

ADAM BUKOWY

Katedra Teorii Regulacji

OPTIMALIZACJA STRATEGII MASZYN CYFROWYCH  
DLA PROCESÓW AWARYJNYCH<sup>x)</sup>

Streszczenie. Przy powstaniu stanu awaryjnego w procesie technologicznym, zapobieganie rozszerzeniu się skutków awarii jest tym lepsze im szybciej źródło awarii zostaje wykryte. Niniejsza praca stanowi próbę znalezienia takiego sposobu poszukiwania źródła awarii, aby zapobieganie rozszerzeniu się jej skutków było najlepsze. Podana jest koncepcja wykonania zespołu programującego w postaci matrycy diodowej upraszczającej i skracającej znacznie czas poszukiwań. Przykład ilustruje postępowanie przy poszukiwaniu programu optymalnego jak i syntezie matrycy programowej.

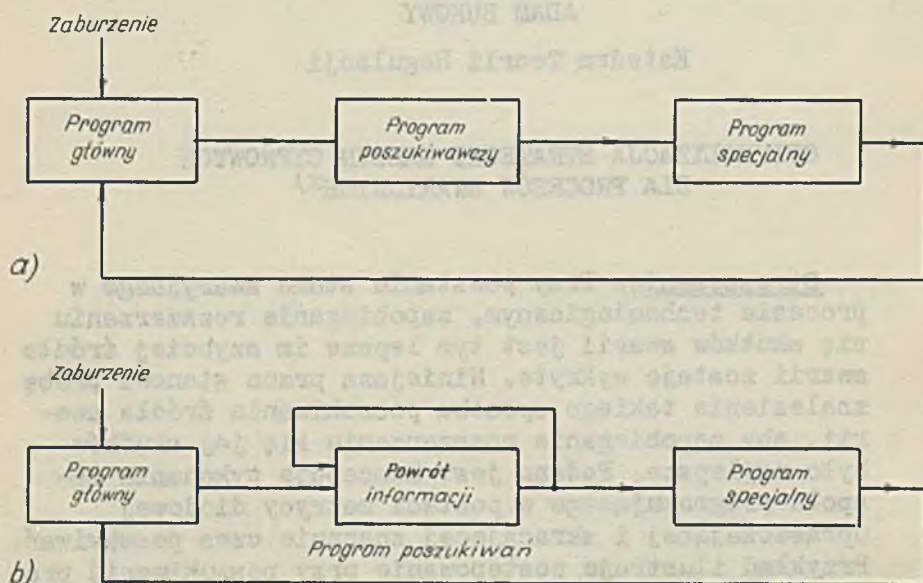
## WSTĘP

W ogólnym przypadku praca maszyny cyfrowej w układzie automatyki opiera się na stałym programie kontroli (głównym) poszczególnych parametrów układu automatyki. Nie jest on modyfikowany przez rezultaty kontroli, gdyż maszyna rozpoczyna obliczenia, a zatem wyciąga konkluzje dopiero po przyjęciu wszystkich danych odnośnie stanu układu, którym steruje. Niezależnie od programu kontroli, trzeba przewidzieć programy specjalne (awaryjne) dla szybkiej likwidacji typowych zaburzeń procesu.

Program taki może być uruchomiony dopiero po zdeterminowaniu źródła zaburzenia - co przeprowadza się drogą porównania istniejących w układzie anomalii ze skutkami typowych zaburzeń. Taki program można nazywać prostym programem poszukiwania. Dla przyspieszenia tego procesu można użyć pro-

x) Praca nagrodzona pierwszą nagrodą na konkursie prac naukowych PTETS w Gliwicach w r. 1962.

gramu ulepszanego wykorzystującego związki funkcjonalne pomiędzy poszczególnymi parametrami układu automatycznej regulacji. Działanie programu prostego i programu ulepszanego ilustruje rysunek 1.



Rys.1. Działanie programu poszukiwania źródła zaburzenia  
a) zwyczajnego, b) ulepszanego

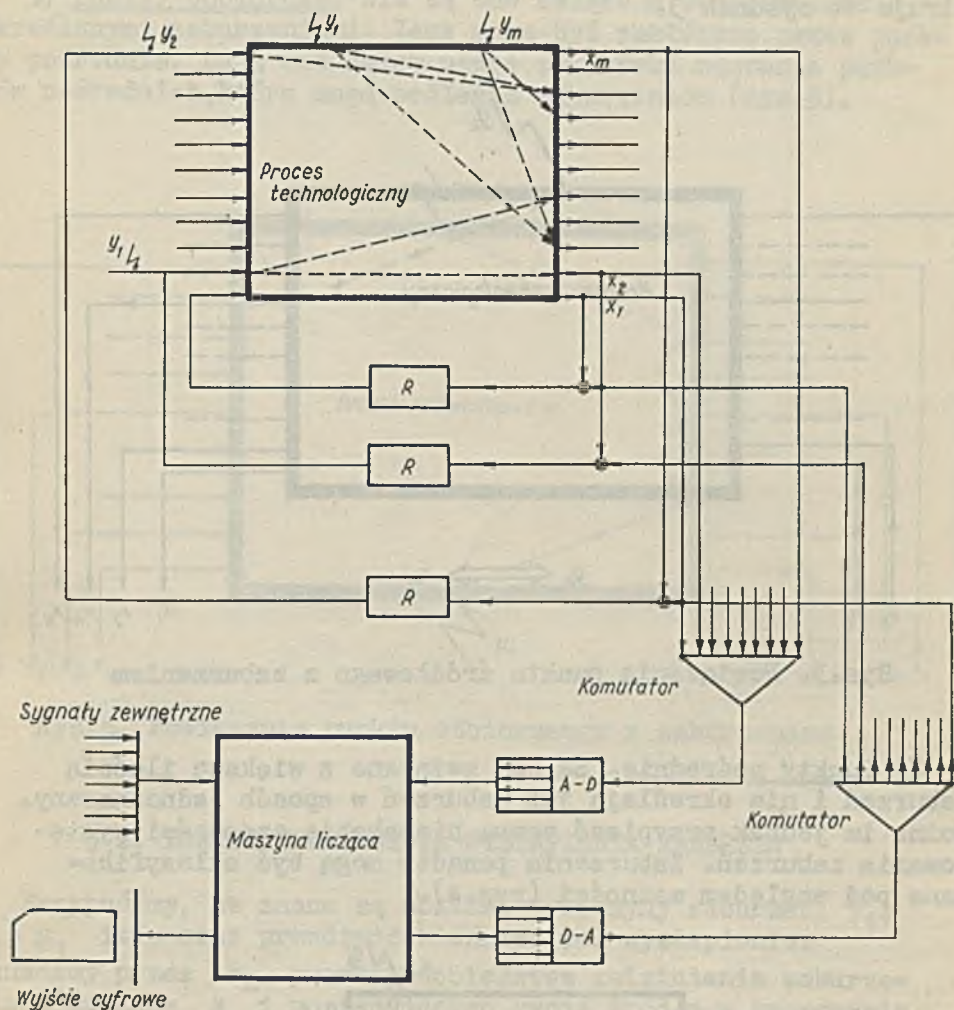
Skonstruowanie takiego programu jest możliwe, gdy znane są połączenia funkcjonalne pomiędzy poszczególnymi parametrami systemu i gdy można określić prawdopodobieństwa przenoszenia się zaburzeń pomiędzy poszczególnymi punktami układu.

## § 1. KLASYFIKACJA POSZCZEGÓLNYCH PUNKTÓW SYSTEMU

Zaburzenie pojawiające się na wejściu układu (rys.2) może poprzez różne powiązania wewnętrzne spowodować zmiany innych wyjść układu. Według powiązań funkcyjnych można pogrupować poszczególne punkty (wyjścia) układu na:

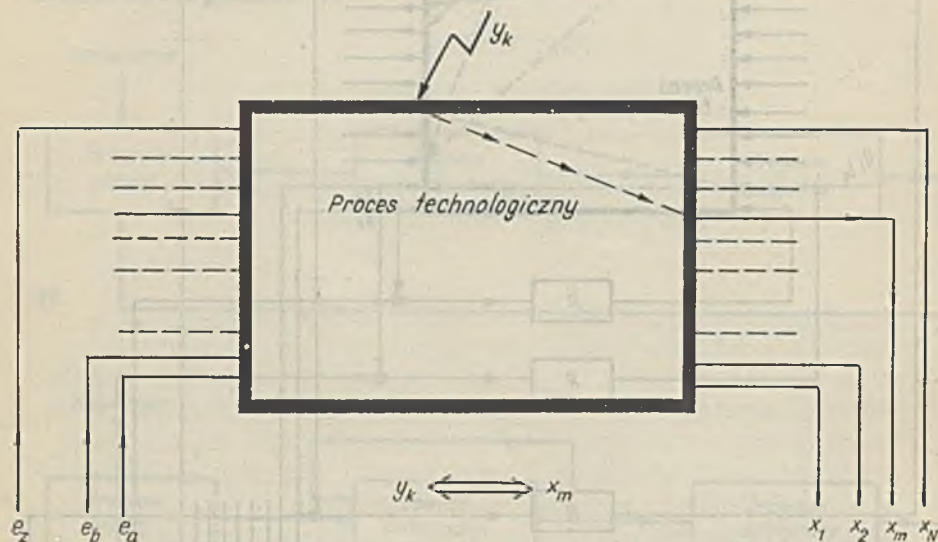
1) Punkty źródłowe. Są one ściśle powiązane z jednym tylko typem zaburzenia. Można dla nich przyjąć następujące twierdzenie: jeśli w punkcie źródłowym pojawi się zaburze-





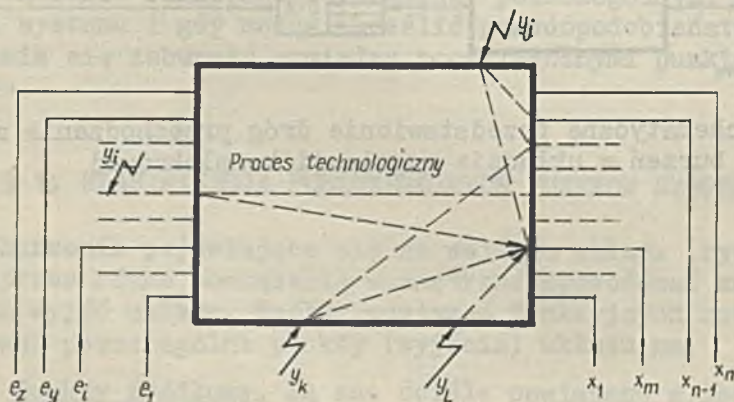
Rys.2. Schematyczne przedstawienie dróg przechodzenia zaburzeń w układzie regulacji kompleksowej

nie, jego źródło jest ściśle (jednoznacznie) określone. Ilustruje to rysunek 3.



Rys.3. Powiązania punktu źródłowego z zaburzeniem

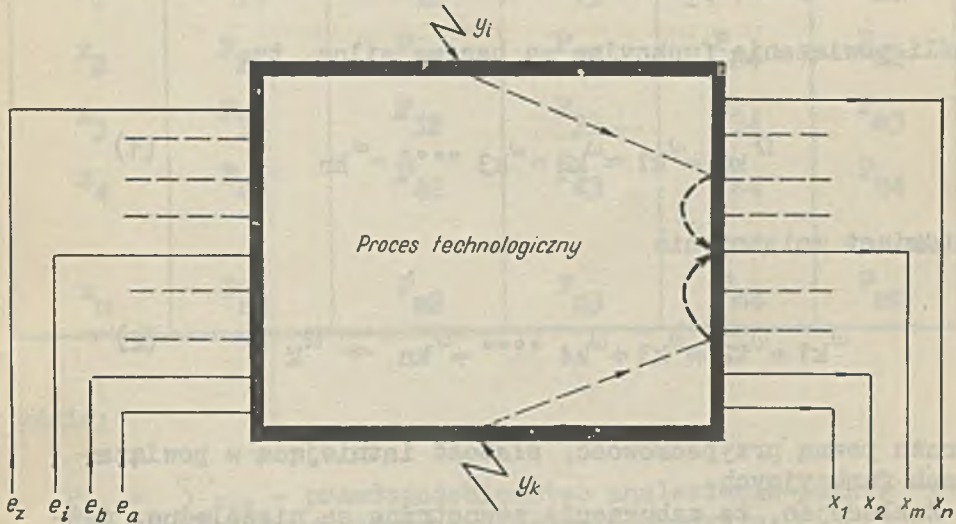
2) Punkty pośrednie. Są one związane z większą ilością zaburzeń i nie określają już zaburzeń w sposób jednoznaczny. Można im jednak przypisać pewną hierarchię częstości występowania zaburzeń. Zaburzenia ponadto mogą być sklasyfikowane pod względem ważności (rys.4).



Rys.4. Powiązanie punktu pośredniego z zaburzeniem



3) Punkty odbiorcze. Nie są one związane bezpośrednio z określonymi zaburzeniami, lecz mogą być zakłócone przez punkty pośrednie. Dają one zatem pewne wskazówki odnośnie punktów pośrednich, które mogą podlegać zaburzeniom (rys.5).



Rys.5. Powiązanie punktu odbiorczego z zaburzeniem

## § 2. PRAWDOPODOBIENSTWA WYSTĄPIENIA ZABURZEŃ

Przypuśćmy, że znane są możliwe przyczyny zaburzeń:  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  itd. oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia: Oznaczmy przez  $x_k$  prawdopodobieństwa zaistnienia zaburzenia w punkcie  $k$  i posiadającego swoje źródło w przyczynie  $y_j$  i zbierzmy je w tabelę:

Tabela 1

Przyczyna	Prawd. jej wystąpienia	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	.....	$x_m$
$y_1$	$\Omega_1$	$\omega_{11}$	$\omega_{12}$	$\omega_{13}$	$\omega_{14}$	.....	$\omega_{1m}$
$y_2$	$\Omega_2$	$\omega_{21}$	$\omega_{22}$	$\omega_{23}$	$\omega_{24}$	.....	$\omega_{2m}$
$y_3$	$\Omega_3$	$\omega_{31}$	$\omega_{32}$	$\omega_{33}$	$\omega_{34}$	.....	$\omega_{3m}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$y_k$	$\Omega_k$	$\omega_{k1}$	$\omega_{k2}$	$\omega_{k3}$	$\omega_{k4}$	.....	$\omega_{km}$

gdzie

$\omega_{ij}$  - prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzenia pochodzącego z przyczyny  $y_i$  w punkcie  $x_j$

$\Omega_i$  - prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzenia o przyczynie  $y_i$ .

Jeśli powiązania funkcyjne są bardzo silne, to:

$$\Omega_k \approx \omega_{k1} \approx \omega_{k2} \approx \omega_{k3} \dots \approx \omega_{kn} \quad (1)$$

Natomiast zaistnienie

$$\omega_{k1} \neq \omega_{k2} \neq \omega_{k3} \neq \omega_{k4} \dots \neq \omega_{kn} \ll \Omega_k \quad (2)$$

wyraża pewną przypadkowość, słabość istniejącą w powiązaniach funkcyjnych.

Zakładając, że zaburzenia zewnętrzne są niezależne, można wyrazić prawdopodobieństwo zupełne zaistnienia zaburzenia w punkcie  $k$  ( $P_{kk}$ ) jako

$$P_{kk} = \omega_{1k} + \omega_{2k} + \dots + \omega_{nk} \quad (3)$$

(Wzór ważny gdy wielkości  $\omega_{ij}$  są małe i gdy iloczyny  $\omega_{ij} \omega_{mj}$  są wobec nich pomijalne).

W oparciu o tablicę 1 można zbudować tablicę 2 zawierającą już tylko elementy związane z punktami  $x_1, x_2$  itd.



Tablica 1

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_m$
$x_1$	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$	$P_{m1}$
$x_2$	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{23}$	$P_{24}$	$P_{m2}$
$x_3$	$P_{31}$	$P_{32}$	$P_{33}$	$P_{34}$	$P_{m3}$
$x_4$	$P_{41}$	$P_{42}$	$P_{43}$	$P_{44}$	$P_{m4}$
$x_m$	$P_{m1}$	$P_{m2}$	$P_{m3}$	$P_{m4}$	$P_{mm}$

gdzie:

$$P_{ii} = \sum_{j=1}^n \omega_{j2} - \text{prawdopodobieństwo znalezienia punktu "x" w którym wystąpiło zaburzenie,}$$

$P_{ik}$  - prawdopodobieństwo, że w punkcie "i" wystąpi zaburzenie, gdy w punkcie "k" wystąpiło zaburzenie.

Opierając się na wzorach dla prawdopodobieństwa złożonego, możemy obliczyć prawdopodobieństwo, że para punktów  $(x_i, x_k)$  będzie równocześnie zaburzona:

$$\theta = P_{ik} P_{i,i} \tag{4}$$

Według (3)

$$\theta = P_{ik} \sum_{j=1}^n \omega_{ji} \tag{5}$$

Wartość  $\theta$  może być również obliczona na podstawie tablicy 1

$$\theta = \sum_{j=1}^n \frac{\omega_{ji} \omega_{jk}}{\Omega_j} \quad (6)$$

więc

$$\sum_{j=1}^n \frac{\omega_{ji} \omega_{jk}}{\Omega_j} = P_{ik} \sum_{j=1}^n \omega_{ji} \quad (7)$$

i ostatecznie

$$P_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{\omega_{ji} \omega_{jk}}{\Omega_j}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ji}} \quad (8)$$

Jest oczywistym, że

- punkty odbiorcze mają wszystkie elementy stojące na przekątnej głównej tabeli 2 równe zeru. Nie ma bowiem zaburzenia, które występowałoby w tym punkcie bezpośrednio.
- punkty pośrednie, mają elementy niezerowe tak na przekątnej jak i poza nią. Prawdopodobieństwo pochodzenia zaburzenia z innych punktów jest niepomijalne.
- punkty źródłowe mają elementy niezerowe na przekątnej tabeli 2 odpowiadające prawdopodobieństwu występowania zaburzeń danego typu.

Obecność elementów niezerowych poza przekątną odpowiada bowiem powiązaniu danego typu zaburzenia również z innymi punktami układu.

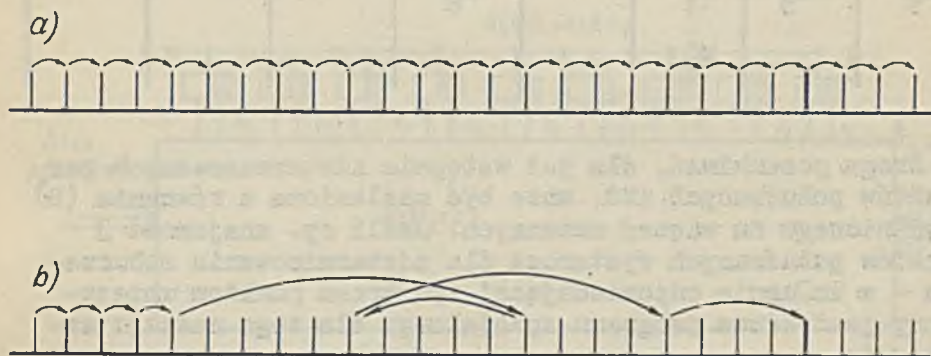
### § 3. PROGRAM PRZYSPIESZONEGO POSZUKIWANIA

Program główny realizowany jest aż do momentu natrafienia na punkt pobudzony. Program poszukiwania zwyczajnego polega na kolejnym przejściu pozostałych punktów układu z odnotowywaniem w pamięci adresów wszystkich punktów wykazujących



anomalie. Na podstawie porównania tych adresów z typowym rozkładem zaburzeń dla różnych przyczyn ustala się źródło zaburzenia. Program przyspieszony polega na wykorzystaniu znanych zależności funkcyjnych pomiędzy punktami dla poszukiwań prowadzonych już teraz według największego prawdopodobieństwa - aż do zdeterminowania źródła zaburzenia.

Porównanie działania programu poszukiwania zwyczajnego i przyspieszonego przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Kolejność poszukiwania źródła zaburzenia

a) przy normalnym programie poszukiwań, b) przy przyspieszonym poszukiwaniu

Jeśli pierwszy punkt pobudzony, na który natrafia maszyna przy realizacji programu głównego jest punktem źródłowym - następuje natychmiastowe zastosowanie odpowiedniego programu specjalnego. Jeśli pierwszym punktem pobudzonym był punkt pośredni - szuka się drugiego lub i trzeciego punktu pośredniego (lub też punktu źródłowego), który w sumie pozwoliłby na zdeterminowanie rodzaju zaburzenia.

W końcu - jeśli natknięto się najpierw na punkt odbiorczy w stanie pobudzonym - poszukiwania dalsze odbywać się będą wśród punktów pośrednich lub źródłowych z nim związanych.

#### § 4. DROGA POSZUKIWAŃ

Biorąc pod uwagę wszystkie możliwe przypadki zaburzeń i układając je w kolejności zmniejszającego się prawdopodobieństwa występowania par punktów pobudzonych (z tabeli 2) znajdziemy drogę poszukiwań w formie poniższej przykładowej tabeli.

Tablica 3

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_1x_2$	$x_1x_4$	$x_2x_5$
$x_1$	$x_1$	$x_4$	$x_5$	$x_2$	$x_4$	$x_3$	$x_6$
$x_2$	$x_7$	$x_6$		$x_7$	$x_7$		$x_3$
$x_5$	$x_5$	$x_1$		$x_6$			
		$x_7$					

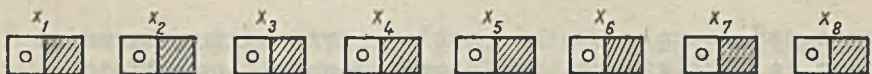
Droga poszukiwań, dla już wstępnie zdeterminowanych par punktów pobudzonych itd. może być znaleziona z równania (8) uogólnionego na więcej zmiennych. Jeśli np. znajomość 3 punktów pobudzonych wystarcza dla zdeterminowania zaburzenia - w kolumnie odpowiadającej tym trzem punktom umieszczony jest adres programu specjalnego dla tego rodzaju zaburzenia.

Układ logiczny, który byłby w stanie zapewnić żadaną kolejność poszukiwań, różną w przypadku różnych pobudzeń - odpowiada pojęciu "maszyny z wejściem". Jeśli tylko tabela działania została ustalona, odpowiadająca jej maszyna jest jednocześnie określona. Jeśli zaś miałyby to być maszyną liczącą wzbogaconą o część zapewniającą jej szybkie działanie według podanej tabeli - to częścią tą może być specjalnie skonstruowana matryca diodowa. Przykład syntezy takiej matrycy oraz pewne reguły przydatne jej przy konstrukcji zostaną podane poniżej.

## § 5. SYNTEZA MATRYCY

A. Reprezentacja stanu układu. Każdy punkt układu może być reprezentowany przez przerzutnik, którego stan ustalać będziemy zgodnie ze stanem danego punktu;

Przerzutnik w pozycji 0 gdy stan danego punktu jest normalny.

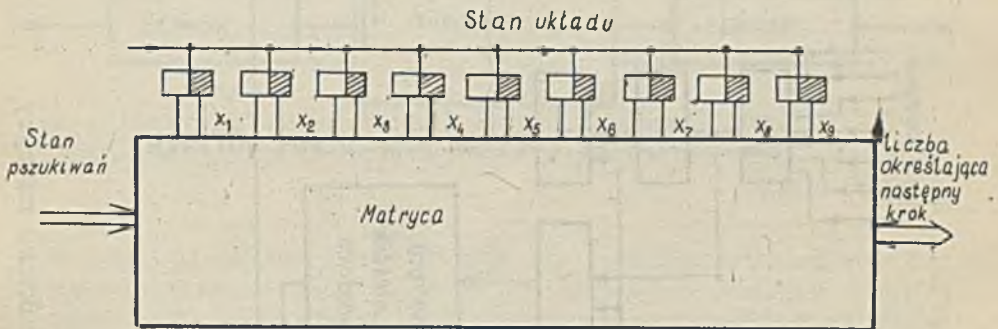


Rys.7. Reprezentacja stanu układu przy pomocy przerzutników



Przerzutnik w pozycji 1 gdy przy poszukiwaniach stwierdzono pobudzenie odpowiadającego mu punktu układu.

Normalny stan układu odpowiada więc stanowi zerowemu wszystkich przerzutników.



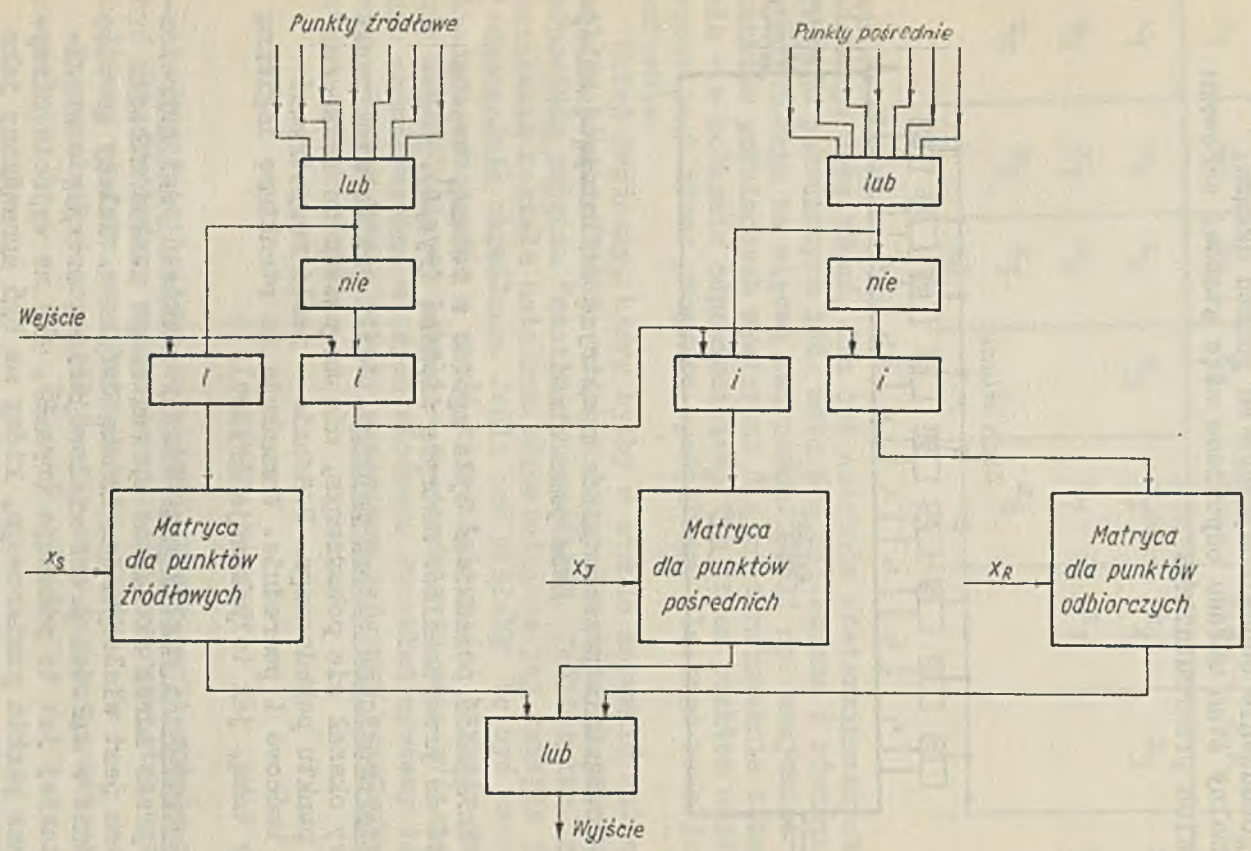
Rys.8. Powiązanie przerzutników z matrycą definiującą kolejność poszukiwań

Aby kolejność poszukiwań była zgodna z żadaną, trzeba dołączyć do przerzutników matrycę diodową (rys.8).

B. Hierarchiczna budowa matrycy. Jeśli jakikolwiek punkt źródłowy okazał się pobudzonym, nie ma powodu do szukania innego punktu pobudzonego. Podobnie - jeśli rozpatrywać punkty końcowe i pośrednie. Warunkuje to strukturę logiczną matrycy taką, jak to pokazuje (rys.9).

C. Konstrukcja praktyczna. Stan poszukiwań jest reprezentowany przez adres aktualnie sprawdzanego punktu układu. Adres ten jest wielocyfrową liczbą dwójkową. Należy go więc przepuścić w całości przez wielowjęściową matrycę o strukturze takiej jak to pokazuje (rys.8), aby na wyjściu otrzymać adres punktu pomiarowego, który ma być sprawdzony jako następny.

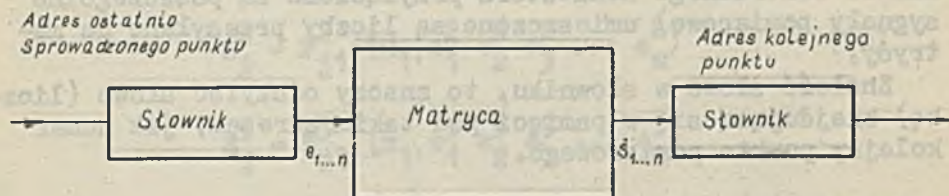
Aby matryca wykonywała jak najmniej operacji (co jest równoznaczne z jej uproszczeniem) można adresy rzeczywiste zastąpić fikcyjnymi liczbami, na których dokonuje się ope-



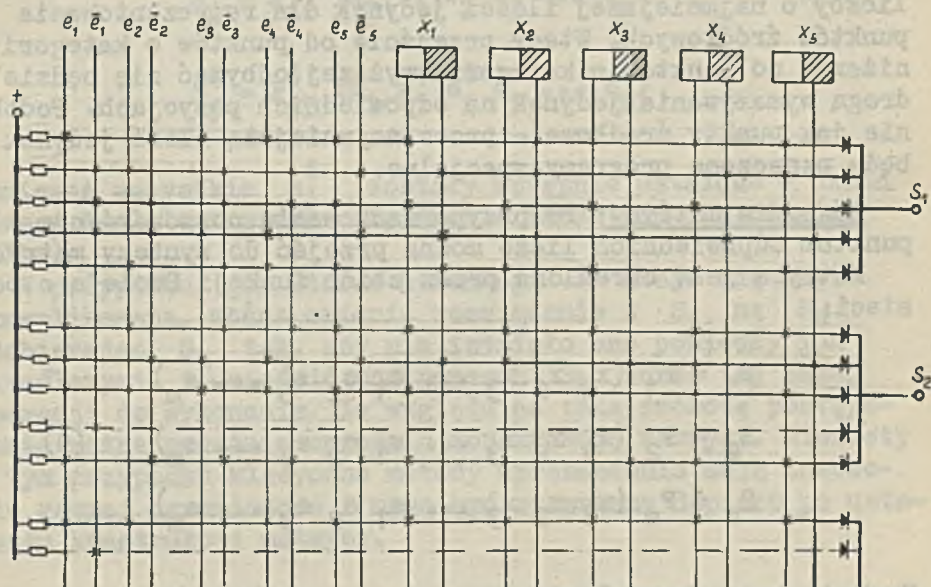
Rys.9. Hierarchiczna struktura macierzy



racji logicznych w matrycy. Struktura działania takiego układu przedstawiona jest na rysunku 10. Słownik "prosty" i "odwrotny" znajdują się w pamięci maszyny. Techniczną realizację matrycy diodowej przedstawia rysunek 11.



Rys.10. Powiązanie matrycy ze słownikami



Rys.11. Przykładowa konstrukcja matrycy

## § 6. UWAGI ODNOSNIE REALIZACJI PRAKTYCZNEJ

A. Słownik prosty. Słownik prosty - to jedna lub dwie ścieżki w pamięci maszyny (jeśli jest ona wykonana na bębnie), w której w porządku zgodnym z ułożeniem punktów reprezentujących stan układu (a więc zgodnie z porządkiem w jakim do centralnego komitatora przyłączone są poszczególne sygnały pomiarowe) umieszczone są liczby przesyłane do matrycy.

Znaleźć słowo w słowniku, to znaczy odczytać słowo (liczbę) znajdującą się w pamięci pod takim adresem, jak numer kolejny punktu pomiarowego.

B. Słownik odwrotny. Liczba opuszczająca matrycę jest adresem, pod którym należy szukać numeru kolejnego punktu pomiarowego.

C. Synteza matrycy. Dla uproszczenia budowy matrycy będziemy przyjmować liczby dwójkowe o możliwie największej ilości jedynek, jako reprezentujące punkty odbiorcze oraz liczby o najmniejszej ilości jedynek dla reprezentowania punktów źródłowych. Wtedy przejście od punktów o kategorii niższej do punktów o kategorii wyższej odbywać się będzie drogą wymazywania jedynek na odpowiednich pozycjach. Podobnie jak punkty źródłowe - przez najmniejszą ilość jedynek będą oznaczone programy specjalne.

Równania matrycy: Po przyporządkowaniu poszczególnym punktom odpowiednich liczb można przejść do syntezy matrycy.

Matryca jest określona przez zbiór funkcji Boole'a o postaci:

$$\begin{aligned} S_1 &= F_1(x_1, x_2, x_3, \dots, e_1, e_2, e_3, \dots, e_m) \\ S_2 &= F_2(x_1, x_2, x_3, \dots, e_1, e_2, e_3, \dots, e_m) \\ S_m &= F_m(x_1, x_2, x_3, \dots, e_1, e_2, e_3, \dots, e_m) \end{aligned} \quad (9)$$

Funkcje te są bezpośrednio związane z tablicą 3.

Oznaczmy przez

$e_j^i$  - sygnał dwójkowy, odpowiadający tej pozycji, adresu "i" wysyłanej do matrycy,

$S_j^i$  - odpowiednie wyjście z matrycy.



Trzeba aby wszystkie przekształcenia zaznaczone w tablicy działania zostały wykonane tzn. dla tablicy (3).

$$\begin{aligned}
 S_j^1 &= F_{j1}^1 (x_1, e_1^1 e_2^1 e_3^1 \dots e_m^1) \\
 S_j^2 &= F_{j1}^2 (x_1, e_1^2 e_2^2 e_3^2 \dots e_m^2) \\
 S_j^5 &= F_{j1}^5 (x_1, e_1^5 e_2^5 e_3^5 \dots e_m^5)
 \end{aligned} \tag{10}$$

Odpowiednio dla drugiej kolumny

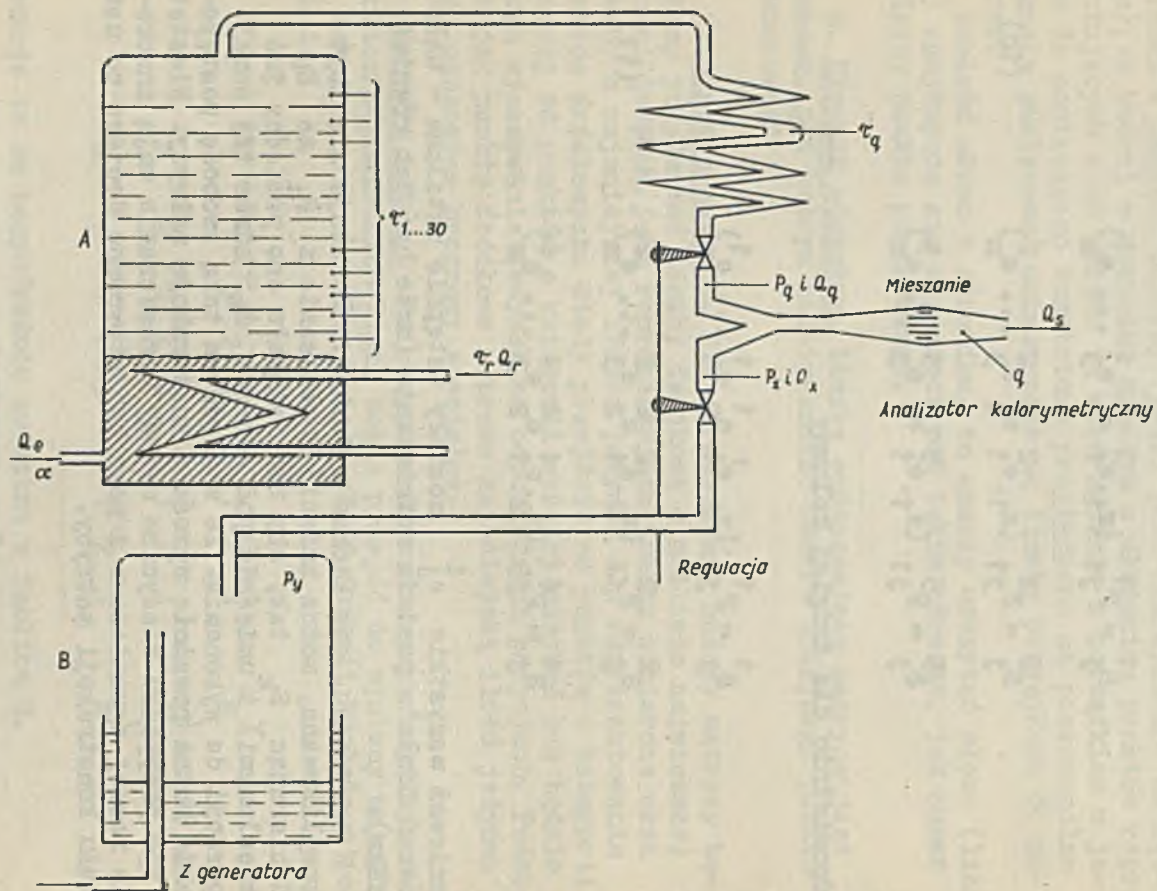
$$\begin{aligned}
 S_j^1 &= F_{j2}^1 (x_2, e_1^1 e_2^1 e_3^1 \dots e_m^1) \\
 S_j^2 &= F_{j4}^2 (x_2, e_1^2 e_2^2 e_3^2 \dots e_m^2) \\
 S_j^4 &= F_{j5}^4 (x_2, e_1^4 e_2^4 e_3^4 \dots e_m^4)
 \end{aligned} \tag{11}$$

Ponieważ wszystkie  $e_j^i$  zostały wstępnie ustalone - układ równań Boole'a posiada rozwiązanie (może być ich również kilka).

W przypadku, gdy któraś z funkcji  $F$  staje się zbyt skomplikowana, można zmienić rozwiązanie z  $S_j$  na  $S_k$  (dobierając  $S_k$  tak, aby nie istniało ono pomiędzy już określonymi) i umieścić pod adresem  $S_k$  adres tej samej operacji do wykonania. Ze względu na taką swobodę postępowania można poważnie uprościć konstrukcję matrycy. Niestety w tym przypadku klasyczne metody upraszczania mają znaczenie raczej ograniczone i mogą być stosowane dopiero po ustaleniu konstrukcji matrycy.

## § 7. PRZYKŁAD

Automatyzowany proces technologiczny polega na frakcjonowanej destylacji produktu, przy czym wytwarzany gaz A mieszany jest z gazem B, tak aby utrzymać stałą kaloryczność mieszanki ( $q$ ). Schemat instalacji przedstawia rysunek 12.



Rys.12. Schemat procesu technologicznego



Poszczególne przyczyny zaburzeń są następujące:

Parametr	Oznaczenie	Prawdopodobieństwo przekroczenia
Ciśnienie w zbiorniku	$P_y$	$3 \cdot 10^{-3}/\text{min}$
Przepływ na wejściu kolumny destylacyjnej	$Q_e$	$5 \cdot 10^{-3}/\text{min}$
Temperatura pary ogrzewającej destylator	$T_v$	$4 \cdot 10^{-3}/\text{min}$
Przepływ pary ogrzewającej destylator	$Q_v$	$6 \cdot 10^{-3}/\text{min}$

Zmiany wyżej wymienionych parametrów powodują z kolei zmiany innych mierzonych w układzie wielkości:

ciśnienia  $P_x$  i przepływu  $Q_x$  gazu B, przepływu  $P_q$  i  $Q_q$  gazu A, 30 temperatur mierzonych na różnych półkach destylatora ( $\tau_{1...30}$ ) oraz wypływu mieszanki  $q$ .

Częstość wychodzenia parametrów mierzonych poza stan alarmowy z uwzględnieniem przyczyn, które spowodowały przekroczenie, zestawia tablica 4.

Na podstawie tej tabeli można skonstruować tablicę prawdopodobieństwa wystąpienia zaburzeń:

Klasyfikacja punktów pomiarowych:

$\tau_{1...30}$	punkty odbiorcze (30 szt.)	$Q_x$	punkt źródłowy
$\tau_v$	punkt pośredni	$P_q$	punkt końcowy
$Q_v$	punkt źródłowy	$Q_q$	punkt końcowy
$P_x$	punkt źródłowy	$q$	punkt końcowy

Zalety tej metody: a) poszukiwanie normalne; średnia ilość kroków do przejścia w celu znalezienia punktu z przekroczeniem

$$37/2 = 18,5$$

z częstością 5 punktów/sek - 3,5 sek + czas na wykonanie operacji logicznych nad adresami.

Tablica 4

	$\Omega$	$r_{1, \text{rozr } 80}$	$T_v$	$Q_v$	$P_x$	$Q_x$	$P_q$	$Q_q$	$q$
$P_y$	$3 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	$10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0	0	$10^{-3}$
$Q_e$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0	0	0	0	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
$T_v$	$4 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	0	0	0	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
$Q_v$	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-3}$	0	0	$10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$



b) przy poszukiwaniu przyspieszonym - co najwyżej 4 kroki tj. 0,8 sek. bez dodatkowej straty czasu na wykonanie operacji na adresach.

Synteza matrycy. Zakładamy, że po skończeniu się programu specjalnego, maszyna wraca na początek programu głównego.

Oznaczmy przez:

- 1111 - liczba reprezentująca punkt  $\tau_{1...30}$
- 0110 - liczba reprezentująca punkt  $Q_v$
- 0101 - liczba reprezentująca punkt  $P_x$
- 0101 - liczba reprezentująca punkt  $Q_x$
- 1100 - liczba reprezentująca punkt  $T_v$
- 1101 - liczba reprezentująca punkt  $P_q$
- 1100 - liczba reprezentująca punkt  $q$
- 1011 - liczba reprezentująca punkt  $Q_q$

Na podstawie tablicy 3 i wzoru (8) sporządzamy następującą tablicę.

Tablica 5

	$\tau_{1...30}$	$T_v$	$Q_v$	$P_x$	$Q_x$	$P_q$	$Q_q$	$q$
$\tau_{1...30}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,32	0,48	0	0	0,2	0,225	0,48
$T_v$	0,2	$4,5 \cdot 10^{-3}$	0,15	0	0	0,24	0,245	0,5
$Q_v$	0,2	0,08	$6 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,166	0,215	0,5
$P_x$	0	0	0	$10^{-3}$	0,83	0	0	0,33
$Q_x$	0	0	0	0,33	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0	0	0,33
$P_q$	0,166	0,36	0,33	0	0	$3 \cdot 10^{-3}$	0,22	0,465
$Q_q$	0,17	0,33	0,43	0	0	0,21	$3,3 \cdot 10^{-3}$	0,465
$q$	0,15	0,18	0,375	0,04	0,11	0,425	0,47	$6 \cdot 10^{-3}$

Na podstawie tej tabeli można skonstruować tabelę działania matrycy pokazaną poniżej.

Tablica 6

$\tau_{1...30}$	$T_V$	$Q_V$	$P_X$	$Q_X$	$P_q$	$Q_q$	$q$
$Q_V$	$Q_V$	$P_r Q_V$	$P_V P_X$	$Pr Q_X$	$\tau_V$	$Q_V$	$Q_V$
$T_V$	$Pr T_V$	R	R	R	$Q_V$	$T_V$	$T_V$
R	R				$Pr Q_X$	$P_q$	$P_X$
					R	R	$Q_X$
							R

gdzie

Pr X - program specjalny na wypadek awarii w punkcie X

R - powrót do programu głównego.

Synteza matrycy i słownika odwrotnego - odbywa się sukcesywnie począwszy od części dla punktów źródłowych.

Już ustalona tabelka działania może być przedstawiona za pomocą wykresu kinematycznego przedstawionego poniżej:

$$(1111) \xrightarrow{\tau_{1...30}} S(Q_V), (0110) \xrightarrow{\tau_{1...30}} S(T_V), (1100) \xrightarrow{\tau_{1...30}} (0000)$$

$$(1100) \xrightarrow{T_V} S(Q_V); (0110) \xrightarrow{T_V} S(Pr Q_V)$$

$$(0110) \xrightarrow{Q_V} S(Pr Q_V)$$

$$(0101) \xrightarrow{P_X} S(Pr P_X)$$

$$(0101) \xrightarrow{Q_X} S(Pr P_X)$$

$$(1001) \xrightarrow{P_q} S(T_V), (1100) \xrightarrow{P_q} S(Q_V), (0110) \xrightarrow{P_q} S(Pr Q_V)$$

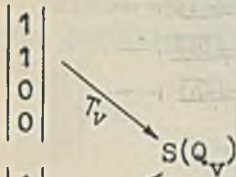


$$\begin{aligned}
 (1011) &\xrightarrow{\bar{q}_q} S(Q_q), & (0110) &\xrightarrow{\bar{q}_q} S(T_v), & (1100) &\xrightarrow{\bar{q}_q} S(P_q), & (1101) &\xrightarrow{\bar{q}_q} (0000) \\
 (1101) &\xrightarrow{\bar{q}} S(Q_v), & (0110) &\xrightarrow{\bar{q}} S(T_v), & (1100) &\xrightarrow{\bar{q}} S(P_x), & (0101) &\xrightarrow{\bar{q}} S(Q_x) \\
 (0011) &\xrightarrow{q} (0000)
 \end{aligned}$$

gdzie

$S(x)$  - wyjście matrycy - zawierające informację o konieczności dokonania połączenia z punktem X.

Dla części źródłowej i pośredniej - można przekształcenia te ująć w poniższy wykres:



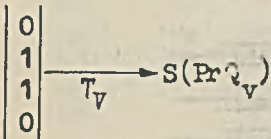
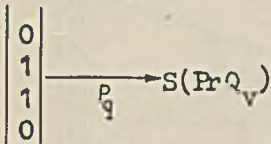
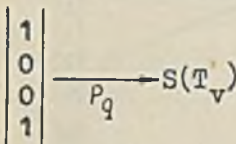
Jeśli założyć

$$S(Q_v) = 1100$$

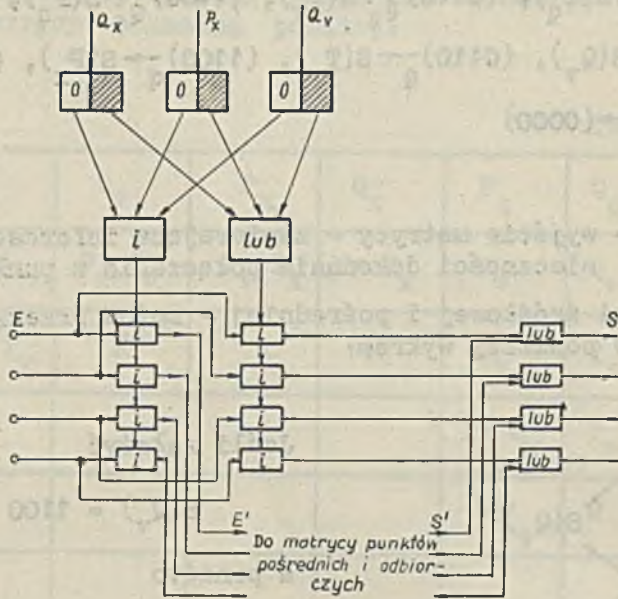
a ponadto

$$S(\text{Pr } Q_v) = 0110 \text{ i } S(\bar{r}_v) = 1001$$

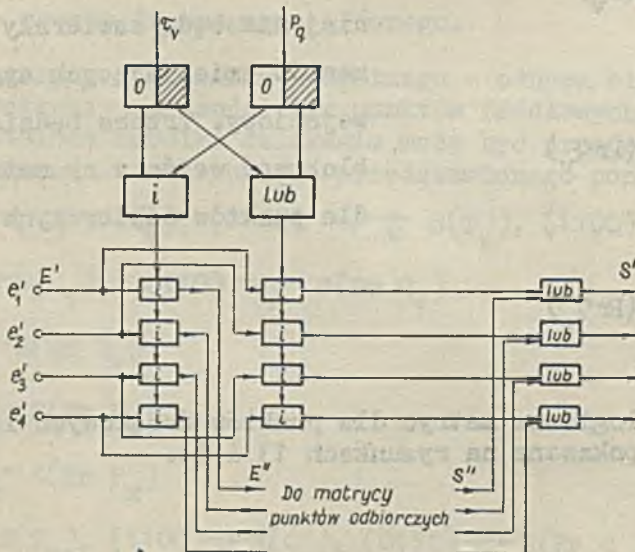
to ani matryca części źródłowej ani matryca części pośredniej nie będą zawierały elementów zmieniających sygnał wejściowy. Trzeba będzie tylko blokować wejścia na matrycę dla punktów odbiorczych.



Schematy logiczne matryc dla punktów źródłowych i pośrednich są pokazane na rysunkach 13 i 14.



Rys.13. Schemat logiczny części dla punktów źródłkowych



Rys.14. Schemat logiczny części dla punktów pośrednich



Dotychczas ustalone wyniki syntezy można zebrać w następującej tabelce:

$$Q_V = 0110 = S(\text{Pr}Q_V)$$

$$S(Q_V) = 1100$$

$$P_X = 0101 = S(\text{Pr}P_X)$$

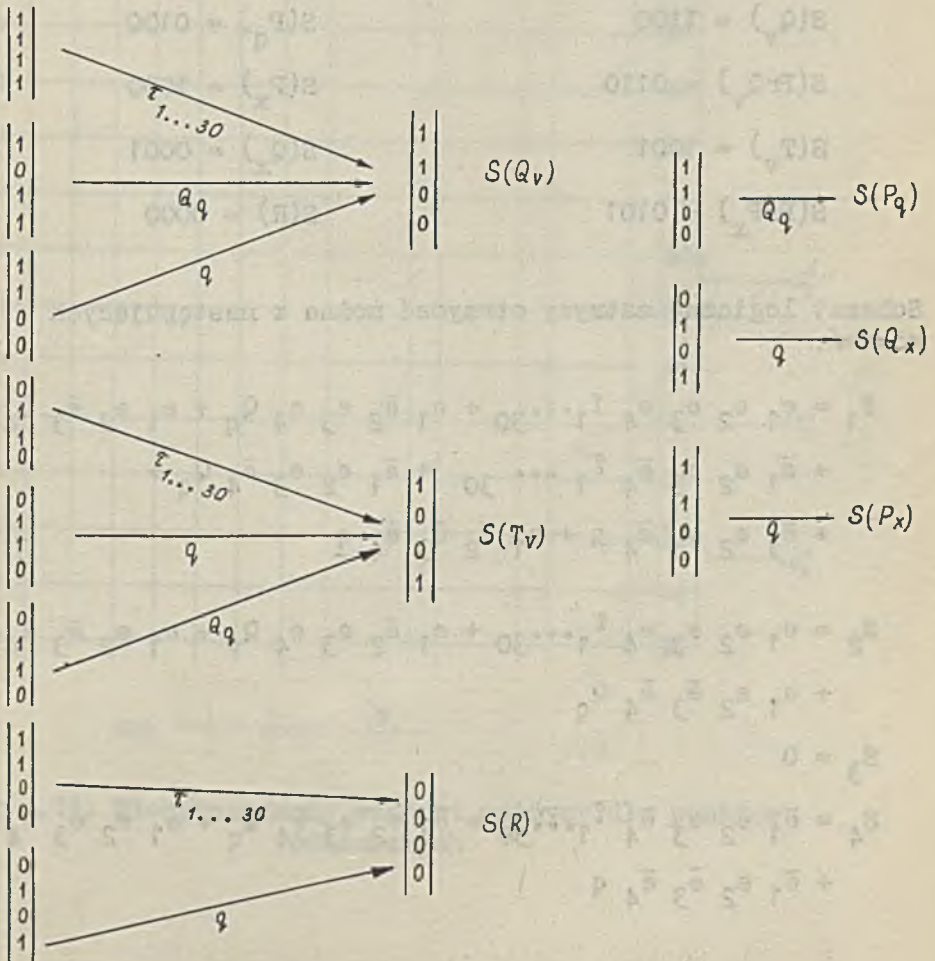
$$S(\text{Pr}Q_V) = 0110$$

$$S(T_V) = 1001$$

$$Q_X = 0101 = S(\text{Pr}P_X)$$

$$S(\text{Pr}P_X) = 0101$$

Nieco bardziej skomplikowany jest wykres kinematyczny dla punktów odbiorczych



Można przypisać  $S(P_q)$ ,  $S(P_x)$ ,  $S(Q_x)$  liczby, które nie zostały dotychczas użyte, np.:

$$S(P_q) = 0100$$

$$S(P_x) = 1000$$

$$S(Q_x) = 0001$$

W ten sposób słownik odwrotny jest skompletowany:

$$S(Q_v) = 1100$$

$$S(\text{Pr}Q_v) = 0110$$

$$S(T_v) = 1001$$

$$S(\text{Pr}P_x) = 0101$$

$$S(P_q) = 0100$$

$$S(P_x) = 1000$$

$$S(Q_x) = 0001$$

$$S(R) = 0000$$

Schemat logiczny matrycy otrzymać można z następujących równań:

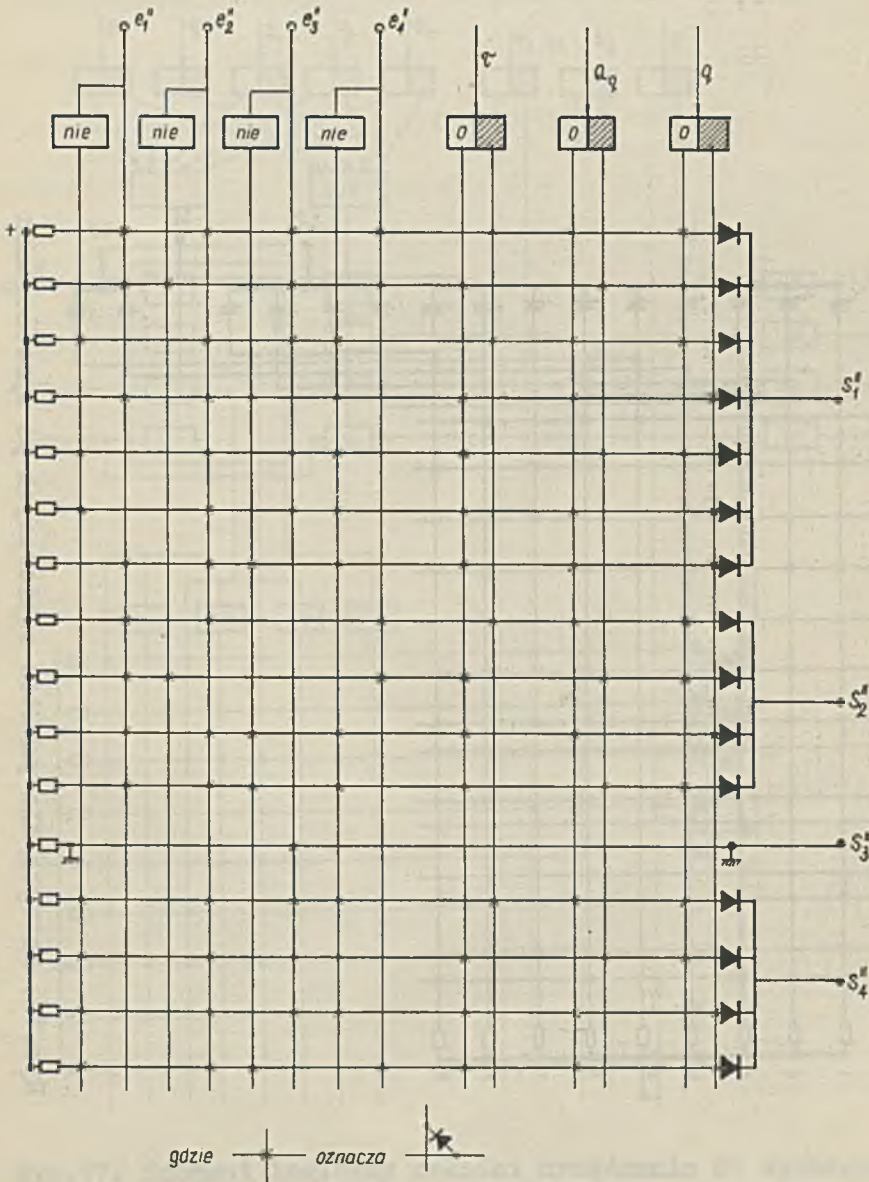
$$S_1 = e_1 e_2 e_3 e_4 \tau_{1 \dots 30} + e_1 \bar{e}_2 e_3 e_4 Q_q + e_1 e_2 \bar{e}_3 \bar{e}_4 q + \\ + \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 \tau_{1 \dots 30} + \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 Q_q + \\ + \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 q + e_1 e_2 \bar{e}_3 \bar{e}_4 q$$

$$S_2 = e_1 e_2 e_3 e_4 \tau_{1 \dots 30} + e_1 \bar{e}_2 e_3 e_4 Q_v + e_1 e_2 \bar{e}_3 \bar{e}_4 q + \\ + e_1 e_2 \bar{e}_3 \bar{e}_4 Q_q$$

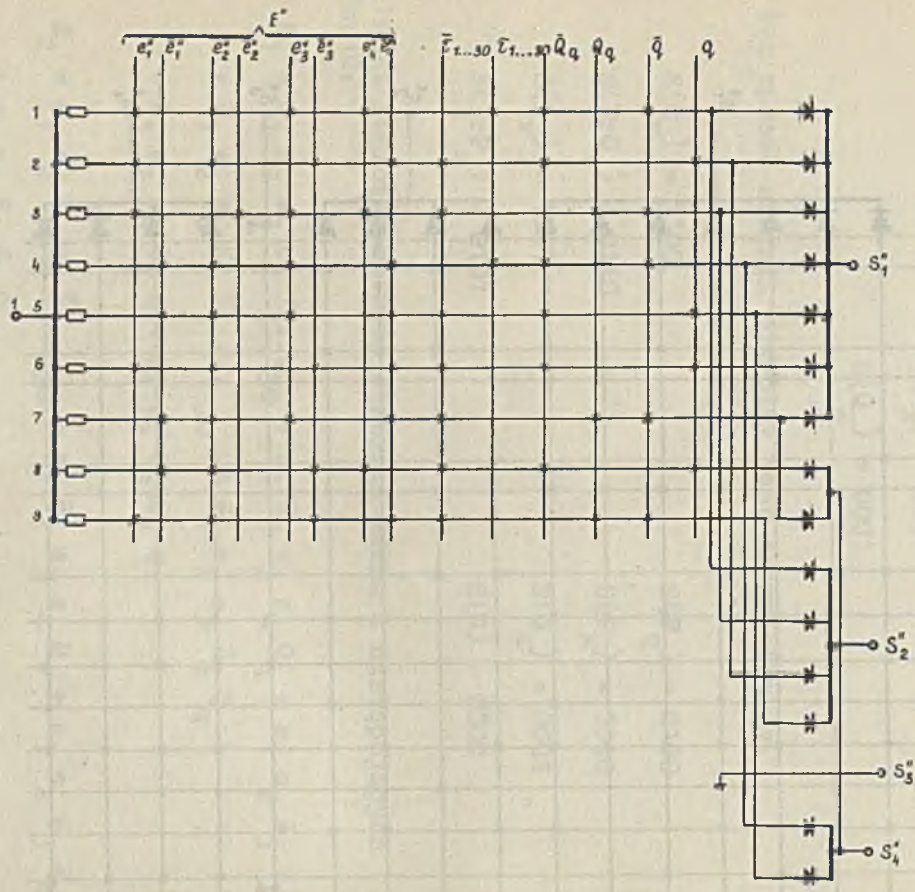
$$S_3 = 0$$

$$S_4 = \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 \tau_{1 \dots 30} + \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 Q_q + \bar{e}_1 e_2 e_3 \bar{e}_4 q + \\ + \bar{e}_1 e_2 \bar{e}_3 \bar{e}_4 q$$



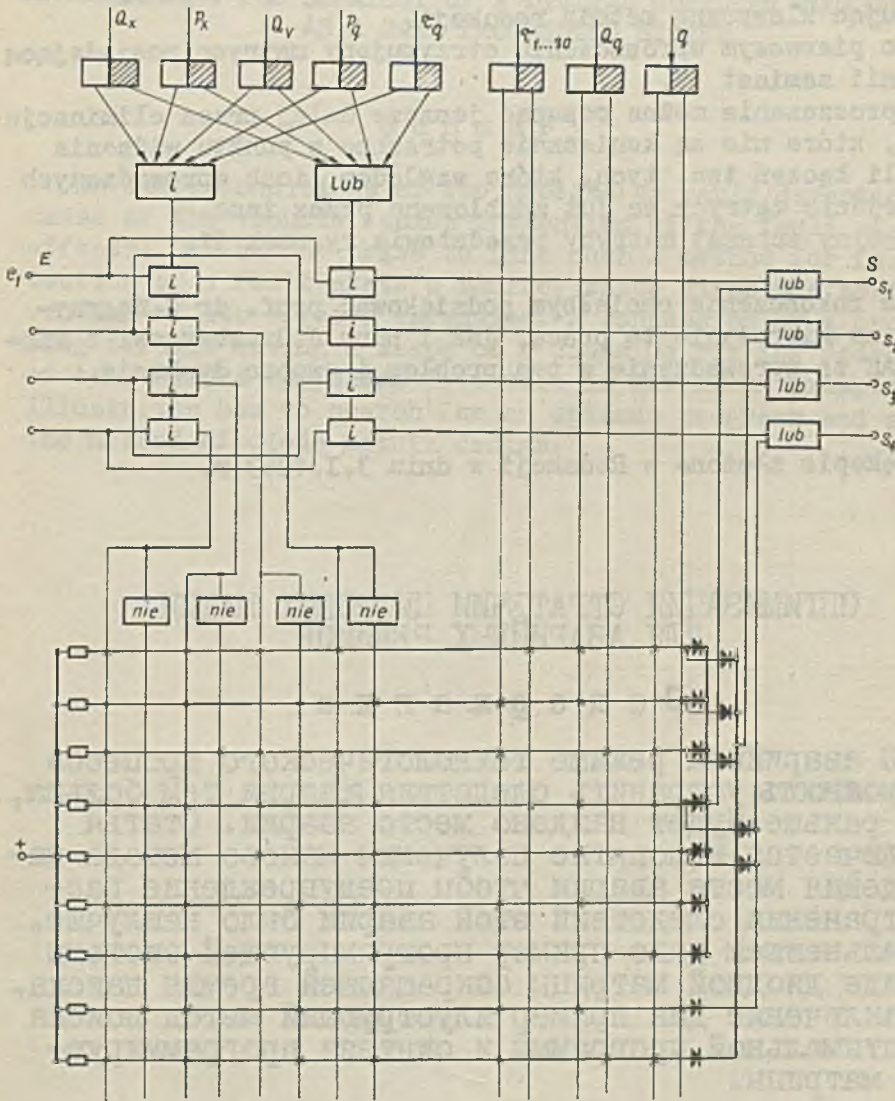


Rys.15. Nieuproszczony schemat matrycy dla punktów odbiorczych



Rys.16. Matryca dla punktów odbiorczych po uproszczeniu





Rys.17. Schemat logiczny całości urządzenia do wyznaczenia drogi poszukiwań

Są one bezpośrednio realizowalne. Można je ponadto uprościć stosując klasyczne metody redukcji.

Po pierwszym uproszczeniu otrzymujemy matrycę posiadającą 9 linii zamiast 15.

Uproszczenia można posunąć jeszcze dalej przez eliminację diod, które nie są konieczne potrzebne z punktu widzenia tabeli łączy tzn. tych, które względem liczb wprowadzanych na wejście matrycy są już zdublowane przez inne.

Ogólny schemat matrycy przedstawia rysunek 17.

Na zakończenie chciałbym podziękować prof. dr S. Węgrzynowi za kierowanie tą pracą, jak i panu J. Grunbergowi z firmy CAE za wprowadzenie w ten problem i owocną dyskusję.

Rękopis złożono w Redakcji w dniu 3.I.1963 r.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВЫХ МАШИН ДЛЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

### С о д е р ж а н и е

В аварийном режиме технологического процесса возможность устранить следствия аварии тем больше, чем раньше будет найдено место аварии. Статья заключается в попытке получения наиболее эффективного метода нахождения места аварии чтобы предупреждение распространения следствий этой аварии было наилучшим. В дальнейшем дано пример программирующей системы в виде двоичной матрицы сокращающей время поиска. В заключение дан пример иллюстрирующий метод поиска и оптимальной программы и синтеза программирующей матрицы.



OPTIMISING THE STRATEGY OF A DIGITAL COMPUTER WORKING  
AS A DATA PROCESSING SYSTEM

## S u m m a r y

In alarm conditions of the process an early detection of cause of the trouble eases prevention of the fault state effects. The author tries to find such a method for fast detection of a fault state's source, which gives the best prevention of its effects expansion. A conception of a programming circuit having a shape of a diode matrix for reduction of time needed for alarm detection is given. An example illustrates how to search for an optimum program and shows the method of diode matrix design.