających z obiektem. Podsystem ten zapewnia ciągłą aktualizację "bazy danych" organizując wprowadzanie danych z obiektu, stanowisk operatorskich i urządzeń ręcznego wprowadzania informacji. Modułowa struktura tego podsystemu zapewnia łatwą rekonfigurację urządzeń sprzęgających z obiektem. Baza danych stanowi zbiór informacji o procesie. Format informacji jest standardowy i niezależny od zastosowanego sprzętu obiektowego. Dopuszczenie informacji obiektowej do standardowego formatu jest realizowane przez odpowiednie moduły podsystemu zbierania danych.

#### Podsystem sterowania

Podsystem działa w oparciu o informacje zawarte w "bazie danych". Główną funkcją podsystemu jest kontrola pracy i uaktualniania komputerowych stacyjek sterowania nadrzędnego. Wartości zadane, wysłane do regulatorów za pośrednictwem stacyjek, są wypracowywane przez programy użytkowe realizujące odpowiednie algorytmy związane bezpośrednio z charakterem procesu. Podsystem pobiera informację z odpowiednich obszarów "bazy danych", dokonuje kontroli stanu stacyjki a następnie aktualizuje stacyjkę z zapewnieniem wszelkich wymagań związanych z dynamiką i dokładnością. W sytuacjach awaryjnych stacyjka otrzymuje sygnał przełączający ją na pracę niezależną od komputera.

#### Komunikacja wewnątrzsystemowa

W systemach wielokomputerowych wymiana informacji odbywa się na zasadzie standardowego protokołu komunikacyjnego zapewniającego pełną kontrolę poprawności przekazywanej informacji. Między komputerami może być przesyłana zarówno informacja o charakterze danych i sekwencje będące programami.

#### Funkcje operatorskie

Na każdym poziomie systemu przewidziany jest odpowiedni zestaw środków służących do komunikacji między systemem a obsługą. Podstawowymi środkami w tym zakresie są klawiatury alfanumeryczne służące do konwersacji przy użyciu prostego języka operatorskiego i proste klawiatury specjalistyczne, w których każdemu przyciskowi przyporządkowana jest określona funkcja. Do zobrazowania graficznego przebiegu procesu używane są schematy synoptyczne w wykonaniu klasycznym lub zminiaturyzowanym. Odpowiednie dla każdego typu

komputera podsystemy operatorskie zapewniają jednolite na wszystkich poziomach zasady współpracy operatora z systemem.

#### Programy użytkowe

W skład oprogramowania użytkowego wchodzi część oprogramowania, która jest ściśle związana z charakterem automatyzowanego procesu i szczególnymi wymaganiami użytkownika. Programy użytkowe tworzą w systemie oddzielną bibliotekę, która może być udoskonalana i rozszerzana w miarę zdobywania doświadczeń eksploatacyjnych. Typowe funkcje pełnione przez programy użytkowe to:

- bilansowanie mediów i czynników energetycznych,
- koordynacja przepływu mediów,
- obliczenia optymalizacyjne i realizacja algorytmów sterowania nadrzędnego,
- sporządzanie wszelkiego rodzaju raportów technologicznych i ruchowych,
- identyfikacja parametrów urządzeń technologicznych do celów realizacji algorytmów adaptacyjnych, diagnostyki i oceny stanu instalacji technologicznej.

#### System MIR-PROWAY

W rozwoju współczesnych systemów komputerowych oprócz stałego wdrażania nowości technologicznych obniżających cenę i podwyższających niezawodność szczególny nacisk kładzie się na dwa zagadnienia:

- transmisję informacji w systemach,
- zagadnienie współpracy z operatorem.

W zakresie transmisji prace idą w kierunku opracowania urządzeń i zasad /protokółów/ przesyłania informacji zapewniających duże szybkości transmisji szeregowej /do 1 M baud/ przy równoczesnej dużej odporności na zakłócenia, możliwości współpracy na wspólnej linii dużej liczby /do kilkudziesięciu/ urządzeń rozłożonych w obszarze o średnicy 3-4 km. Znane są rozwiązania firmowe spełniające te wymagania /TDC 2000 firmy Honeywell, system firmy GRW-Teltow/NRD/, CONTRONIC-P firmy Hartman-Brown/. W stadium definiowania jest międzynarodowy system PROWAY .

W zakresie urządzeń współpracy z operatorem znaczną rolę w najbliższych latach będą odgrywały systemy monitorowe bazujące na kolorowym monitorze graficznym, stanowiące ogromną konkurencję dla klasycznych tablic synoptycznych. Dzięki stosowaniu mikroprocesorów zagadnienia współpracy z operatorem rozwiązywane są pod kątem maksymalnego ułatwienia pracy operatorowi oraz stosowania rozbudowanych algorytmów kontroli poprawności działań i eliminacji przypadkowych błędów obsługi.

System MIR-PROWAY został zaprojektowany przy uwzględnieniu dotychczasowych doświadczeń w dziedzinie komputerowych syste-

mów automatyki z założeniem spełnienia wymagań stawianych przez współczesnych użytkowników.

#### Charakterystyka funkcjonalna systemu

MIR-PROWAY jest systemem o rozłożonej przestrzennie strukturze składającym się ze współpracujących ze sobą za pośrednictwem szybkiej, szeregowej magistrali przesyłania danych stacji /sterowników mikroprocesorowych/ o wyspecjalizowanych funkcjach. Wyróżnia się następujące stacje:

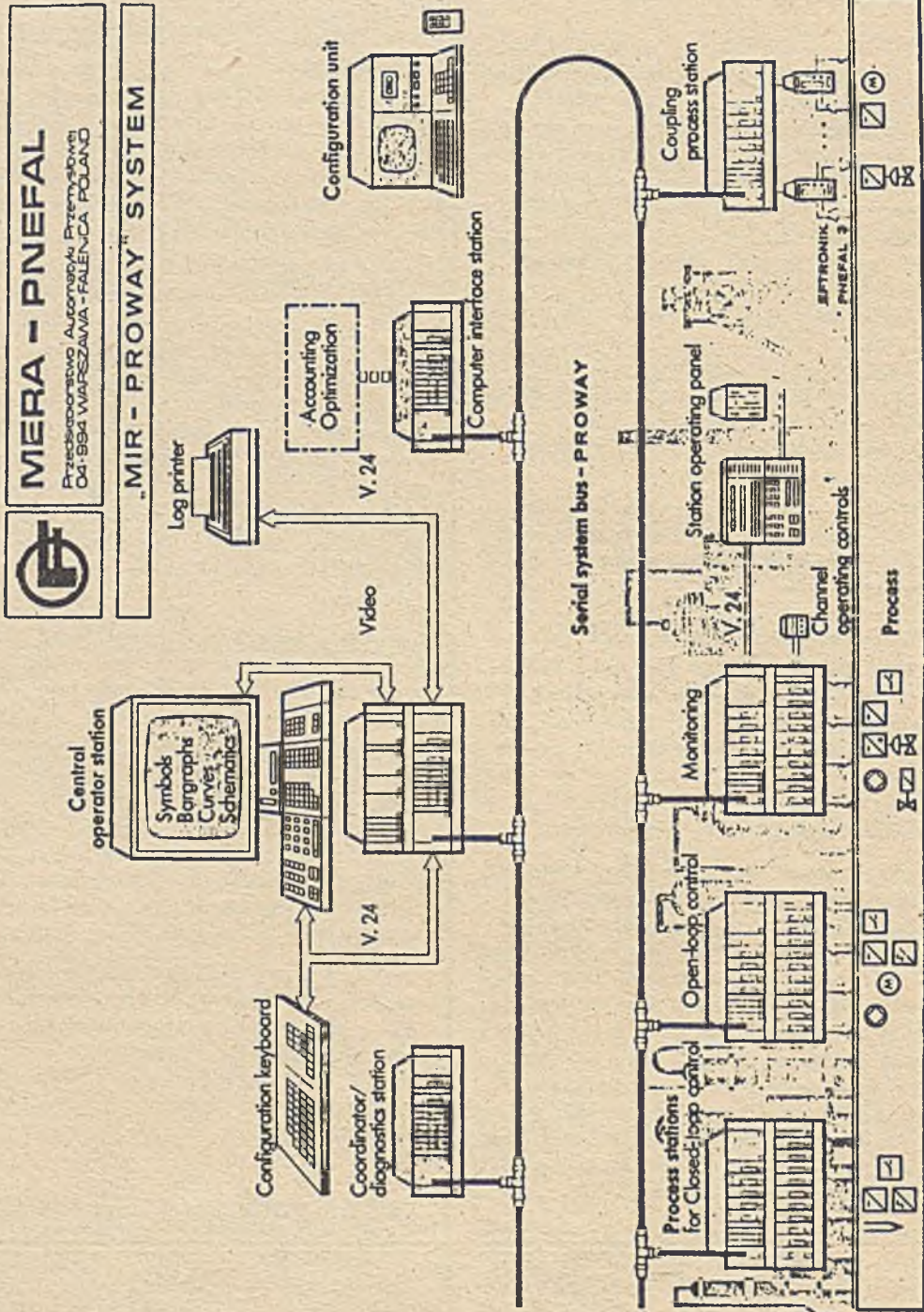
Stacje procesowe /process stations/ instalowane na obiekcie w pobliżu automatyzowanych węzłów technologicznych, zapewniające automatyczną regulację, sterowanie sekwencyjne, nadzorowanie pracy na poziomie węzła technologicznego, współpracę z konwencjonalną aparaturą automatyki zainstalowaną na obiekcie /np. regulatory analogowe itp./ Stacje procesowe są jednostkami o dużym stopniu autonomii. Dzięki mikroprocesorowej realizacji mogą dobrze spełniać lokalne wymagania odnośnie obróbki sygnałów pomiarowych i funkcji operatorskich.

Centralne stacje operatorskie /central operator stations/ są instalowane w centralnych nastawniach. Stacje te budowane są z typowych modułów i są każdorazowo zestawiane z uwzględnieniem potrzeb operatorskich danego obiektu. W skład stacji mogą wchodzić klawiatury, kolorowe monitory ekranowe, urządzenia rejestrujące /rejestratory na papierze, rejestratory na kasecie magnetycznej/, urządzenia drukujące a także tablice synoptyczne ze schematami technologicznymi i elementami sygnalizacyjnymi w wykonaniu klasycznym.

Pracą stacji operatorskiej steruje mikroprocesor, który zapewnia właściwy sposób dialogu z operatorem, pobiera niezbędne dane i wysyła polecenia do innych stacji /np. procesorowych/, wykonuje procedury kontrolne i organizuje przechowywanie i rejestrację danych o procesie.

Stacje sprzęgające /interface stations/ umożliwiające współpracę z innymi systemami, w szczególności z komputerem nadrzędnym realizujący złożone funkcje akwizycji i optymalizacji. Stacje te mają za zadanie zapewnienie buforowania danych, nadanie właściwych formatów przesyłanym danym, kontrolę poprawności transmisji oraz realizację protokołu komunikacyjnego. Wszystkie te funkcje są dzięki zastosowaniu mikroprocesora realizowane na drodze programowej.

Stacje koordynacyjno-diagnostyczne /coordinator diagnostics station/ stanowią niezależne jednostki realizujące funkcje globalnej kontroli pracy systemu, w szczególności pod kątem eliminacji błędnie pracujących modułów oraz





optymalizacji przepustowości magistrali. Są to jednostki opcjonalne.

#### Magistrala systemu

Wymiana informacji między stacjami odbywa się wyłącznie przez magistralę PROWAY, która charakteryzuje się szeregowym sposobem przesyłania informacji, możliwością zdublowania toru przesyłowego i wszystkich urządzeń transmisyjnych oraz bardzo dużą odpornością na zakłócenia. Magistrala oparta jest na standardzie IEC PROWAY. Rozwiązania techniczne magistrali pozwalają na rekonfigurację systemu w czasie pracy.

Standardowe protokoły komunikacyjne realizowane są przez wydzielone procesory komunikacyjne umieszczone w stacjach. Zastosowana zasada podziału czasu /dostępu do magistrali/ nie wymaga istnienia w systemie oddzielnej jednostki koordynującej.

#### Moduły podstawowe

Wszystkie stacje systemu zbudowane są w oparciu o jednolity zestaw modułów podstawowych, w skład którego wchodzi:

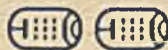
- kasety 19" przystosowane do umieszczania płytek drukowanych o standardzie EUROCARD o wymiarach 220x233,4 mm wyposażone w magistralę /na platerze/ MULTIBUS wg standardu firmy INTEL
- typoszereg szaf wolnostojących i obudów ściennych przystosowanych do zabudowania kaset i zasilaczy, w wykonaniach przystosowanych do różnych warunków otoczenia
- typoszereg modułów operatorskich /klawiatury, drukarki itp./
- pakiety /płytki drukowane/ podstawowe systemu:

1. Jednostka centralna 8 bitowa /INTEL 8080/	M-800
2. Pamięć danych RAM	M-730
3. Pamięć programu PROM lub EPROM	M-740

4. Pakiet kontroli zasilania	M-930
5. Interface V-24	M-240
6. Sprzężenie z pamięcią kasetową PK-1	M-780
7. Przedłużenie magistrali kasety	M-280
8. Pulpit techniczny	M-630
9. Wyjścia dwustanowe /16 sygn./	M-330
10. Wejścia dwustanowe /16 sygn./	M-310
11. Komutator stykowy sygnałów analogowych	M-410
12. Przetwornik a/c integracyjny	M-440
13. Komutator bezstykowy	M-415
14. Wejścia analogowe szybkie	M-420
15. Wyjścia analogowe	M-350
16. Wejścia częstotliwościowe i impulsowe	M-360
17. Kontroler komunikacyjny	M-820
18. Sterownik linii	M-200
19. Szeregową magistrala danych	M-210
20. Sprzężenie z monitorem kolorowym	-
21. Bierny przedłużacz pakietu	M-911
22. Płytki uniwersalna	M-912

#### Oprogramowanie

System MIR-PROWAY wyposażony jest w oprogramowanie firmowe /FIRMWARE/ umożliwiające użytkownikowi eksploatację go bez potrzeby pisania programów komputerowych. Dopasowanie parametrów systemu do wymagań obiektu odbywa się na zasadzie zadawania parametrów /konfigurowania/ określających strukturę połączeń, algorytmy przetwarzania, formaty i tryby raportowania itp. Większość parametrów podlega ustaleniu w pamięciach EPROM w czasie uruchamiania systemu. Część parametrów ustala się w pamięciach RAM i można je łatwo zmieniać w czasie normalnej eksploatacji systemu.



## PNEUMATYCZNY SYSTEM AUTOMATYCZNEJ REGULACJI "PNEFAL"

Niezwykle dynamiczny w ostatnim okresie rozwój automatyzacji procesów technologicznych wywołany został obok czynników ekonomicznych koniecznością utrzymania wysokiej dokładności licznych wzajemnie na siebie oddziałujących parametrów sterowanego procesu. Obecnie uważa się za praktycznie niemożliwe prowadzenie nowoczesnych procesów przetwórczych bez odpowiednio wysokiego stopnia ich automatyzacji. Właśnie to określenie: odpowiednio jest powodem, dla którego, w okresie niezwykle szybkiego rozwoju elektroniki i jej zastosowań w układach sterowania, prezentujemy również produkowany w MERA-PNEFAL pneumatyczny system automatycznej regulacji PNEFAL.

Mimo ogromnych możliwości, jakie niesie ze sobą wprowadzenie aparatury elektronicznej, a szczególnie opartych o zastosowanie mikroprocesorów tzw. rozproszonych /dystrybucyjnych/ układów sterowania, pneumatyczne układy automatyki przemysłowej są wciąż jeszcze optymalnymi środkami automatyzacji dla średnich węzłów technologicznych, gdy algorytmy sterowania nie są bardzo skomplikowane. Wynika to z:

- wystarczająco wysokich dla ogromnej większości zastosowań własności metrologicznych,
- bardzo dużej pewności działania i niezawodności w najtrudniejszych warunkach pracy,
- prostoty budowy i związanej z tym łatwości obsługi, remontów i konserwacji,
- małej wrażliwości na zakłócenia zewnętrzne,
- pełnego bezpieczeństwa użytkownika również w warunkach zagrożenia wybuchowego,
- stosunkowo niskich kosztów aparatury i jej eksploatacji,
- niewiele gorszej niż przy analogowej aparaturze elektronicznej łatwości komponowania różnorodnych wariantów układowych przy zachowaniu zwartej zabudowy przyrządów w tablicach, szafach pomiarowo-kontrolnych i pulpach sterowniczych,

- dobrych własności ergonomicznych aparatury tablicowej.

Uważa się, że do takich właśnie zaliczyć można prezentowany niżej system PNEFAL.

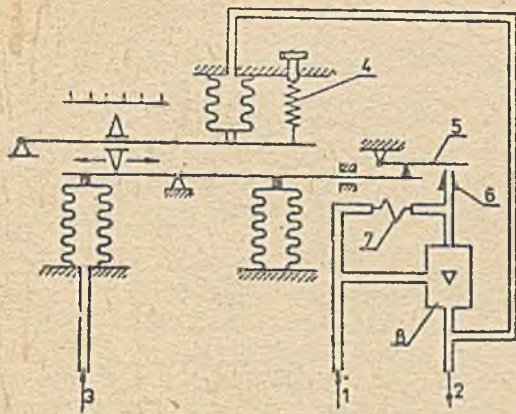
Bazą dla obecnej wersji systemu była zakupiona w firmie SIEMENS & HALSKE dokumentacja techniczna, obejmująca około 13 podstawowych typów przyrządów. Zestaw ten znacznie rozszerzony dalszymi opracowaniami oraz uzupełniony licznymi odmianami konstrukcyjnymi /tzw. wykonaniami specjalnymi/ pozwala na realizację ogromnej większości zadań z zakresu automatycznej regulacji procesów technologicznych o charakterze ciągłym. Ze względu na fakt, iż aparatura systemu PNEFAL jest szeroko stosowana, szczególnie w krajach RWPG i podobnie jak w innych systemach pneumatycznych stosunkowo wolno ulega zmianom, w niniejszym artykule informacyjnym zamierzamy unknąć szczegółów i danych technicznych, które znaleźć można w katalogu, dając jedynie bardzo ogólny "przewodnik po systemie". W PNEFAL wyróżnić możemy, jak w każdym klasycznym systemie automatycznej regulacji, podstawowe grupy przyrządów:

### Przetworniki pomiarowe

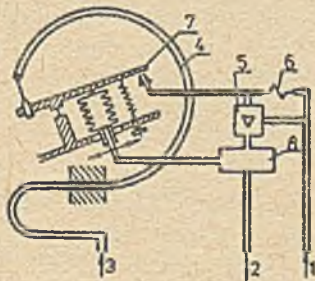
Przyrządy te przetwarzając podstawowe wielkości fizyczne na standardowy, przyjęty w systemie, pneumatyczny sygnał 20...100 kPa umożliwiają uzyskiwanie ciągłej informacji o rzeczywistych wartościach parametrów procesu regulowanego. W grupie tej do najczęściej stosowanych przyrządów należą:

Przetworniki ciśnienia cieczy i gazów /w tym również chemicznie agresywnych/ o zakresach pomiarowych leżących w obszarze:

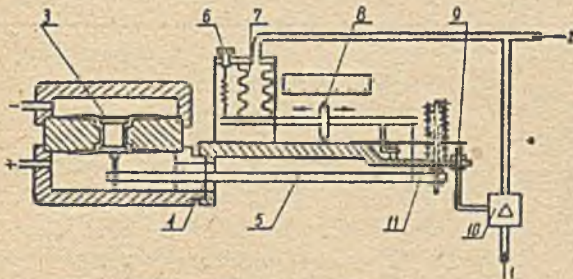
- typ A102 - ciśnienia absolutnego do 5000 Tr,
- A101 - średnich ciśnień do 1 MPa,
- A104 - wysokich ciśnień do 63 MPa,
- A103 - podciśnienia -100...+400 kPa,



Schemat funkcjonalny przetwornika A101  
1-zasilanie, 2-wyjście, 3-ciśnienie mierzone, 4-sprężyna zerująca, 5-przysłona, 6-dysza, 7-dławik, 8-wzmacniacz



Schemat funkcjonalny przetwornika A104  
1-zasilanie, 2-wyjście, 3-ciśnienie mierzone, 4-rurka Bourdone'a, 5-wzmacniacz, 6-dławik, 7-sprężyna zerująca, 8-pojemność tłumiąca



Schemat funkcjonalny przetwornika  $\Delta p$  /A105, A115, A124, A125/.

1-zasilanie, 2-wyjście, 3-blok membran pomiarowych, 4-membrana przepustu, 5-dźwignia, 5-śruba zerująca, 7-mieszek sprężenia zwrotnego, 8-regulacja zakresu, 9-dysza-przysłona, 10-wzmacniacz pneumatyczny, 11-sprężyna do przesuwania początkowego punktu pracy,

Rys.1. Typowe schematy przetworników

Przetworniki różnicy ciśnień A125, A124, wykorzystywane głównie do pomiaru natężenia przepływu cieczy, par i gazów metodą pośrednią, przez pomiar spadku ciśnienia na zwężce

lub kryzie oraz do pomiaru metodą hydrostatyczną poziomu cieczy w zbiornikach otwartych lub zamkniętych.

Elementami pomiarowymi tych przetworników są czułe i stabilne w czasie bloki dwumembranowe wykonane ze stali kwasoodpornej, w których przestrzeń między membranami wypełniona jest olejem silikonowym. Tego rodzaju zespoły membranowe odznaczają się małą wrażliwością na zmiany ciśnienia roboczego /statycznego/ i temperatury medium mierzonego oraz zachowują sprawność pomiarową po jednostronnym przeciążeniu /awaryjnym/ pełnym ciśnieniem roboczym, tj. po przeciążeniu w skrajnym przypadku przekraczającym 6000 razy szerokość zakresu pomiarowego. W zależności od zastosowanego zespołu pomiarowego i kompensacyjnego zakresy pomiarowe są nastawiane w granicach:

0...400 Pa	do	0...4 kPa
0...2,5 kPa	do	0...15 kPa
0...5 kPa	do	0...64 kPa
0...50 kPa	do	0...200 kPa

Przetworniki mogą być wyposażone w dodatkowy zespół nastawczy umożliwiający przesuwanie zakresu pomiarowego /zero suppression/ w granicach  $\pm$  maksymalnej dla przyrządu danego typu szerokości tego zakresu. Jako przykładowe zastosowania można tu podać tzw. odwracanie działania przetwornika, gdy wzrostowi mierzonej różnicy ciśnień odpowiada obniżanie wartości sygnału wyjściowego, pomiar natężenia przepływu o zmiennym kierunku, pomiar niewielkich zmian wysokiego poziomu cieczy, pomiar gęstości itp. Zarówno przetworniki ciśnienia jak i różnicy ciśnień mogą być wyposażone w oddzielacze /separator/ membranowe pozwalające na pomiary parametrów zanieczyszczonych, łatwo krzepnących lub gorących /do 250°C/ czynników mierzonych. Oddzielacze wykorzystujące membrany ze stali kwasoodpornej połączone są z przetwornikiem rurkami metalowymi o długości 3m /lub według uzgodnień/.

Wyposażenie przetwornika różnicy ciśnień w specjalną przystawkę, w której umieszczone są wymienne przysłony o kalibrowanych otworach /przetwornik A113/ umożliwia pomiary natężenia przepływu poniżej zakresu objętego normami dla obliczania zwężek i kryz pomiarowych. Zakresy pomiarowe przetworników A113 odpowiadają natężeniom przepływu 0...20 dm<sup>3</sup>/h do 0...42 m<sup>3</sup>/h powietrza /20°C, 100 kPa/ lub 0...0,5 dm<sup>3</sup>/h do 0...1200 dm<sup>3</sup>/h wody /15°C/. Przetworniki poziomu A108 i A109 oparte są na podzespołach przetworników różnicy ciśnień. Przeznaczone są do pomiaru cieczy zawierających łatwo osadzającą się zawiesinę ciał stałych, cieczy łatwo krzepnących lub odznaczających się dużą lepkością. Są one mocowane kołnierzowo do zbiornika tak, że jedna z membran

pomiarowych bezpośrednio całą powierzchnią styka się z czynnikiem mierzonym. W przetworniku A109 odsadzenie elementu pomiarowego umożliwia przeprowadzenie go przez grubą warstwę izolacji lub wykładziny wewnętrznej zbiornika /do 125 mm/. Ze względu na zastosowane przyłącze kołnierkowe dopuszczalne ciśnienie statyczne czynnika mierzonego ograniczono tu do 4MPa.

Jedną z ciekawych tzw. odmian specjalnych przetwornika A108 jest przetwornik z hermetyczną obudową i specjalnymi pokryciami lakierniczymi przeznaczony do pracy w zanurzeniu, pod lustrem cieczy. Umożliwia to łatwą instalację przetwornika w zbiornikach, dla których nie jest wskazane wykonywanie otworów w ścianach bocznych lub dnie /zbiorniki betonowe, ziemne, niektóre zbiorniki okrętowe itp./. Nadmuch powietrza spod uszczelnionej osłony mechanizmu przetwarzającego /kompensacyjnego/ wyprowadzony jest dodatkowym przewodem pneumatycznym do atmosfery.

Przetwornik różnicy ciśnień A106, w którym elementem pomiarowym jest dzwon metalowy uszczelniony cieczą przewidziany jest do pomiaru bardzo małych różnic ciśnień. Szerokości zakresu pomiarowego nastawiane są w granicach 40 do 500 Pa /4 do 50mm H<sub>2</sub>O/ z możliwością przesuwania zakresu w granicach -400...+ 500Pa przy dopuszczalnym ciśnieniu statycznym 250kPa. Konstrukcja przetwornika zapewnia poprawną pracę po przeciążeniu jednostronnym pełnym ciśnieniem statycznym. Tak małe szerokości zakresu pomiarowego wykorzystuje się najczęściej w układach zapewniających utrzymanie w objętościach otwartych /wanny szklarskie, piece hutnicze, komory klimatyczne itp./ atmosfery o określonym składzie lub małych nadciśnieniach zabezpieczających przed zanieczyszczeniami z otoczenia. Przetworniki takie stosuje się również w układach pomiarowych i regulacyjnych przepływu przy niewielkich spadkach ciśnienia, np. w przewodach kominowych /pomiar tzw. ciągu/, instalacjach typu spadowego itp.

W grupie przetworników pomiarowych poziomu i przepływu wymienić należy jeszcze dwa przetworniki, których producentem nie jest wprawdzie MERA-PNEFAL, ale które są często stosowane w układach automatyki złożonych z elementów systemu PNEFAL.

Pneumatyczny przetwornik nurnikowy produkcji MERA-KFAP przewidziany jest do pomiarów zmian poziomu cieczy odpowiadających 0...350 do 0...5000mm H<sub>2</sub>O lub zmian gęstości w granicach 0,4 do 1,6 kg/dm<sup>3</sup> przy ciśnieniu statycznym nie przekraczającym 4 MPa i temperaturze czynnika mierzonego do 150°C.

Na bazie podzespołów systemu PNEFAL produkowany jest w krótkich seriach przez firmę METALCHEM w Gliwicach na poro-

wy przetwornik natężenia przepływu, którego elementem pomiarowym jest tarcza umieszczona w rurociągu prostopadle do jego osi.

MERA-PNEFAL oprócz przetworników ciśnienia, różnicy ciśnień i wielkości fizycznych mierzonych za pośrednictwem tych parametrów produkuje pneumatyczny przetwornik temperatury A123. Elementem pomiarowym przetwornika jest zespół manometryczny złożony z wykonanych ze stali kwasoodpornej: zbiornika, kapilary i rurki Bourdona, wypełnionych sprężonym gazem. Rurka Bourdona współpracuje z mechanizmem przetwarzającym w systemie kompensacji sił. Kapilara osłonięta jest rurką sztywną, na której w dowolnym miejscu zaciskana jest dławica zaopatrzona w gwint, umożliwiająca mocowanie przetwornika na obiekcie podobnie jak typowe czujniki termometrów oporowych i termopar, przy głębokości zanurzenia 300 do 800 mm. Produkowane są również odmiany z kapilarą osłoniętą giętkim pancernem. Szerokość zakresu pomiarowego jest stała, zależna od wykonania /zamówienie/, a zakres pomiarowy może być przesuwany na obiekcie w granicach  $\pm \frac{1}{2}$  tej szerokości.

Obecnie produkowane są jako standard przetworniki o szerokościach zakresu 50...300 K leżących w obszarze -50...300°C. W związku z coraz częściej pojawiającymi się zamówieniami przewiduje się rozszerzenie tego obszaru do 550°C. Wprowadzenie /opcjonalne/ akcji różniczkującej w torze przetwarzania pozwala uzyskać w układzie regulacyjnym lub pomiarowym efekty podobne do zmniejszenia stałej czasowej czujnika. Wprowadzenie do układu regulacji lub pomiaru zbudowanego z elementów PNEFAL informacji o wartości parametru, którego pomiar najwygodniejszy lub jedynie możliwy jest przyrządem elektrycznym /analityzatory, polarymetry, chromatografy, pirometry itp./ zapewnia produkowany przez MERA-KFAP przetwornik elektro-pneumatyczny /EP-P3, EP-P4, EP-P5/. Przetwarza on prądowy sygnał elektryczny na standardowy sygnał pneumatyczny. Zestaw możliwych sygnałów wejściowych o szerokościach zakresu od 5 mA do 100 mA zapewnia dopasowanie się do ogromnej większości spotykanych w praktyce przetworników pomiarowych.

#### Przyrządy realizujące działania algebraiczne

Ta grupa przyrządów niezbędnych w bardziej złożonych układach regulacji i sterowania jest w systemie PNEFAL niezbyt bogato reprezentowana. Wymienić tu można 3 typy:

Przyrząd pierwiastkujący A301 realizujący działanie:

$$p_2 = \sqrt{80/p_3 - 20} + 20$$

gdzie:  $p_2$  - ciśnienie wyjściowe w kPa,

$p_3$  - ciśnienie wejściowe w kPa

stosowany najczęściej w układach regulacji natężenia przepływu mierzonego przy pomocy kryz lub zwężek w połączeniu z przetwornikiem różnicy ciśnień,  
Przyrząd mnożący A302 realizujący działanie:

$$p_2 = k/p_3 / p_4 \cdot S$$

gdzie:  $p_2$  - ciśnienie wyjściowe

$p_3$  - ciśnienie sterujące /kPa/,

$p_4$  - ciśnienie wejściowe,

S - stała nastawiana mechanicznie.

Jest to jak widać przyrząd mnożący wartość sygnału wejściowego przez współczynnik  $k$  będący funkcją drugiego sygnału wejściowego tzw. sygnału sterującego. Funkcję tę określić można wzorem:

$$k/p_3 / = \frac{5}{1 + \frac{36}{0,25p_3 - 1}}$$

skąd wynika  $0,5 \leq k/p_3 / \leq 2$

Stosowany jest najczęściej w układach regulacji stosunku lub układach regulacji kaskadowej. Przyrząd sumujący A303 umożliwia operację dodawania i odejmowania dla 3 sygnałów pneumatycznych i wartości stałej, obliczania średniej arytmetycznej dwóch sygnałów itp. Może również służyć jako dwustanowy /przełącznikowy/ komparator porównujący ze sobą dwa sygnały lub różnicę dwóch sygnałów z nastawioną mechanicznie wartością.

#### Przyrządy tablicowe i regulatory

W MERA-PNEFAL produkowane są w dalszym ciągu wywodzące się z zakupionego w firmie SIEMENS know-how regulatory A404, A405, A406. Pozwalają one realizować podstawowe rodzaje regulacji P, PI, PID, PD i wykonywane są w wariantach do zabudowy na wskaźniku, rejestratorze, siłowniku lub niezależnego montażu naściennego. Odnznaczają się dużą niezawodnością oraz dobrymi parametrami: wzmocnienie /w stanie otwartym/ przekracza 400, a wpływ zmian wartości zadanej /błąd podstawowy/ leży poniżej 0,3%.

Regulatory te oraz stacje operacyjne A601, A604, sterownicze A602, przełączniki tablicowe A603, A605 oraz wskaźniki A501, A502, A571, A572 dają możliwość budowy pełnego zestawu podstawowych układów regulacyjnych przy stosunkowo niewysokich kosztach aparatu-

tury i bardzo dużej pewności działania. Przyrządy te jednakże wypierane są z produkcji przez nową generację przyrządów części centralnej tzw. PNEFAL 3.

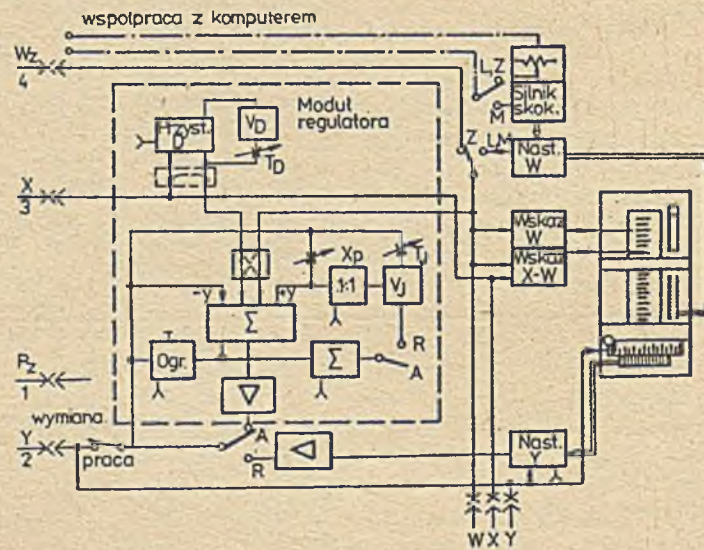
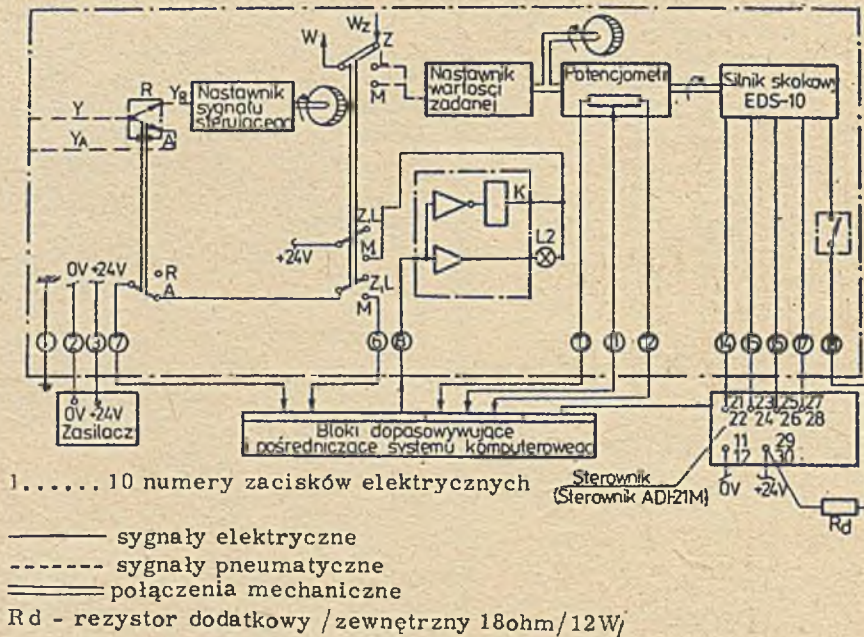
Opracowana w latach 70 aparatura PNEFAL 3 jest odpowiedzią przede wszystkim na wymagania miniaturyzacji części tablicowej, ułatwienia selekcji informacji docierającej do operatora i możliwości współpracy z komputerem lub innym cyfrowym układem nadrzędnym. Można podzielić ją na podstawowe grupy:

- regulatory tablicowe A411, A412, A413, A415, A416, A421, A422, A423
- stacje operacyjne A611, A612, A613, A615, A616, A621, A622, A623
- stacje sterownicze A635
- stacje do regulacji stosunku A640, A641
- wskaźnik A504.

W grupie regulatorów i stacji operacyjnych rozróżnić można przyrządy z ruchomą podzielną wskaźnika wartości zadanej "W" /A411...A416, A611...A616/ i z podzielną nieruchomą /A421...A423, A621...A623/. Przyrządy odznaczają się modułową budową przy dużej unifikacji podzespołów i części.

Najbogatsze i najbardziej charakterystyczne są tu regulatory tablicowe. Regulatory tablicowe serii A410 /A411...A416/ wyposażone są we wskaźniki wartości zadanej /W/ o taśmowej przesuwanej podzielnicy długości 190 mm oraz miernik odchyłki regulacyjnej /X - W/. Wartość zadana /W/ odczytywana jest na wprost nieruchomego znacznika, wartość rzeczywistą X wskazuje na tej samej podzielnicy wskazówka miernika odchyłki. Przy prawidłowo pracującym układzie wskazówka jest przysłonięta tzw. zieloną linią, gdy pojawia się odchyłka regulacyjna czerwona wskazówka ukazuje się, informując o kierunku i wielkości odchylenia. Widoczna część podzielnicy /i X - W/ wynosi  $\pm 20\%$ .

- Poszczególne typy regulatorów różnią się stopniem skomplikowania i przeznaczeniem:
- A411 - przeznaczony do regulacji stałowartościowej lub jako regulator wiodący do regulacji kaskadowej,
  - A412 - do regulacji nadążnej, bez przełączania na regulację stałowartościową, umieszczany blisko wiodącego, wówczas przełączenie na sterowanie ręczne regulatora wiodącego jest równoznaczne z przełączeniem na regulację stałowartościową w układzie nadążnym,
  - A413 - do regulacji nadążnej z przełączaniem na stałowartościową, do regulacji stosunku,



Rys.2. Schemat funkcjonalny regulatora PID do sterowania nadrzędnego z przełączaniem na regulację nadążną lub stałowartościową typu A416.

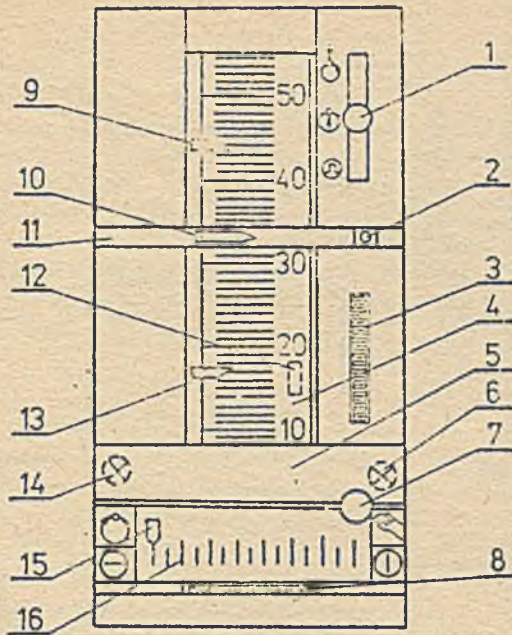
A415 - do współpracy z komputerem w układzie hierarchicznym /supervisory control/ z przełączaniem na regulację stałowartościową,

A416 - jw. lecz z przełączaniem również na regulację nadążną, np. przy regulacji stosunku w układzie hierarchicznym.

Regulatory serii A420 /A421...A423/ różnią się zespołem wskaźników. Wyposażone są

w dwa niezależne zespoły pomiarowe X i W o nieruchomych, łatwo wymiennych podzielnikach widocznych w 100% lecz bardziej zagęszczonych. Odmienne rozwiązana jest sygnalizacja. W regulatorach serii A410 sygnalizowana jest /dwugranicznie/ wartość X - W, a w regulatorach serii A420 do wyboru wartość X lub W.

Regulatory charakteryzują się szeregiem nowoczesnych rozwiązań zapewniających:



Rys.3. Płyta czołowa regulatora tablicowego w wykonaniu A416-A030

1-dźwignia przełącznika rodzaju regulacji, 2-wskaźnik kulkowy równowagi, 3-pokrętło nastawnika wartości zadanej, 4-podzielnia wskaźnika W, 5-miejsce dla projektanta na wpisanie oznaczeń, 6-lampka sygnalizacji awarii EMC, 7-dźwignia przełącznika "automatyka-ręczne", 8-pokrętło nastawnika sterowania ręcznego, 9-wskazówka sygnalizacji X - W, 10-wskazówka X - W, 11-zielona linia przeciwwskaźnika W, 12-mnożnik i miana skali, 13-wskazówka sygnalizacji X - W, 14-lampka sygnalizacji X - W, 15-wskazówka wskaźnika ciśnienia wyjściowego Y, 16-podzielnia wskaźnika ciśnienia wyjściowego Y.

W zależności od wykonania, na płytach czołowych mogą nie występować elementy takie jak:

- pokrętło przełącznika rodzaju regulacji nastawnika W,
- lampki i wskazówki sygnalizacyjne,
- wskaźnik kulkowy równowagi

- możliwość nastaw parametrów dynamicznych regulatora  $X_p, T_i, T_d$  po częściowym wysunięciu z kasety,
- podłączenie w czasie pracy przyrządów kontrolnych i pomiar X, W i Y bez zakłócenia pracy przyrządu,
- wymianę regulatora na inny bez przerwania pracy układu,
- naprawę lub wymianę większości podzespołów podczas pracy układu,
- bezuderzeniowe przełączanie:
  - automatyka - sterowanie ręczne /A - R/ i
  - sterowanie ręczne - automatyka /R - A/,
- sygnalizację nieprawidłowej pracy układu regulacyjnego /X - W, X lub W/ przez podświetlenie kasetki na płycie czołowej i ewentualny sygnał elektryczny,
- możliwość dwustronnego ograniczania sygnału wyjściowego,
- dobre parametry regulacyjne i metrologiczne,
- w regulatorach PID i PD - różniczkowanie tylko w torze X.

W przypadku, gdy dynamika układu i duża odległość od sterowni wymagają instalacji bloku regulacyjnego na obiekcie stosowane są zamiast regulatorów tablicowych stacyjki operacyjne współpracujące z regulatorem naścinnym najczęściej A406. Zarówno regulatory A415 i A416 jak i stacyjki A615, A616 przystosowane są do pracy z komputerem w systemie sterowania nadrzędnego. Przyrządy te powiązane są z komputerem następującymi sygnałami:

- sygnał gotowości reulatora do współpracy /z komputerem /zwarcie zestyku/,
- sygnał gotowości komputera do współpracy z regulatorem /14...30 V/, brak tego sygna-

łu /"0" logiczne, 0...0,3 V= / w czasie gotowości regulatora sygnalizowany jest /lampką/ na płycie czołowej regulatora,

- sygnał wartości zadanej z komputera w kodzie przyrostowym 100% - 720 impulsów /"0" = 0...0,4V, "1" = 2,4...5V/,

- sygnał sprzężenia zwrotnego do komputera informujący o aktualnej wartości zadanej /potencjometr 500 ohm/1,5W/.

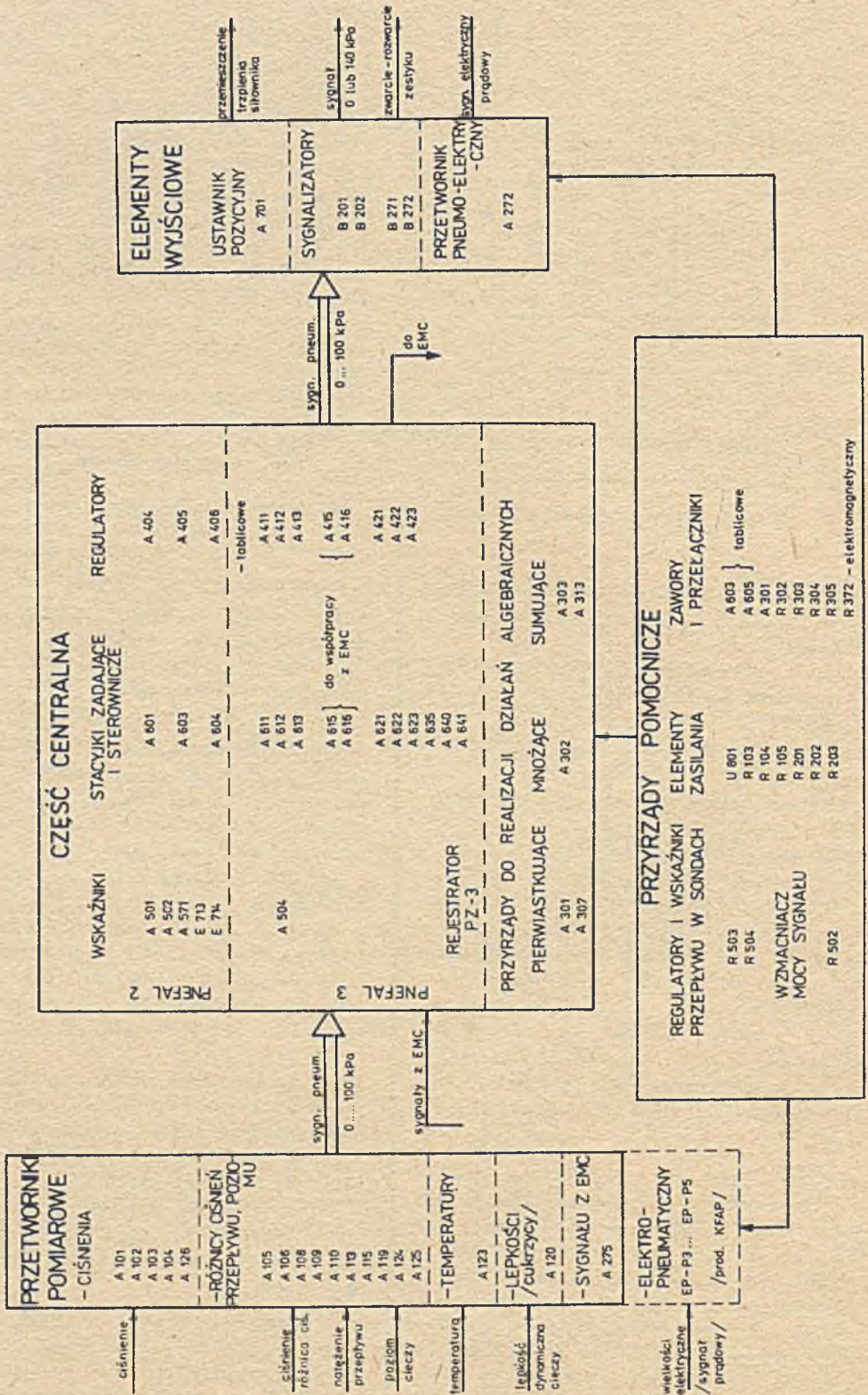
Odlączenie komputera powoduje pozostawienie ostatniej wartości zadanej.

W OBRAP MERA-PNEFAL opracowany i produkowany jest w krótkich seriach sterownik A275 stanowiący swego rodzaju przetwornik sygnału z komputera na standardowy sygnał pneumatyczny. Umożliwia on m.in. budowę układów rzadko stosowanego w pneumatyce bezpośredniego sterowania cyfrowego /DDC/.

Stacyjki stosunku: A640 - z lokalną nastawą wartości stosunku, A641 - z lokalną /ręcznie/ lub zdalną /sygnałem pneumatycznym/ nastawą wartości stosunku, pozwalają na realizację układów regulacji stosunku, z przełączaniem na stałowartościową, kaskadowej regulacji stosunku oraz regulacji stosunku z wartością stosunku zadaną przez komputer lub programator.

Wszystkie przyrządy PNEFAL 3 mają zuniifikowaną głębokość zabudowy /2 odmiany/ i płyty czołowe 72x144 mm umożliwiające ciasną zabudowę w tablicy. Umożliwia to ok. 4-krotne zmniejszenie powierzchni elewacyjnej tablic pomiarowo-kontrolnych w stosunku do poprzedniej wersji PNEFAL. Nie zuniifikowaną głębokość zabudowy ma "dokooptowany" do PNEFAL3 rejestrator PZ-3 produkowany w MERA-LU-

PNEUMATYCZNY SYSTEM REGULACJI AUTOMATYCZNEJ  
PNEFAL





MEL według know-how S H. Płyta czołowa tego rejestratora o wymiarach 144x144 mm i sposób mocowania zapewnia jednak możliwość ciasnej zabudowy z wyżej omawianą aparaturą.

Rejestrator służy do pomiaru i zapisu jednej, dwóch lub trzech wielkości mierzonych. Silnik synchroniczny 220V z przekładnią zapewnia przesuw taśmy 20 lub 60 mm/h. W MERA-PNEFAL produkowany jest w krótkich seriach pneumatyczny mechanizm napędowy do rejestratora PZ-3 umożliwiający instalowanie rejestratorów w strefie zagrożonej wybuchem.

### Elementy wyjściowe

Klasycznymi elementami wykonawczymi w pneumatycznych układach regulacji są siłowniki membranowe i membranowo-sprężynowe. Zestaw takich siłowników o skokach roboczych w granicach 12,7...101,6 mm /1/2" ...4"/ i powierzchniach czynnych membrany 290...1290 cm<sup>2</sup> produkowany jest m.in. przez firmę MERA-POLNA w Przemysłu. Najczęściej sterowanie siłownikami odbywa się za pośrednictwem ustawnika pozycyjnego P-Up2 produkcji MERA-KFAP w Krakowie. Umożliwia on zwiększenie ciśnienia napędzającego siłownik do ok. 250 kPa, zapewniając dokładność i histerezę zaworu w granicach 1%.

Ustawnik pozycyjny A701 produkowany przez MERA-PNEFAL stosowany jest w przypadkach, gdy zachodzi potrzeba wprowadzenia nieliniowej zależności skoku siłownika od sygnału sterującego. Ustawniki umożliwiają również tzw. działanie posobne /kolejne/ dwóch siłowników.

Blok odcinkowy R305 jest ciekawym elementem przeznaczonym do blokowania /zamknięcia komór/ siłownika pneumatycznego w ostatnim położeniu pracy w przypadku zaniku ciśnienia zasilania. Rolę elementu wyjściowego dla systemu PNEFAL spełnia również przetwornik międzysystemowy A272, przetwarzający standardowy sygnał pneumatyczny na jeden ze standardowych sygnałów elektrycznych prądowych. Przetwornik ten jest elementem systemu EFTRONIK i razem z tym systemem będzie omówiony.

### Wyposażenie pomocnicze

Zestaw elementów zasilania złożony z reduktorów R104, R105, filtrów R201, R202 oraz stacji oczyszczania powietrza U801 zapewnia zasilanie przyrządów powietrzem pozbawionym zanieczyszczeń mechanicznych powyżej 4,5 μm, aerozolu, osuszonym do temperatury punktu rosy poniżej -40°C.

Układy blokady i sygnalizacji rozwiązywane są przeważnie jako elektryczne lub elektroniczne. W systemie PNEFAL przewidziano jedynie elementy wejściowe dla tych układów. Są to tzw.

sygnalizatory graniczne informujące o przekroczeniu nastawionej wartości sygnału pneumatycznego.

Sygnalizator B271 jest sygnalizatorem dwugranicznym wyposażonym w 2 zestyki przełączne o obciążalności 5A/250V lub 30V<sup>-</sup>. Odnacza się dużą różnicą pomiędzy ciśnieniami przełączającymi dla każdego z zestyków /10 kPa/, co zapobiega oscylacjom przy niezdecydowanym przekroczeniu wartości sygnalizowanej. Niekiedy bywa wykorzystywany jako prosty regulator trójpołożeniowy.

Sygnalizator B272, jednograniczny z zestykiem przełącznym o parametrach jak wyżej i wąskiej strefie przełączania /1,5 kPa/ wyposażony jest w podzielną umożliwiającą dokonywanie nastaw bez przyrządu pomiarowego. Wymaga standardowego zasilania pneumatycznego /140 kPa/. Produkowany jest w wersji normalnej /pyło- i bryzgoszczelnej/ lub przeciw-wybuchowej o klasie MII B, grupie zapłonowej T6.

Sygnalizator B205 produkowany jednostkowo jest odmianą konstrukcyjną B272 o dwustanowym pneumatycznym sygnale wyjściowym.

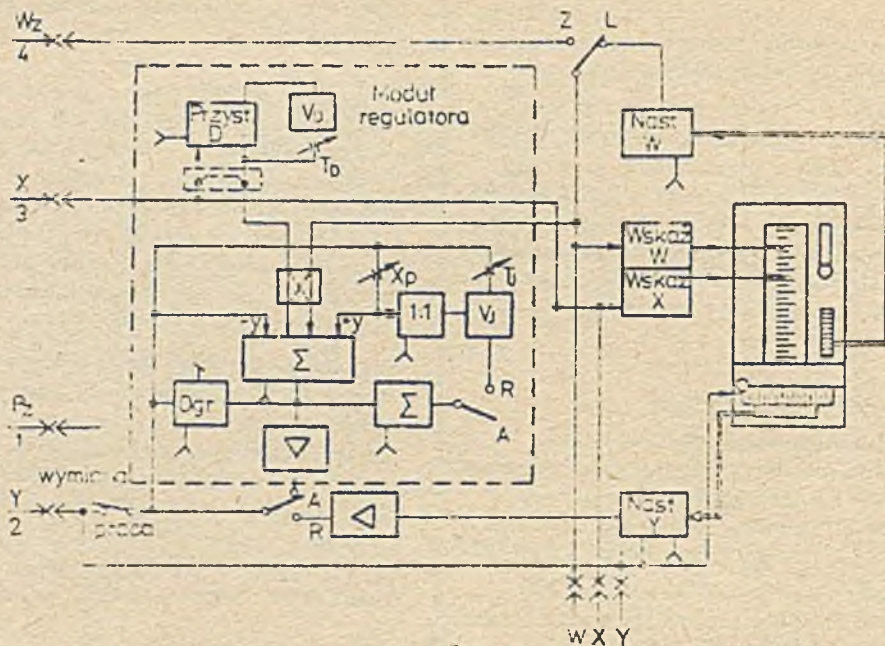
Do przełączania pneumatycznych obwodów sygnałowych przewidywane są:

- pneumatyczny zawór trójdrogowy R303 - sterowany dwustanowym sygnałem ciśnieniowym,
- elektromagnetyczny zawór trójdrogowy R372 - o napięciu sterującym 220V, 110V lub 24V prądu stałego lub zmiennego.

### Dalsze opracowania

Na zakończenie skrótowej z konieczności prezentacji najbardziej charakterystycznych elementów obecnie produkowanych należy wspomnieć o zamierzeniach na najbliższą przyszłość. System PNEFAL jest bogatym, sprawdzonym eksploatacyjnie systemem automatyki. Zapewnia on możliwość budowy szerokiego wachlarza klasycznych układów automatycznej regulacji, których katalog został opracowany przez Zakład Projektowo-Technologiczny MERA-PNEFAL, jak również pozwala na tworzenie złożonych nietypowych układów automatyki i sterowania, co potwierdziła praktyka na licznych obiektach.

Z uwagi na obszar zastosowań i wspomniane na wstępie niniejszego artykułu walory, system PNEFAL powinien podobnie jak inne światowe systemy automatyki pneumatycznej, przetrwać klasyczne analogowe układy elektroniczne. Nie należy jednak w tej dziedzinie spodziewać się już żadnej rewolucji technicznej. Działalność rozwojowa obejmuje głównie doskonalenie techniki wytwarzania oraz modernizację i tworzenie odmian konstrukcyjnych zgodnie z syg-

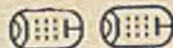


Rys.4. Schemat funkcjonalny regulatora PID do regulacji nadążnej z przełączaniem na regulację stałowartościową typu A423/ połączenia pneumatyczne/

nalizowanymi potrzebami rynku. Między innymi w najbliższym okresie /1983-84 r./ przewiduje się:

- Wprowadzenie pokryć teflonowych w głowicach pomiarowych przetworników, szczególnie różnicy ciśnień.
- Opracowanie i produkcję krótkoseryjną przetworników różnicy ciśnień /A842/ o nominalnym ciśnieniu roboczym 32 MPa /ew. 40 MPa/ i szerokościach zakresów pomiarowych 4... 40 kPa.

- Krótkoseryjną produkcję przetworników ciśnienia o zakresie 0...0,6 MPa.
- Opracowanie i produkcję krótkoseryjną ustawników pozycyjnych dwustronnego działania dla siłowników tłokowych i membranowych.
- Modernizację rejestratora i wyposażenie go w wybierak kanałów.
- Wdrożenie do produkcji nowego urządzenia pierwiastkującego A307 o podwyższonych parametrach eksploatacyjnych.
- Wdrożenie do produkcji reduktorów ciśnienia o wydajności powyżej 100 m<sup>3</sup>/h.



mgr inż. ZBIGNIEW JAWORSKI  
OBR MERA-PNEFAL

## ELEKTRONICZNY SYSTEM AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ "EFTRONIK"

Elektroniczny system automatyki EFTRONIK powstał na bazie systemu VUTRONIK firmy HONEYWELL, z którą to firmą MERA-PNEFAL podjęło współpracę techniczną w 1974 r. System EFTRONIK zapewnia możliwość realizacji zarówno prostych układów automatyki, jak i bardzo złożonych systemów sterowania cyfrowego-bezpośredniego /DDC/ lub nadrzędnego. Struktura systemu EFTRONIK została przedstawiona w tablicy 1.

Sygnałem wewnętrznym systemu jest sygnał 4...20mA lub 1...5V prądu stałego. Sygnałem przesyłowym pomiędzy przetwornikami pomiarowymi a przyrządami części centralnej systemu EFTRONIK jest sygnał prądowy 4...20mA, możliwe są także sygnały prądowe 1...5mA i 10...50mA. Natomiast sygnałem przesyłowym do elementów wykonawczych jest wyłącznie sygnał prądowy 4...20mA.

Układy elektroniczne aparatów systemu EFTRONIK zostały zrealizowane w oparciu o układy scalone, nowoczesne elementy półprzewodnikowe /tranzystory jednozłączne, tranzystory typu FET i MOSFET/ oraz wysokiej jakości elementy bierne. Przyrządy systemu EFTRONIK są konstrukcyjnie i układowo przystosowane do współpracy z barierami Zenera w przypadku realizacji układów iskrobezpiecznych. Układ elektroniczny przetworników systemu EFTRONIK zaprojektowany jest jako dwuprzewodowy, tzn. zasilanie przetwornika oraz sygnał wyjściowy prowadzone są tylko jedną wspólną parą przewodów.

### Regulatory i stacyjki sterowania systemu EFTRONIK

Regulatory i stacyjki sterowania systemu EFTRONIK są wykonane w postaci aparatów tablicowych o identycznych wymiarach.

### Ogólne dane techniczne:

Wielkość wejściowa /mierzona/	4...20mA, rezystancja wej. 250 $\Omega$ 10...50mA, rezystancja wej. 100 $\Omega$ 1...5mA, rezystancja wej. 1k $\Omega$ 1...5V, rezystancja wej. $\approx$ 250k $\Omega$
Wielkość wyjściowa	4...20mA, rezystancja obciążenia $\leq$ 790 $\Omega$
Napięcie zasilające: znamionowe	+25V
dopuszczalny zakres wartości	+23,5...+25,5V
wymagana dokładność stabilizacji	$\pm$ 0,25V
Temperatura pracy	+5°...+50°C
Wilgotność względna	5...90%
Wymiary gabarytowe	50x150x750mm
Masa	5 kg

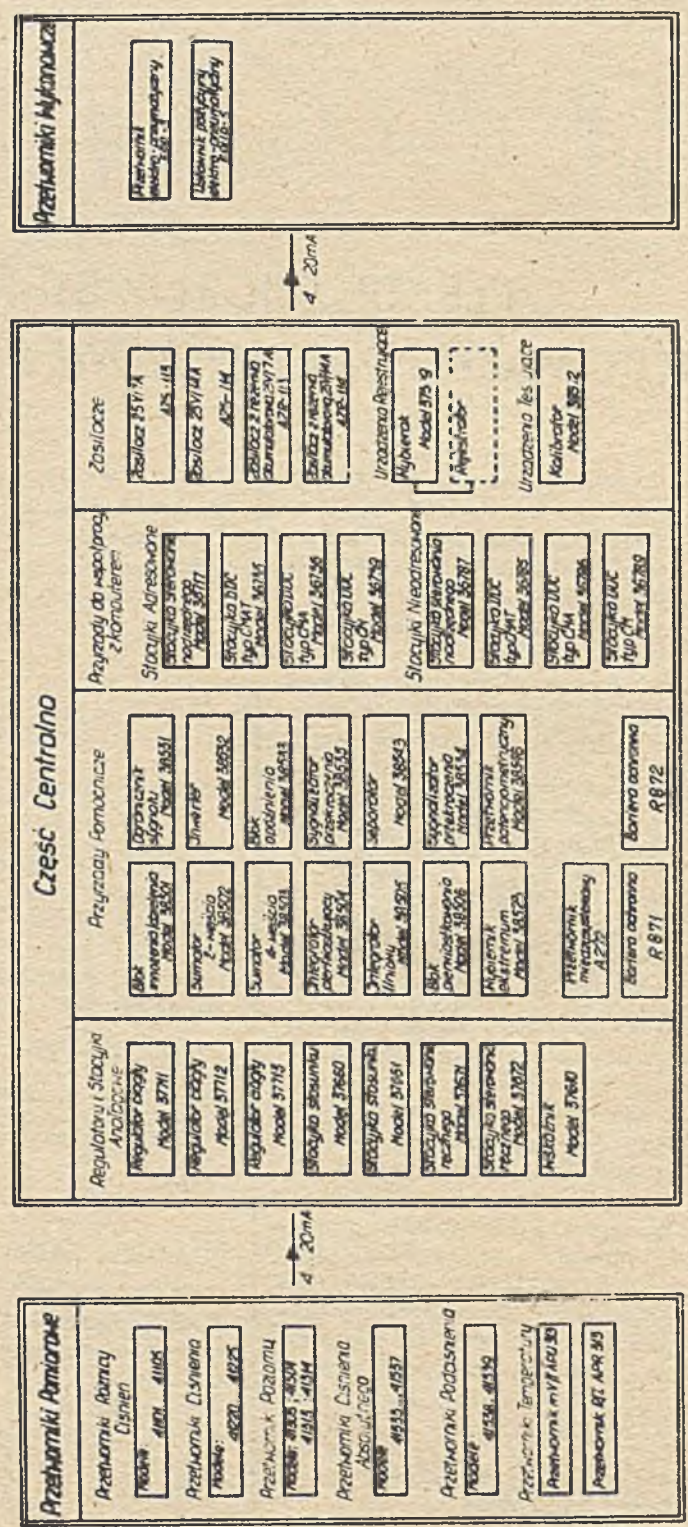
### Regulatory ciągłe

System EFTRONIK obejmuje trzy modele /typy/ regulatorów działania ciągłego stosowanych w konwencjonalnych układach regulacji automatycznej:

- model 37711 przeznaczony do pracy w prostych układach regulacji,
- modele 37712 i 37713 przeznaczone do pracy w układach kaskadowych i w układach regulacji stosunku.

Regulatory te stanowią jeden z ważniejszych elementów systemu, ponieważ przez prostą mo-

## STRUKTURA SYSTEMU ELEKTRONIKI



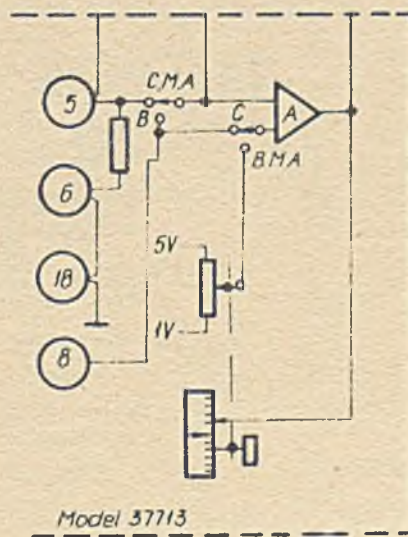
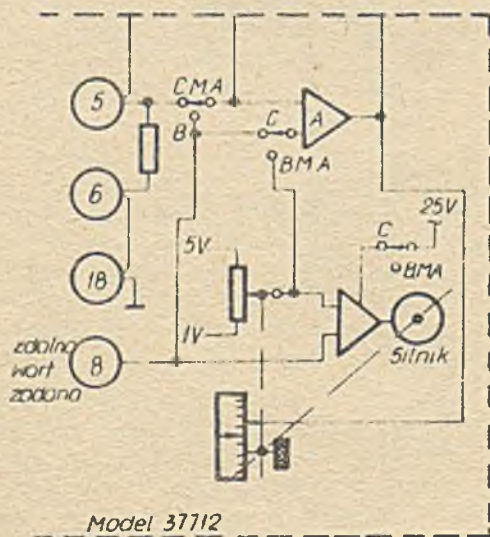
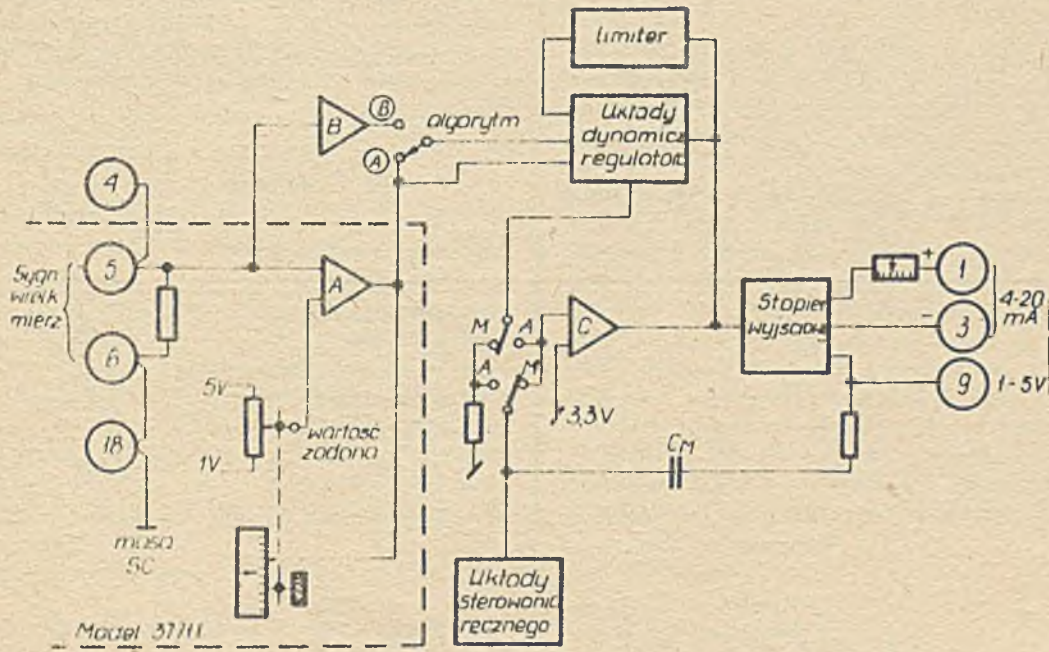
dyfikację polegającą zasadniczo na uzupełnieniu aparatu odpowiednimi układami dla sygnałów wejściowych uzyskuje się stacyjki sterownicze przystosowane do współpracy z systemami komputerowymi.

### 3 Konstrukcja regulatorów

Regulatory systemu EFTRONIK są aparatami tablicowymi wysuwanymi o budowie modułowej. Połączenia pomiędzy poszczególnymi modułami funkcjonalnymi regulatora zrealizowano za pomocą złączy wtykowych, co pozwala na łatwą modyfikację lub uzupełnienie funkcji aparatu. Regulator z urządzeniami współ-

pracującymi łączy się za pośrednictwem złączek umieszczonych na jego tylnej płycie.

Na płycie czołowej regulatora umieszczone są: przełącznik rodzaju pracy, przyciski sterowania ręcznego, pokrętko wartości zadanej oraz elementy wskazująco-sygnalizacyjne. Wartość zadana wskazywana na ruchomej, taśmowej podzielnicy miernika uchybu, nastawiana jest ręcznie lub przez serwomotor /tylko w modelu 37712/ układu śledzącego zdalną wartość zadaną. Na mierniku tym wskazywana jest wielkość mierzona oraz uchyb regulacji w zakresie +20%. Miernik poziomy służy do wskazywania sygnału wyjściowego regulatora.



Rys.1. Schemat budowy układu regulatorów ciągłych

Po wysunięciu panelu regulatora z obudowy uzyskuje się dostęp do pokręteł nastaw, przełącznika zakresów, przełącznika "algorytmu", przełącznika kierunku działania regulatora oraz do potencjometrów poziomów sygnalizacji i poziomów ograniczenia. W następnym stopniu wysunięcia panelu uzyskuje się dostęp do miejsca przeznaczonego dla przystawki sterowania ręcznego lub w przypadku dołączonej przystawki, do jej elementów manipulacyjnych. Po przejściu funkcji sterowania ręcznego przez przystawkę można odłączyć panel regulatora od zespołu obudowy. Zasadniczą różnicę budowy poszczególnych modeli regulatorów ciągłych ilustruje rys.1.

W regulatorze model 37711 przełącznik rodzaju pracy ma dwa położenia - M /sterowanie ręczne/ i A /automatyka/. Przełącznik rodzaju pracy steruje przekaźnikiem, którego zestyki na wejściu wzmacniacza "C" /rys.1/ tworzą odpowiedni układ połączeń. W regulatorach model 37712 i 37713 przełącznik rodzaju pracy ma cztery położenia - C /kaskada/, B /równoważenie/, M /sterowanie ręczne/ i A /automatyka/. W położeniu "C" przełącznika zdalna wartość zadana doprowadzona do zacisku nr 8 aparatu jest wartością zadaną regulatora. Regulator model 37712 jest wyposażony w serwo-mechanizm, który zapewnia śledzenie zdalnej wartości zadanej przez wewnętrzną /lokalną/ wartość zadaną regulatora w pozycji "C" przełącznika rodzaju pracy, dzięki temu możliwy

jest też odczyt zdalnej wartości zadanej na podzielnicy miernika pionowego.

Model 37713 pozbawiony jest tych właściwości, dlatego przy przełączaniu z pozycji "C" na "A" należy zatrzymać przełącznik na pozycji "B" i ręcznie ustawić wewnętrzną wartość zadaną zgodnie z wartością zdalną. W pozycji "B" miernik pionowy wskazuje różnicę wartości zadanych. Przy przełączaniu z pozycji "A" na "C" dla obu modeli regulatora kaskadowego wymagane jest w pozycji "B" ręczne dostrojenie wewnętrznej wartości zadanej do zdalnej wartości zadanej. Bezzakłócenkowe przejście z pozycji "M" na "A" i odwrotnie zapewnia kondensator pamięci  $C_M$ . Analizę działania układu regulatora typu PID można przeprowadzić na podstawie schematu przedstawionego na rys.2.

Dane techniczne /uzupełniające/  
 Sygnał zdalnej wartości zadanej

1...5V

Dokładność wskazań:

wielkość mierzonej 0,5%  
 wartości zadanej 0,5%  
 uchybu regulacji 0,6%

Stalność sygnału wyjściowego

przy sterowaniu ręcznym 0,1%/godz.

Współczynnik wzmocnienia

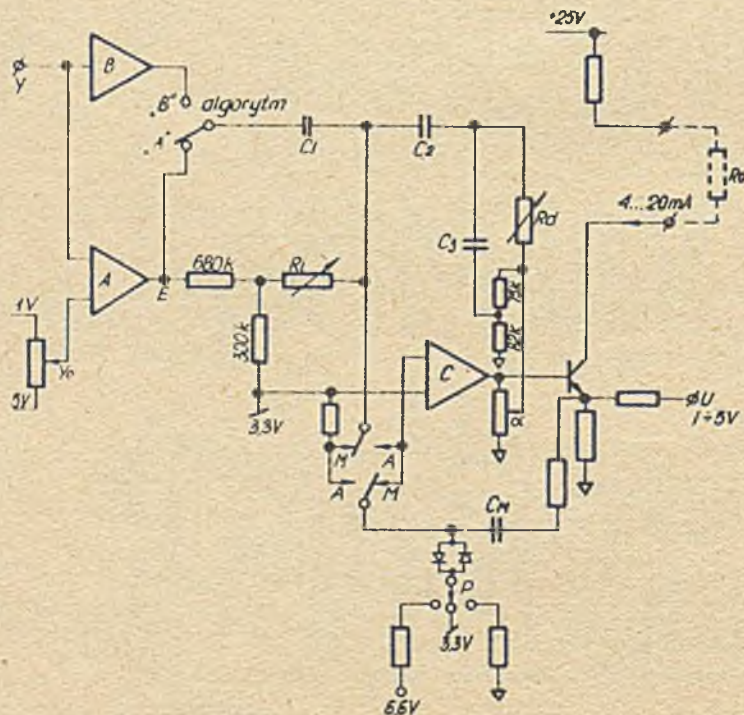
regulatora 0,1...100

Czas zdwojenia

0,01...50min

Czas wyprzedzenia

0,2...10min



Rys.2. Uproszczony schemat ideowy regulatora

## Komputerowe stacyjki sterowania

Stacyjki modele: 36785, 36786, 36789, 36787 są przeznaczone do współpracy z maszyną cyfrową firmy GENERAL ELEKTRIC typ GE PAC4020. Stacyjki modele: 36735, 36736, 36739, 36717 są bardziej uniwersalne i mogą współpracować z urządzeniami sprzęgającymi /Interface/ szeregu komputerów /np. firmy HONEYWELL maszyny cyfrowe serii 16, 316 i 516, firmy FERRANTI, firmy IBM/.

### ● Stacyjki sterowania bezpośredniego /DDC/

Podstawowe funkcje stacyjek DDC:

- przekształcenie nieciągłego sygnału wejściowego na ciągły sygnał wyjściowy dla elementu wykonawczego,
- przejdzie na rezerwowe sterowanie /ręczne lub automatyczne/ w przypadku przerwania sterowania komputerowego.

#### 1. Stacyjka DDC typ CMAT, model 36735 -

Stacyjka może prowadzić sterowania:

- komputerowe, przełącznik w pozycji "C",
- ręczne, przełącznik w pozycji "M",
- automatyczne, przełącznik w pozycji "A".

Realizacja sterowania automatycznego i ręcznego analogicznie, jak w regulatorach ciągłych systemu EFTRONIK. Stacyjka ta jest wyposażona w serwomechanizm potencjometru wartości zadanej, dlatego podczas prowadzenia sterowania komputerowego wartość zadana regulatora rezerwowego stacyjki śledzi wielkość mierzoną.

Sygnały układu stacyjki współpracującego z interfejsu komputera:

#### a/ Sygnały sterujące

Stacyjka sterowana jest w regularnych odstępach czasu /według programu/ w kodzie pozycyjnym lub przyrostowym. Sygnały w kodzie przyrostowym przesyłane są w systemie dwutorowym - tor "zwiększenie" i tor "zmniejszenie" sygnału wyjściowego stacyjki. Pamięć analogowa pozwala na utrzymanie sygnału wyjściowego stacyjki na stałym poziomie pomiędzy poszczególnymi cyklami sterowania komputerowego.

#### b/ Sygnały adresowe

Stacyjka reaguje na sygnały sterujące jeżeli otrzyma dwa sygnały adresowe. Rozróżnia się dwa rodzaje sygnałów adresowych - napięciowe lub zwarciove. Wyboru rodzaju sygnałów adresowych dokonuje się w układzie stacyjki przez przełączenie odpowiednich zwoz.

#### c/ Sygnał sprzężenia zwrotnego

Napięciowy sygnał sprzężenia zwrotnego reprezentujący sygnał wyjściowy stacyjki osiągnany jest w czasie zaadresowania stacyjki. Działanie to jest niezależne od pozycji przełącznika rodzaju pracy.

#### d/ Sygnał odłączenia /awarii/ komputera

Sygnał odłączenia komputera otrzymany z interfejsu powoduje przejście stacyjki na sterowanie lokalne /automatyczne lub ręczne - zależnie od ustawionego połączenia w układzie stacyjki/.

#### e/ Sygnał rodzaju pracy stacyjki

Stan zestyku lub napięcie informuje komputer o ustawionym rodzaju pracy stacyjki. Sygnał napięciowy podawany jest w czasie, gdy stacyjka jest zaadresowana.

### Sygnalizacja pracy stacyjki:

Lewa lampka na stacyjce wskazuje wybrany rodzaj pracy stacyjki. Prawa lampka wskazuje wykluczenie sterowania komputerowego.  
**Dodatkowe wyposażenie:**  
Stacyjka, podobnie jak regulatory ciągle może być wyposażona w rezerwową przystawkę sterowania ręcznego. Układ stacyjki współpracujący z komputerem może być uzupełniony w bramkę okresu komutacji, której zadaniem jest przerzucenie stacyjki na sterowanie lokalne /automatyczne lub ręczne/ jeżeli w nastawionym okresie komutacji stacyjka nie zostanie zaadresowana. Okres komutacji bramki 9 s lub 60 s jest wybierany przez przełączenie zwoz.

### Dane techniczne:

Pozycyjny sygnał sterujący 1...5V, czas trwania 3,5ms

Przyrostowe sygnały sterujące modulowane czasem trwania impulsu /3ms powoduje zmianę 20% sygnału wyjściowego/ 15µs...3ms

amplituda +4...+30V

#### Sygnały adresowe:

napięciowe "0" logiczne -30...+1,5V

"1" logiczna +4...+30V

zwarciowe "0" logiczne otwarcie obwodu

"1" logiczna zwarcie obwodu

#### Czas trwania sygnałów adresowych:

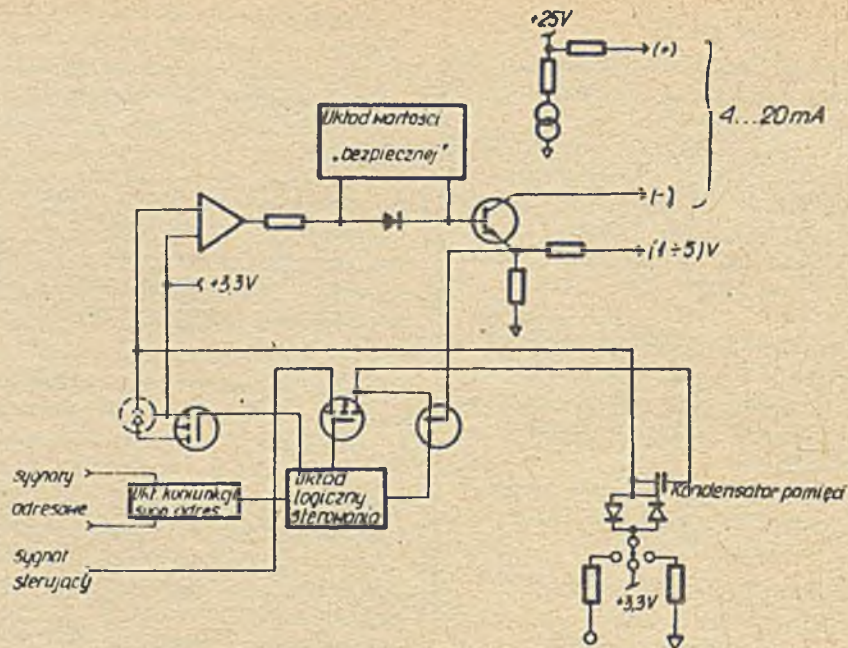
sterowania w kodzie pozycyjnym 3ms

sterowania w kodzie przyrostowym 3,5ms

Sygnał odłączenia komputera zestyk otwarty

przy prowadzeniu sterowania przez komputer zestyk zamknięty

Sygnał sprzężenia zwrotnego 1...5V /lub podwielokrotność/



Rys.3. Uproszczony schemat blokowy stacyjki DDC typ CM

Sygnal rodzaju pracy stacyjki:

przy ustawieniu prze- zestyk zamknięty lub  
łącznika w pozycji "C" lub napięcie +6V

2. Stacyjka DDC typ CMA, model 36736. Stacyjka ta różni się od poprzedniej tylko brakiem serwomechanizmu potencjometru wartości zadanej regulatora. W przypadku awaryjnego odłączenia komputera, stacyjka przechodząc na sterowanie automatyczne prowadzi proces według wartości zadanej, uprzednio nastawionej ręcznie.

3. Stacyjka DDC typ CM, model 36739. Stacyjka ta nie posiada regulatora analogowego, poza tym zachowuje wszystkie inne właściwości poprzednich stacyjek. Jako wyposażenie dodatkowe tej stacyjki może być zastosowany układ tzw. bezpiecznej wartości wyjściowej. W przypadku awaryjnego odłączenia komputera stacyjka przechodzi na sterowanie ręczne lub na wartość bezpieczną nastawioną wcześniej. Uproszczony schemat blokowy stacyjki sterowanej w kodzie pozycyjnym przedstawiono na rys.3.

4. Stacyjka DDC typ CMAT, model 36785. Konstrukcja stacyjki jest analogiczna jak stacyjki model 36735, różnica występuje tylko w budowie układu współpracującego z interfejsem komputera. Należy zauważyć, że stacyjki o numerach 36785, 36786, 36789 przeznaczone są do współpracy z maszyną GE 4020 i nie posiadają układu sygnałów adresowych, ponieważ interfejs maszyn GE nie wymaga tego.

Dane techniczne:

Sygnal sterujący  $\pm 0 \dots 5\text{mA}$ , czas trwania  $2\text{ms} / 5\text{mA} = 10\%$

zmiany sygnału wyjściowego stacyjki/

Sygnal odłączenia komputera:

przy prowadzeniu sterowania

przez komputer

zestyk otwarty

awaria komputera

zestyk zamknięty

Sygnały sprzężenia zwrotnego:

sygnału wyjściowego stacyjki

$32 \dots 160\text{mV}$  lub  $1 \dots 5\text{V}$

wielkości mierzonej

$32 \dots 160\text{mV}$  lub  $1 \dots 5\text{V}$

Sygnal rodzaju pracy stacyjki przy ustawieniu przełącznika

w pozycji "C"

zestyk zamknięty

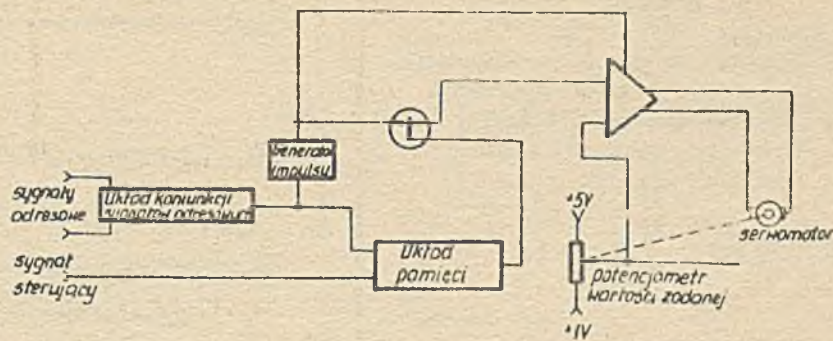
5. Stacyjka DDC typ CMA, model 36786. Stacyjka ta różni się od modelu 36785 tylko brakiem układu serwomechanizmu potencjometru wartości zadanej regulatora, dlatego przy sterowaniu komputerowym wartość zadana nie nadąża za wielkością mierzoną.

6. Stacyjka DDC typ CM, model 36789. Stacyjka ta nie posiada regulatora analogowego, poza tym zachowuje wszystkie inne właściwości stacyjki model 36785.

#### Stacyjki sterowania nadrzędnego

1. Stacyjka sterowania nadrzędnego, model 36717. Stacyjka ta jest uniwersalną stacją przystosowaną do współpracy z szeregiem komputerów. Sterowanie stacyjki prowadzone jest tylko w kodzie pozycyjnym po wybraniu stacyjki sygnałami adresowymi. Sygnal sterujący z komputera zachowywany jest w układzie pamięci stacyjki przez okres 7,5s i jest w tym czasie sygnałem wejściowym serwomechanizmu wartości zadanej regulatora. Dane techniczne stacyjki podobne jak dla stacyjki DDC model 36735 z tą





Rys.4. Schemat blokowy układu sterowania wartością zadaną stacyjki DSC model 36717

różnicą, że sygnał sprzężenia zwrotnego reprezentuje wartość zadaną regulatora. Rys.4 ilustruje działanie układu sterowania wartością zadaną stacyjki.

## 2. Stacyjka sterowania nadrzędnego, model 36787

Jest stacją przystosowaną do współpracy z interfejs komputerem GE 4020. Dane techniczne analogiczne jak dla stacyjki model 36786 przy założeniu, że sygnał sterujący oddziałuje na układ pamięci analogowej, której wyjście jest wartością zadaną regulatora.

### Stacyjki różne

#### Stacyjka regulacji stosunku, model 37660

Stacyjka ta służy do utrzymania stałej relacji między sygnałem wejściowym a wyjściowym, ustawianej ręcznie. Stacyjka realizuje zależność:

$$U = /Y - 1/R + \frac{B}{25} + 1$$

gdzie:

U - sygnał wyjściowy stacyjki /1...5V/

Y - sygnał wejściowy /1...5V/

R - współczynnik stosunku ustawiany pokrętelem na czole stacyjki i wskazywany na przesuwanej taśmie podzielnicy wskaźnika pionowego, ustawiany w skali liniowej 0,3...3 lub pierwiastkowej 0,55...1,73

B - polaryzacja /przesunięcie punktu pracy/ 0...±100%.

Stacyjka prowadzi dwa rodzaje pracy: regulację stosunku lub sterowanie ręczne.

#### Stacyjka regulacji stosunku, model 37661

Stacyjka ta różni się od poprzedniej tym, że stosunek może być nastawiany zdalnie sygnałem 1...5V lub lokalnie /ręcznie/.

#### Stacyjka sterowania ręcznego, model 37671

Stacyjka sterowania ręcznego jest zadajnikiem prądu 4...20mA /napięcia 1...5V/. Syg-

nał wyjściowy jest wskazywany przez wskaźnik pionowy.

#### Stacyjka sterowania ręcznego, model 37672

Stacyjka ta, podobnie jak poprzednia, jest zadajnikiem sygnału prądowego /napięciowego/, przy czym sygnał wyjściowy jest wskazywany przez wskaźnik poziomy, natomiast na mierniku pionowym jest wskazywana wielkość mierzona. Stacyjka może być wyposażona w układ sygnalizacji wielkości mierzonej.

#### Wskaźnik, model 37610

Wskaźnik jest przeznaczony do pomiaru wartości wielkości mierzonej procesu, reprezentowanej przez jeden ze standardowych sygnałów wejściowych systemu EFTRONIK. Miernik przyrządu jest budowy pionowej, długość podziałki - 80 mm, dokładność pomiaru - 1%. Mechanizm pomiarowy wskaźnika o czułości ±100 μA zasilany jest ze wzmacniacza różnicowego. W wyposażenie dodatkowe wskaźnika wchodzi następujące opcje: dwie lampki sygnalizacyjne, układ sygnalizacji wielkości mierzonej jedno lub dwukanałowy.

#### Przyrządy pomocnicze systemu EFTRONIK

W skład systemu EFTRONIK wchodzi grupa przyrządów określanych mianem przyrządów pomocniczych. Sygnałami wejściowymi tych przyrządów mogą być sygnały prądowe 4...20mA lub napięciowe 1...5V. Analogiczne rodzaje i wartości odnoszą się do sygnałów wyjściowych. Zasilane są napięciem stałym 25V.

Przyrządy pomocnicze mają zaunifikowaną konstrukcję mechaniczną umożliwiającą montaż w szafach.

Poniżej przedstawiona zostanie krótka charakterystyka funkcji realizowanych przez poszczególne przyrządy.

1. Blok mnożenia /dzielenia model 38501. Blok ten może pracować z jednym, dwoma lub trzema sygnałami wejściowymi. Przyrząd realizuje podstawową funkcję:

$$D = K \frac{A \cdot B}{C}$$

w której wejścia A i B są zawsze wejściami mnożenia, a wejście C - zawsze dzielenia. Przy czym powyższe symbole oznaczają:

$$A = U_{we1} - 1 \quad /V/$$

$$B = U_{we2} - 1 \quad /V/$$

$$C = U_{we3} - 1 \quad /V/$$

$$D = U_{wy} - 1 \quad /V/$$

gdzie:

$U_{we1} \dots U_{we3}$  - sygnały wejściowe 1...5V,

$U_{wy}$  - sygnał wyjściowy 1...5V.

Współczynnik K zależy od realizowanej funkcji i jego wartość mieści się odpowiednio w zakresach: 0,3...1,5, 0,075...0,38, 1,2...6. W przypadku, gdy na któreś z wejść nie jest podany sygnał należy podłączyć je do wewnętrznego źródła sygnału 5V. Na przykład, jeżeli przyrząd realizuje funkcję:

$$D = KAB$$

wejście C podłączone jest wewnętrzną zworą do źródła 5V i wówczas mamy relację:

$$D = K \frac{A \cdot B}{5 - 1}$$

gdzie:  $K = 0,3 \dots 1,5$ .

Potęgowanie realizuje się podając sygnał wejściowy jednocześnie na wejściu A i B.

Pierwiastkowanie uzyskuje się przez podanie sygnału wyjściowego na wejście C. Jest więc:

$$D = K \frac{A \cdot B}{D}$$

stąd:

$$D = \sqrt{KAB}$$

gdzie  $K = 0,3 \dots 1,5$

Niedokładność bloku mnożenia/dzielenia wynosi 0,5% zakresu.

2. Sumatory, dwuwejściowy model 38502 i czterowejściowy model 38503.

Sumator wytwarza sygnał wyjściowy proporcjonalny do sumy algebraicznej sygnałów wejściowych.

Realizowane funkcje opisują równania:

a/ dodawanie

$$U_{wy} = \frac{KU_{we1} + U_{we2} + \dots + U_{we_n}}{K + /n-1/}$$

b/ odejmowanie

$$U_{wy} = \frac{KU_{we1} \pm U_{we2} \pm \dots \pm U_{we_n} + 6L}{K + /n-1/}$$

gdzie:

$U_{wy}$  - sygnał wyjściowy /1...5V/,

$U_{we1} \dots U_{we4}$  - sygnały wejściowe /1...5V/,

n - ilość sygnałów wejściowych,

L - ilość sygnałów odejmowanych,

K - współczynnik o wartości 0,2...4.

Niedokładność sumowania wynosi 0,25% zakresu dla każdego wejścia.

3. Integratory, pierwiastkujący - model 38504, liniowy-model 38505. Integratory te wytwarzają sygnał impulsowy o częstotliwości proporcjonalnej do sygnału wejściowego /liniowy/ lub do pierwiastka kwadratowego sygnału wejściowego /pierwiastkujący/. Zakres częstotliwości impulsów może być dowolnie wybrany w granicach od 60 do 25000 imp/h dla sygnału wejściowego równego 5V. Integratory te mają regulowaną strefę nieczułości w celu odcięcia bardzo małych sygnałów wejściowych. Niedokładność integratora liniowego wynosi 0,25% zakresu, a integratora pierwiastkującego 0,5% zakresu.

4. Blok pierwiastkowania, model 38506. W bloku pierwiastkowania wartość sygnału wyjściowego związana jest z wartością sygnału wejściowego następującą zależnością:

$$U_{wy} = 2/U_{we} - 1/^{1/2} + 1$$

gdzie:  $U_{wy}$ ,  $U_{we}$  - sygnał wyjściowy, wejściowy /1...5V/.

Niedokładność pierwiastkowania wynosi:

- 0,5% dla sygnału wejściowego o wartości od 15...100%

- 2% dla sygnału wejściowego o wartości od 2...15%

5. Wybierak ekstremum, model 38523. Wybierak ekstremum przenosi na swoje wyjście sygnał ekstremalny /minimalny lub maksymalny/ spośród dwóch sygnałów wejściowych. Kierunek wybierania ekstremum /minimalny lub maksymalny sygnał/ ustalany jest poprzez odpowiednie przełączanie. Niedokładność przeniesienia sygnału wynosi 0,25% zakresu.

6. Ogranicznik sygnału, model 38531. Ogranicznik sygnału jest przeznaczony do ograniczenia zakresu zmian sygnału standardowego do określonego minimum i maksimum. Poziomy ograniczenia są zadawane za pomocą potencjometrów. Niedokładność przenoszenia sygnału wejściowego na wyjście przyrządu w nastawionym obszarze zmian wynosi 0,25% zakresu.

7. Inwerter, model 38532. Między sygnałem wyjściowym a wejściowym inwertera zachodzi następująca zależność:

$$U_{wy} = 6 - U_{we}$$

Niedokładność inwersji sygnału wynosi 0,25% zakresu.

8. Blok opóźnienia, model 38533. Blok opóźnienia odtwarza sygnał wejściowy po upływie określonego czasu. Czas opóźnienia jest regulowany i wynosi od 0 do 500 sekund.

Niedokładność odtwarzania opóźnionego sygnału wynosi 0,5% zakresu.

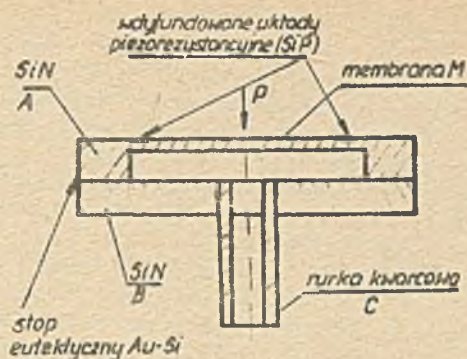
9. Sygnalizatory przekroczenia, jednokanałowy-model 38534, dwukanałowy-model 38535. Sygnalizatory te służą do sygnalizowania przekroczenia nastawionego poziomu przez sygnał wejściowy. Elementami sygnalizacyjnymi są przełączniki, których stan zestyków /zwarte lub rozwarne/ określa relacje między wartością sygnału wejściowego a wartością poziomą lub poziomów sygnalizacji. Niedokładność sygnalizacji wynosi 0,25% zakresu. Niedokładność nastaw poziomu sygnalizacji 5%. Sygnalizator ma strefę histerezy 0,5% lub 5% zależnie od wyrobu.

10. Separator, model 385443. Separator zapewnia oddzielenie galwaniczne obwodów w układzie regulacji. Przyrząd posiada izolację galwaniczną między obwodem wejściowym a wyjściowym oraz zwiera izolowane od innych obwodów źródło napięcia 25V przeznaczone do zasilania przetworników pomiarowych. Elementami separującymi są transformatory. Niedokładność separatora wynosi 0,25% zakresu.

11. Przetwornik potencjometryczny, model 38546. Przetwornik ten służy do przetwarzania stanu nadajnika potencjometrycznego na standardowy sygnał. Przetwornik może współpracować z potencjometrami o rezystancji od 500 do 5000 oma. Niedokładność przetwornika wynosi 0,25% zakresu.

#### Przetworniki ciśnienia systemu EFTRONIK

Przetworniki systemu EFTRONIK tworzy typoszereg przemysłowych przetworników ciśnienia, nazywany "klasą 41", w którym elementem przetwarzającym jest zintegrowany półprzewodnikowy czujnik nowej generacji. Przetworniki klasy 41 przystosowane są do pomiaru ciśnienia, różnicy ciśnień, ciśnienia absolutnego, podciśnienia oraz poziomu. Dzięki zastosowaniu membran separujących są możliwe pomiary na mediach chemicznie aktywnych. Przetworniki te wykonywane są w układzie 2-przewodowym ze standardowym sygnałem wyjściowym 4...20mA. Wszelkie kalibracje i zmia-



Rys.5. Konstrukcja membranowego przetwornika z krzemu

ny zakresów zrealizowane są wyłącznie w części elektronicznej. Dostępne są również wykonania iskrobezpieczne.

Budowa zintegrowanego czujnika krzemowego przedstawiona jest na rys.5. Czujnik składa się z płytki krzemu A, w której wykonana jest metodą ultradźwiękowego drążenia płaska membrana pomiarowa M. Grubość membrany zależy od zakresu pomiarowego ciśnienia i waha się od kilkudziesięciu mikronów do pojedynczych milimetrów. W zewnętrznej stronie membrany wdyfundowane są 4 komplety tensorezystorów połączonych w układzie mostka. Płytkę B połączona jest z płytką A za pomocą stopu eutektycznego złoto-krzem. W płytkę B wtopiona jest rurka C z kwarcu. Czujnik ten może mierzyć ciśnienie, różnicę ciśnień występujących po obu stronach membrany, ciśnienia absolutne /przy połączeniu z komorą próżniową/ oraz podciśnienie.

Pod wpływem przyłożonego ciśnienia powstają w membranie prostopadłe do siebie, naprężenia rozciągające i naprężenia ściskające, przy czym maksymalne wartości naprężeń rozciągających powstają na brzegach membrany oraz w jej środku. Dlatego ze względów technologicznych uwarunkowanych skończonymi wymiarami tensorezystorów są one wdyfundowane blisko krawędzi mocowania membrany. W tych czujnikach ciśnienia każdy z czterech wdyfundowanych mostków składa się z sześciu elementów. Dwa z nich pod wpływem ciśnienia zwiększają rezystancję o około 5%, kolejne dwa zmniejszają wartość rezystancji, natomiast pozostałe dwa ułożone są w takim kierunku, że wpływ naprężeń rozciągających i ściskających kompensuje się i zmieniają swoje rezystancje jedynie pod wpływem temperatury.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że aby zapewnić dokładność całych przetworników na poziomie 0,1% staje się konieczne, by stabil-

#### Skrócone dane techniczne:

Błąd podstawowy	0,4%
Temperatura pracy	0...50°C /opcje -20...60°C/
Napięcie zasilania	23...31V /opcje 220V, 50Hz/
Masa	ok. 1,6 kg

#### Bariery ochronne

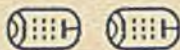
W elektronicznym systemie automatyki EF-TRONIK jako środki ochrony przeciwybuchowej, realizujące obwody iskrobezpieczne, stosuje się bariery ochronne typu R871 i R872. Bariery te uzyskały atest KDB-cecha iskrobezpieczeństwa Ex-IJ-IIC.

Bariera ochronna typu R871 stanowi element pośredniczący między przyrządami części centralnej systemu, a dwuprzewodowym iskrobezpiecznym przetwornikiem pomiarowym, pracu-

jącym w strefie zagrożenia wybuchem. Bariera ta przenosi odpowiednie napięcie zasilające do przetwornika pomiarowego i przetwarza sygnał pomiarowy 4...20mA prądu stałego z tego przetwornika na standardowy sygnał napięciowy 1...5V. Przykładowo bariera R871 może współpracować z przetwornikami klasy 41 oraz przetwornikami typu APR-313 i typu APU-313. Natomiast bariera ochronna typ R872 stanowi element pośredniczący między przyrządami części centralnej systemu a iskrobezpiecznym przetwornikiem wykonawczym. Bariera ta przenosi sygnał 4...20mA, pochodzący od przyrządów części centralnej systemu do przetwornika wykonawczego.

Bariera ta może współpracować z przetwornikami:

- elektro-pneumatyczny przetwornik typ EPP-5
- elektro-pneumatyczny ustawnik pozycyjny typ EPUP-5.



MIKROPROCESOROWY SYSTEM WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA

