

Tadeusz Gałązka

Zakład Układów
Automatycznej Regulacji PIAP

Andrzej Szawłowski

Zakład Automatyki
Pneumatycznej PIAP

Uniwersalny system pneumatycznych elementów automatyki przemysłowej*)

Elementy pneumatyczne znajdują coraz szersze zastosowanie w automatyzacji procesów przemysłowych i sterowaniu urządzeniami energetycznymi. Automatyzacja coraz to nowych i bardziej złożonych procesów technologicznych oraz wysokie wymagania stawiane jakości regulacji stwarzają konieczność stosowania członów opartych zarówno na technice analogowej, jak i cyfrowej oraz członów realizujących złożone funkcje logiczne. Powszeczniedotychczas stosowane systemy automatyki pneumatycznej /Siemens, Honeywell, AUS, PAP-Falenica i inne/ składające się z członów stanowiących integralne konstrukcje i spełniających określone zadania, jak np. regulatory P, PI, PID, regulatory stosunku, urządzenia liczące i inne, nie są w stanie sprostać tym wymaganiom.

Systemem spełniającym te wymagania jest Uniwersalny System Elementów Przemysłowej Automatyki Pneumatycznej wzorowany na radzieckim systemie УСЗППА.

System ten obejmuje elementy spełniające proste operacje, wzmacniacze operacyjne, elementy typu R i C, elementy przekaźnikowe. Wszystkie te elementy posiadają prostą budowę i małe wymiary. Montażu elementów w podstawowe człony układów regulacji automatycznej dokonuje się na specjalnych płytach, wewnątrz których znajdują się kanały dla połączenia elementów zgodnie z potrzebami. Każdy element posiada końcówki do połączenia z płytą.

Zastosowanie systemu modułowego umożliwi realizację dowolnych układów sterowania o działaniu ciągłym lub impulsowym.

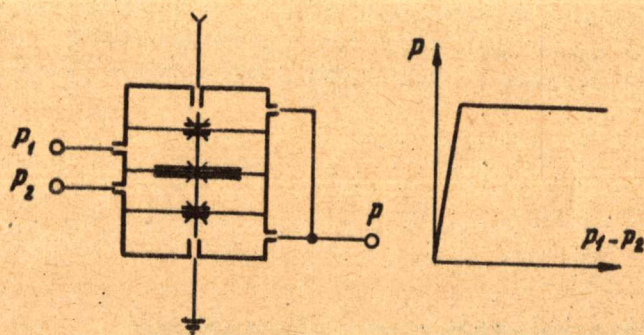
Podstawowymi elementami o działaniu ciągłym są:

1. wzmacniacze operacyjne,
2. elementy typu R i C,
3. wtórniki.

Budowane są dwa rodzaje wzmacniaczy operacyjnych:

- a. wzmacniacz operacyjny o dużym współczynniku wzmocnienia $/k = 200/$
- b. wzmacniacz o współczynniku wzmocnienia równym jedności.

*) Wygłoszono na I Krajowej Konferencji Automatyki Morskiej



Rys. 1

Schematy konstrukcyjne oraz charakterystyki obu wzmacniaczy podano na rys. 1 i 2. Wzmacniacze te realizują operacje:

$$p = k/p_1 - p_2/$$

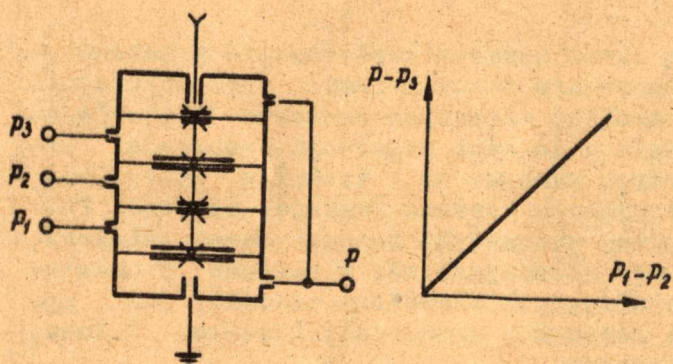
$$p = p_1 - p_2 + p_3$$

gdzie:

p - sygnał wyjściowy

$p_1, 2, 3$ - sygnały wejściowe

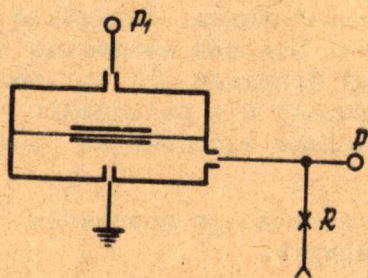
k - współczynnik wzmocnienia.



Rys. 2

Zespół elementów typu R i C obejmuje dwa rodzaje oporów: nastawianego i nienastawianego oraz pojemności pneumatycznej przedstawiającej zamknięty zbiornik "pojemność", do którego doprowadza się powietrze.

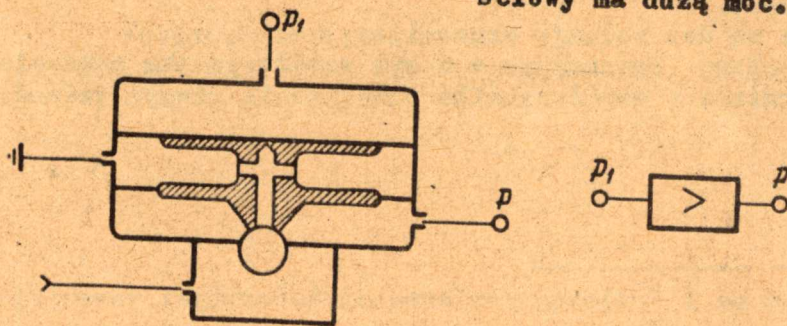
W zakresie ciśnień stosowanych w układach pneumatycznych opory są nieliniowe. Mamy również dwa rodzaje wtórników.



Rys. 3

Pierwszy z nich /rys. 3./ odznacza się dużą dokładnością /rzędu 0,25%/. Ponieważ w jego schemacie wykorzystana jest kaskada pneumatyczna, sygnał wyjściowy posiada małą moc i element ten może pracować tylko przy bardzo małym obciążeniu.

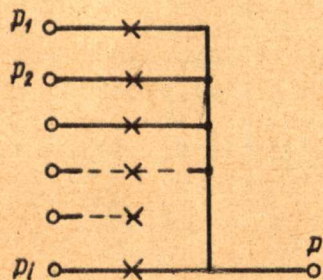
Drugi z wtórników jest wzmacniaczem mocy /rys. 4./, który wykonuje operację powtórzenia z małą dokładnością /±2%/, ale jego sygnał wyjściowy ma dużą moc. Zestaw



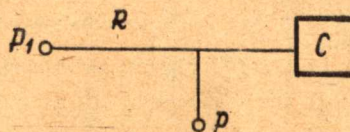
Rys. 4

tych elementów podstawowych umożliwia budowę analogowych bloków regulacyjnych.

Przy syntezie tych bloków można wykorzystać te same metody co i dla odpowiadających im układów elektrycznych. Na przykład łącząc opory wg schematu podanego na rys. 5 otrzymamy prosty sumator. Połączenie oporu z pojemnością wg schematu podanego na rys. 6 daje człon inercyjny.

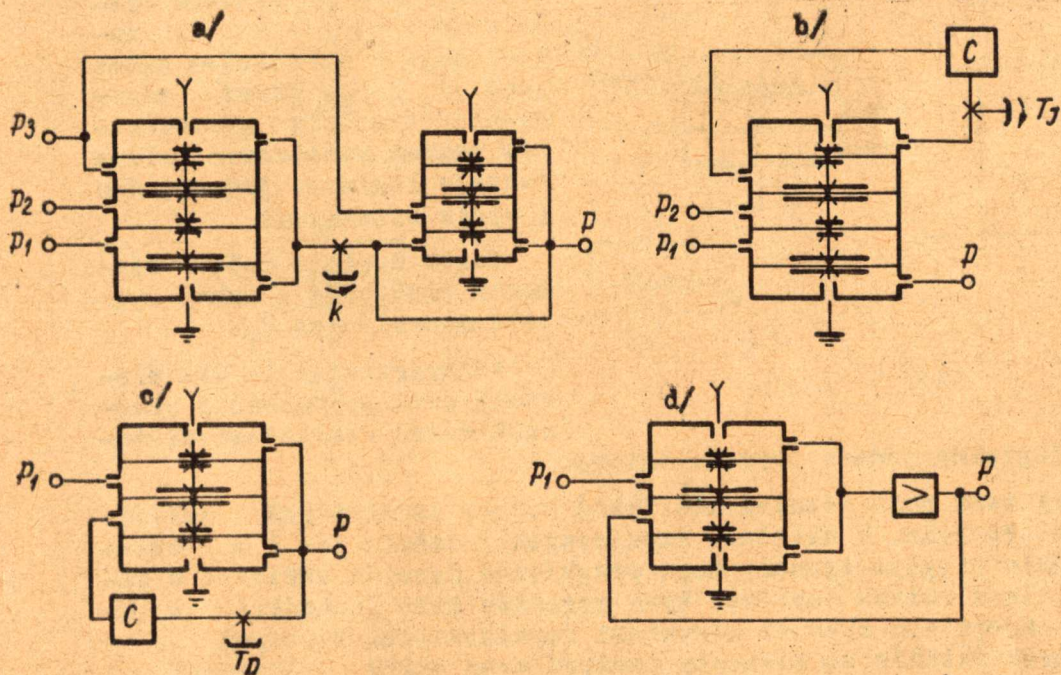


Rys. 5



Rys. 6

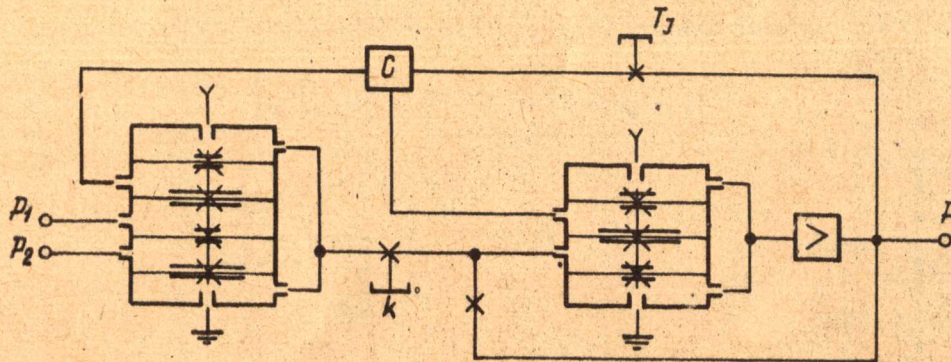
Na rys. 7 przedstawiono schematy członów P, I, D oraz dokładnego wzmacniacza mocy.



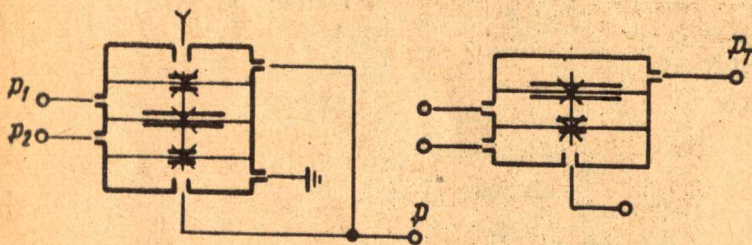
Rys. 7. a - Schemat konstrukcyjny członu typu P, b - schemat konstrukcyjny członu typu I, c - schemat konstrukcyjny członu typu D, d - dokładny wzmacniacz mocy

Na rys. 8 podano schemat regulatora PI zbudowanego z omawianych członów i elementów. Dla umożliwienia realizacji funkcji logicznych zes-

taw elementów systemu zawiera ponadto przekaźnik i zawór, których schematy podano na rys. 9



Rys. 8



Rys. 9

Sygnal wyjściowy z przekaźnika może przyjmować tylko dwie wartości 0 i P, odpowiadające wartościom zmiennych P_1 i P_2 . Przez odpowiednie łączenie przekaźników możemy realizować różną funkcje logiczne jednej, dwu i wielu zmiennych.

Zawór spełnia rolę elementu łączącego w takt sygnału sterującego P_T .

Wykorzystując te dwa elementy oraz pojemność i oporność można realizować złożone

operacje logiczne jedno- i wielotaktowe.

Elementy systemu dają również możliwość budowy impulsowych układów regulacji i sterowania. W układach impulsowych podobnie jak i w układach o działaniu ciągłym sygnały mogą przybierać dowolne wartości w zakresie pracy, lecz zmiana wartości tych sygnałów może zachodzić tylko w określonych momentach zwanych momentami impulsowania. Typowymi elementami dla tych układów są elementy pamięci oraz człon wstrzymania o takt.

Element pamięci /rys. 10/ składa się z wtórnika oraz zaworu. W momencie podania sygnału sterującego P_T na wyjściu elementu P zapamiętywana jest wartość sygnału wejściowego P_1 . Wartość ta jest pamiętana do momentu pojawienia się następnego sygnału P_T . W zależności od tego, do której komory podany jest sygnał P_T , element może pamiętać wartości sygnału wejściowego odpowiadające $P_T = 0$ lub $P_T = 1$.

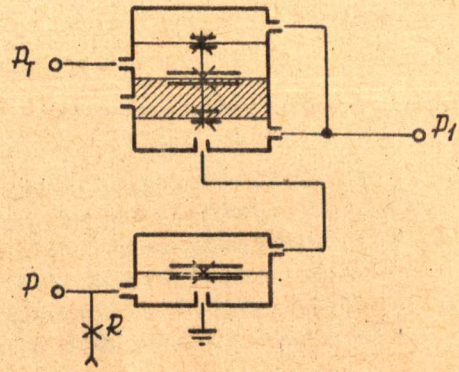
Uwaga! Komory zakreśkowane - komory z /stałym/ ciśnieniem podporowym.

Dwa elementy pamięci połączone wg schematu podanego na rys. 11 tworzą człon wstrzymania o takt. Człon ten aproksymuje funkcję ciągłą podawaną na jego wejściu funkcją schodkową na wyjściu. Na rys. 12 podano schematy układów spełniających funkcje impulsowych członów P, I, D. Członny te umożliwiają realizację zależności:

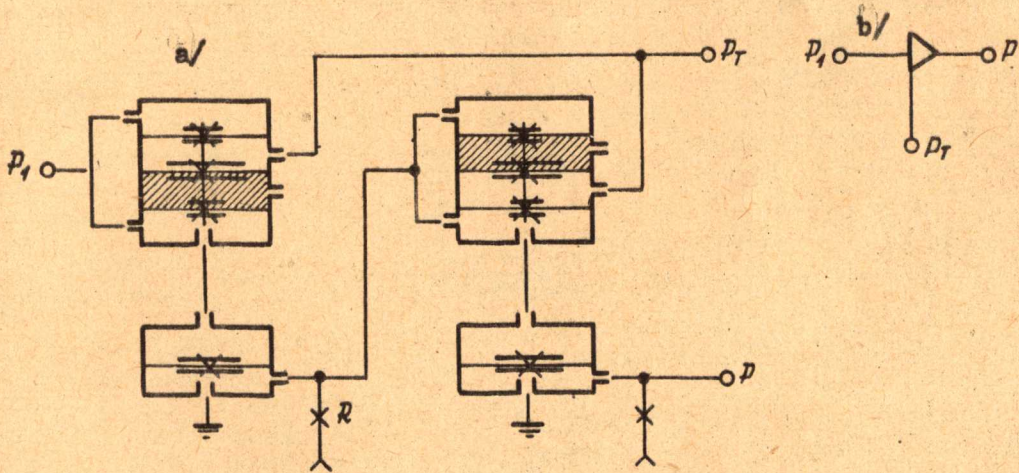
$$P(n+1) = k [P_1(n) - P_2(n)] + P_3(n)$$

$$\Delta P(n) = k [P_1(n) - P_2(n)]$$

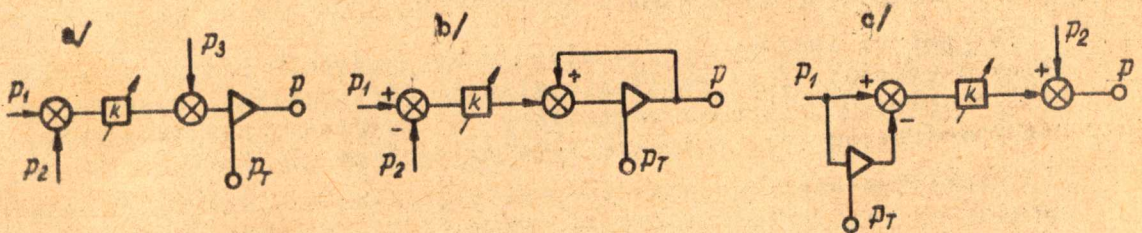
$$P(n+1) = k \Delta P_1(n) + P_2(n+1)$$



Rys. 10



Rys. 11



Rys. 12

Przełącznikowe czujniki poziomu /4/ i /5/ podają dyskretne sygnały P_1 i P_2 równe 1, jeżeli poziom w zbiorniku jest wyższy od ustalonych wartości poziomu górnego i dolnego. Przy pojawieniu się sygnału $P_1 = 1$ blok sterowania /7/ przełącza zawór k_5 zawór /6/ zostaje zamknięty i zbiornik zaczyna się opróżniać. Po zdjęciu sygnału P_2 zawór /6/ otwiera się i zbiornik napełnia się ponownie.

Czas opróżniania zbiornika przeliczany jest przy pomocy elementów pamięci: dwóch pojemności /8/ i /9/, z których w czasie opróżniania zbiornika powietrze uchodzi do atmosfery przez kalibrowane opory. Dzięki temu ciśnienie w pojemności po skończonym cyklu pomiarowym jest proporcjonalne do średniego wydatku paliwa. Okresowe napełnianie zbiornika wykorzystywane jest do formowania cyklu szukania optymalnych warunków odpada więc konieczność stosowania specjalnego urządzenia.

Na początku każdego cyklu pomiarowego elementy /8/ i /9/ są łączone zaworem k_3 z linią zasilania, po czym następuje opróżnianie zbiornika i rozładowywanie pojemności /8/. Kiedy poziom zbiorników przekracza dolną wartość zawór k_1 zostaje otwarty i w pojemności /8/ zapamiętane jest ciśnienie P_3 odpowiadające wydatkowi w danych warunkach. Następnie na sumator /10/ podawany jest próbny impuls P_5 , sygnał wyjściowy z regulatora P zostaje zmieniony w wielkość P_4 , w pojemności /9/ zostaje zapamiętana wartość ciśnienia odpowiadająca nowemu wydatkowi.




Po przejściu poziomu paliwa w zbiorniku pomiarowym odpowiadającego dolnej granicy próbne wymuszenie zostaje zdjęte / $P_5 = 0$ /, zawór k_4 zamyka się. Ciśnienie wyjściowe z regulatora P zmienia się o wartość proporcjonalną do różnicy ciśnień w elementach pamięci /8/ i /9/ /wydatków/ przy pierwszym i drugim pomiarze.

Po przełączeniu zaworów k_6 i k_7 na wyjściu sumatora zapamiętywana jest nowa wartość P_{wyj} po czym cykl szukania powtarza się.

Zasada budowy urządzeń części centralnej automatyki pneumatycznej typu siłowego w oparciu o elementy podstawowe została przyjęta przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów /PIAP/ w Warszawie. Zakład Automatyki Pneumatycznej PIAP dysponuje obecnie zestawem wykonanych i zbadanych elementów podstawowych. Porównanie wyników badań podstawowych elementów PIAP z elementami radzieckimi /z 1966 r./ pozwoliło stwierdzić, że opracowane i wykonane przez Instytut elementy nie ustępują klasą dokładności elementom opracowanym w Akademii Nauk ZSRR. Należy przy tym podkreślić, że uwzględnione zostały wszystkie warunki przewidziane przez URS dla automatyki pneumatycznej. Pierwszą próbą wykorzystania elementów podstawowych do budowy urządzeń była realizacja za ich pomocą konwencjonalnych regulatorów P, PI, i PID.

Prowadzone obecnie prace nad systemem USEPAP rozwijają się w następujących kierunkach:

- Unowocześnienie rozwiązań i wykonania podstawowych elementów /dopracowanie technologii wytwarzania, dobór materiałów dla różnych warunków pracy /membrany, korpusy, dysze itp./ dobór odpowiednich pokryć ochronnych i wytwarzanie obwodów "drukowanych"
- Budowa urządzeń regulacyjnych /regulatorów o zmiennej strukturze, regulatorów wielokanałowych, regulatorów ekstremalnych itp./. Nie przewiduje się budowy regulatorów konwencjonalnych w oparciu o podstawowe elementy. Jedynie w przypadku wymagań specjalnych dla tych regulatorów, jak np. bardzo dużych czasów zdwojenia, szerokiego zakresu zmian współczynników wzmocnienia itp. prze-

R	-	opór stały
R_z	-	opór zmienny
t	-	czas
Q_v	-	wydatek objętościowy
Q_G	-	wydatek ciężarowy
T_I	-	czas zdwojenia
T_D	-	czas wyprzedzenia
	-	oznaczenie wejść i wyjść sygnału
	-	oznaczenie zasilania
	-	oznaczenie połączenia z atmosferą
Σ	-	sumator