

OPRACOWANIE PEŁNEGO PROGRAMU DIAGNOZOWANIA SYGNALIZATORA POZIOMU NAPIĘCIA

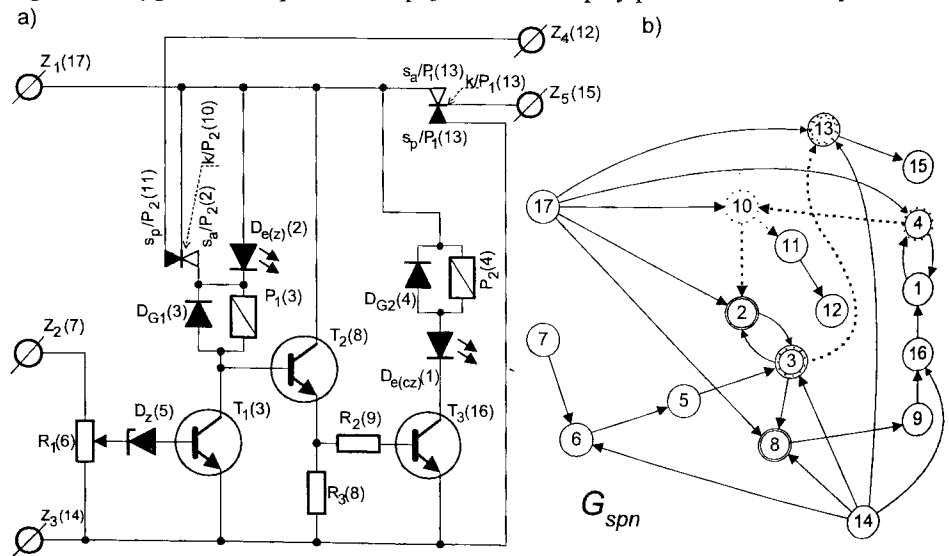
Artykuł jest przykładem weryfikacyjnym przemysłów autora, zawartych w jego publikacjach [1÷15] - przedstawia etapy opracowania diagnostycznego konkretnego obiektu technicznego

STUDY OF FULL DIAGNOSTIC PROGRAMME OF INDICATOR OF LEVEL OF VOLTAGE

Article is verify example of considerations of author, contain into him publications [1÷15] - it introduces stages of study of diagnostic concrete technical object

1. CZYNNOŚCI WSTĘPNE

Początek opracowania diagnostycznego obiektu polega na dobrym rozpoznaniu jego budowy i zasady działania. Opisem rozpoznania tej zasady powinien być stosowny digraf. Dla sygnalizatora poziomu napięcia odnośne opisy przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Opisy budowy i zasady działania sygnalizatora poziomu napięcia:

a- schemat ideowy, b- digraf G_{spn}

W sygnalizatorze badane napięcie doprowadzane jest do zacisku z_2 , natomiast do zacisku z_1 - napięcie zasilania. Zacisk z_3 połączony jest z ujemnymi biegunami źródeł obu tych napięć. Jeśli napięcie na wyjściu potencjometru R_1 przekroczy poziom napięcia

jej wielokrotnego potęgowania. Macierz ta swymi jedynekami w wierszach i kolumnach wskazuje odpowiednio zamknięcia tranzytywne i antytranzytywne poszczególnych wierzchołków digrafu: $\dot{F}(e_i)$ i $\dot{F}(e_i)$.

Macierz $D_R(G_{spn})(3)$ jest wynikiem redukcji wierszy i kolumn odnoszących się do elementów pozbawionych dostępu kontrolnego: $E_R = \{e_4, e_{10}\}$, natomiast macierz $D_{RK}(G_{spn})(4)$ – wynikiem kondensacji elementów cyklu (pętli sprzężenia zwrotnego): $C = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_8, e_9, e_{10}, e_{16}\}$. Kondensat określony jest numerem najmniejszym z numerów elementów tego cyklu, czyli numerem: 1.

$$D_R(G_{spn}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & j \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 16 \\ 17 \\ i \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

$$D_{RK}(G_{spn}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 5 & 6 & 7 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 17 & j \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \\ 17 \\ i \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

Elementy oznaczone numeracją wierszy i kolumn macierzy $D_{RK}(G_{spn})(4)$ określają zbiory elementów podstawowych i sprawdzeń dostępnych s_j , wyszczególnionych w tabeli 1.

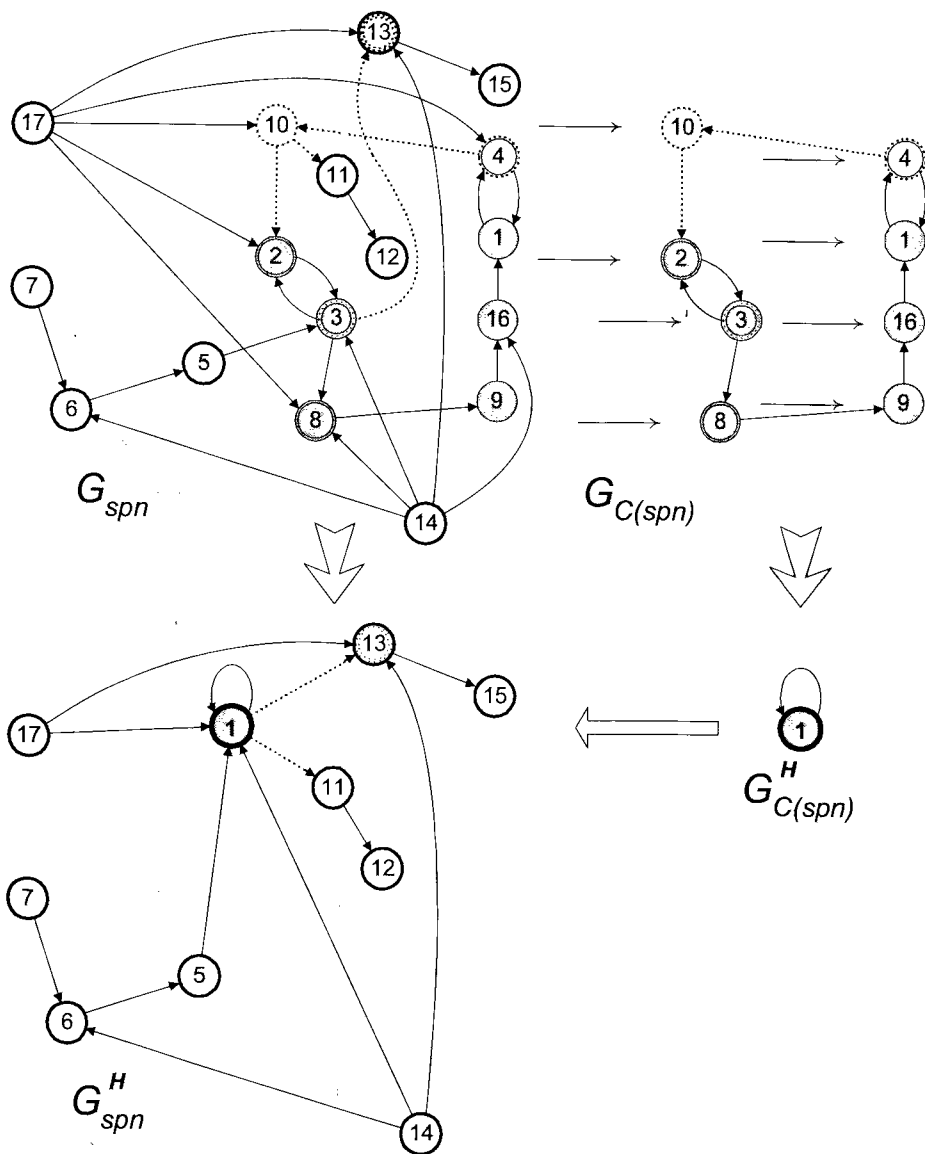
Tabela 1.

Wzorce sygnałów na wyjściach w_j elementów podstawowych e_j sygnalizatora poziomu napięcia oraz sposoby wykonania sprawdzeń s_j , gdzie: * i * - światła koloru zielonego i czerwonego; liczniki i mianowniki – wielkości fizyczne podporządkowane napięciom wejściowym powyżej i poniżej napięcia progowego +3,7V; $+U_z$ i $-U_z$ - bieguny źródła zasilania +9V.

j	1	5	6	7	11	12	13	14	15	17
Wzorzec sygnału	*	+0,59V	+2,9V	+4,0V	+9,0V	+9,0V	+9,0V	-9,0V	+9,0V	9,0V
	*	+0,58V	+2,7V	+3,5V	+0,0V	+0,0V	-9,0V	-9,0V	-9,0V	
Sposób sprawdzenia sygnału	obserwacja wzrokowa	pom. nap. $-U_z \leftrightarrow w_5$	pom. Nap. $-U_z \leftrightarrow w_6$	pom. nap. $-U_z \leftrightarrow w_7$	pom. nap. $-U_z \leftrightarrow w_{11}$	pom. nap. $-U_z \leftrightarrow w_{12}$	pom. nap. $\frac{-U_z \leftrightarrow w_{13}}{+U_z \leftrightarrow w_{13}}$	pom. nap. $+U_z \leftrightarrow w_{14}$	pom. nap. $\frac{-U_z \leftrightarrow w_{15}}{+U_z \leftrightarrow w_{15}}$	pom. nap. $-U_z \leftrightarrow w_{17}$

Poprawność funkcjonowania sygnalizatora sprawdzano doprowadzając do zacisku Z_2 (wejścia elementu e_7) napięcia $+3,5V$ i $+4,0V$ o wartościach odpowiednio poniżej i powyżej wielkości progowej $+3,7V$.

Wynikiem dokonanych przemian digrafu G_{spn} jest digraf Hertza: G_{spn}^H , (patrz rys. 2).



Rys. 2. Przemiana reprezentacji graficznej digrafu G_{spn} w digraf Hertza G_{spn}^H

3. UPORZĄDKOWANIE OPISU OBIEKTU

Celem tego uporządkowania jest wyeksponowanie charakterystycznych właściwości obiektu – jego warstw, pasm, trzonu i nadmiarowych łuków. Konsekwencją tego wyeksponowania staje się wtedy wyznaczenie macierzy trójkątnej (dolnej i górnej), określenie liczebności zbioru rozróżnialnych stanów obiektu i opracowanie **pełnego programu diagnozowania**.

Pierwszą warstwą digrafu W_1 są elementy, które nie mają swoich poprzedników, druga te – które nie będą miały swoich poprzedników po usunięciu elementów warstwy pierwszej, natomiast k -tą – wszystkie te, które nie będą miały swoich poprzedników po usunięciu elementów wszystkich poprzednio wyznaczonych warstw. To samo można powiedzieć o pasmach, lecz tym razem w odniesieniu do następników, a nie poprzedników poszczególnych elementów. Trzonem (rdzeniem) digrafu jest suma

$$\bigcup_{k=1}^K \{P_{K-k+1} \cap W_k\} = T(G), \quad (5)$$

gdzie K jest liczbą warstw (lub pasm), natomiast k – numerem warstwy. W tabeli 2. wyszczególniono elementy warstw, pasm i trzonu digrafu G_{spn}^H (patrz rys. 2.).

Tabela 2.

Elementy warstw i pasm oraz części wspólnych $P_{6-k+1} \cap W_k$ digrafu G_{spn}^H

k	1	2s	3	4	5	6
W_k	e_7, e_{14}, e_{17}	e_6	e_5	e_1	e_{11}, e_{13}	e_{12}, e_{15}
P_{6-k+1}	e_7, e_{14}	e_6	e_5, e_{17}	e_1	e_{11}, e_{13}	e_{12}, e_{15}
$P_{6-k+1} \cap W_k$	e_7, e_{14}	e_6	e_5	e_1	e_{11}, e_{13}	e_{12}, e_{15}

Następstwem ponumerowania wierszy i kolumn macierzy $D_{RK}(G_{spn}^H)$ zgodnie z numeracją elementów występujących w poszczególnych pasmach i warstwach jest powstanie macierzy: dolno- i gómotrójkątnej (6) i (7).

$$D_{RK}^{>d}(G_{spn}^H) =$$

	12	15	11	13	1	5	17	6	7	14	j
12	1										0
15	0	1									
11	1	0	1								
13	0	1	0	1							
1	1	1	1	1	1						
5	1	1	1	1	1	1					
17	1	1	1	1	1	0	1				
6	1	1	1	1	1	1	0	1			
7	1	1	1	1	1	1	0	1	1		
14	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	
i											

(6)

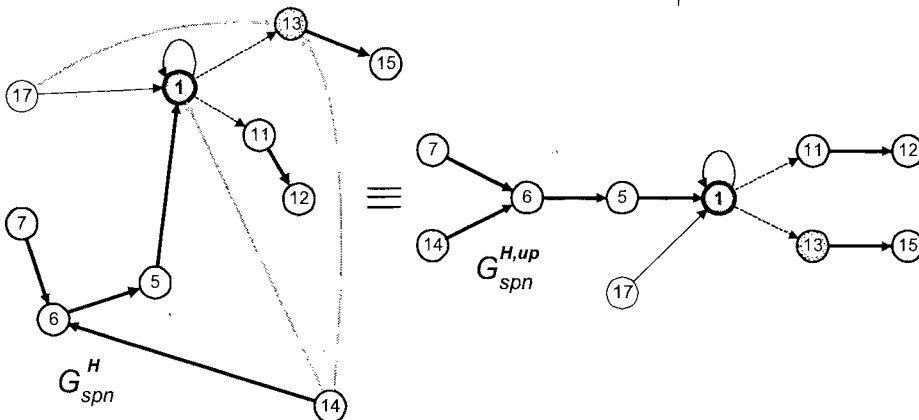
$$D_{RK}^{>g}(G_{spn}^H) =$$

	7	14	17	6	5	1	11	13	12	15	j
7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
14		1	0	1	1	1	1	1	1	1	
17			1	0	0	1	1	1	1	1	
6				1	1	1	1	1	1	1	
5					1	1	1	1	1	1	
1						1	1	1	1	1	
11							1	0	1	0	
13								1	0	1	
12									1	0	
15										1	
i											

(7)

Usunięcie nadmiarowych łuków digrafu można uznać głównie za działanie „kosmetyczne”, służące przede wszystkim przejrzystości jego graficznej prezentacji. Określenie nadmiarowych łuków może być wynikiem pierwiastkowania górnotrójkątnej macierzy osiągalności. Pierwiastkiem macierzy $D_{RK}^{>g}(G_{spn}^H)$ jest macierz $P_{RK}^{>g}(G_{spn}^{H,up})$ (8).

$$P_{RK}^{>g}(G_{spn}^{H,up}) = \begin{matrix} & \begin{matrix} 7 & 14 & 17 & 6 & 5 & 1 & 11 & 13 & 12 & 15 & j \end{matrix} \\ \begin{matrix} 7 \\ 14 \\ 17 \\ 6 \\ 5 \\ 1 \\ 11 \\ 13 \\ 12 \\ 15 \\ i \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (8)$$



Przekształcenie digrafu G_{spn}^H w jego uporządkowaną postać - digraf $G_{spn}^{H,up}$.

Rys. 3. Szarym kolorem oznaczono nadmiarowe łuki, linią przerywaną - elektrodynamiczne oddziaływania uzwojeń przekładników. Wierzchołek 1. jest kondensatem elementów drogi cyklicznej.

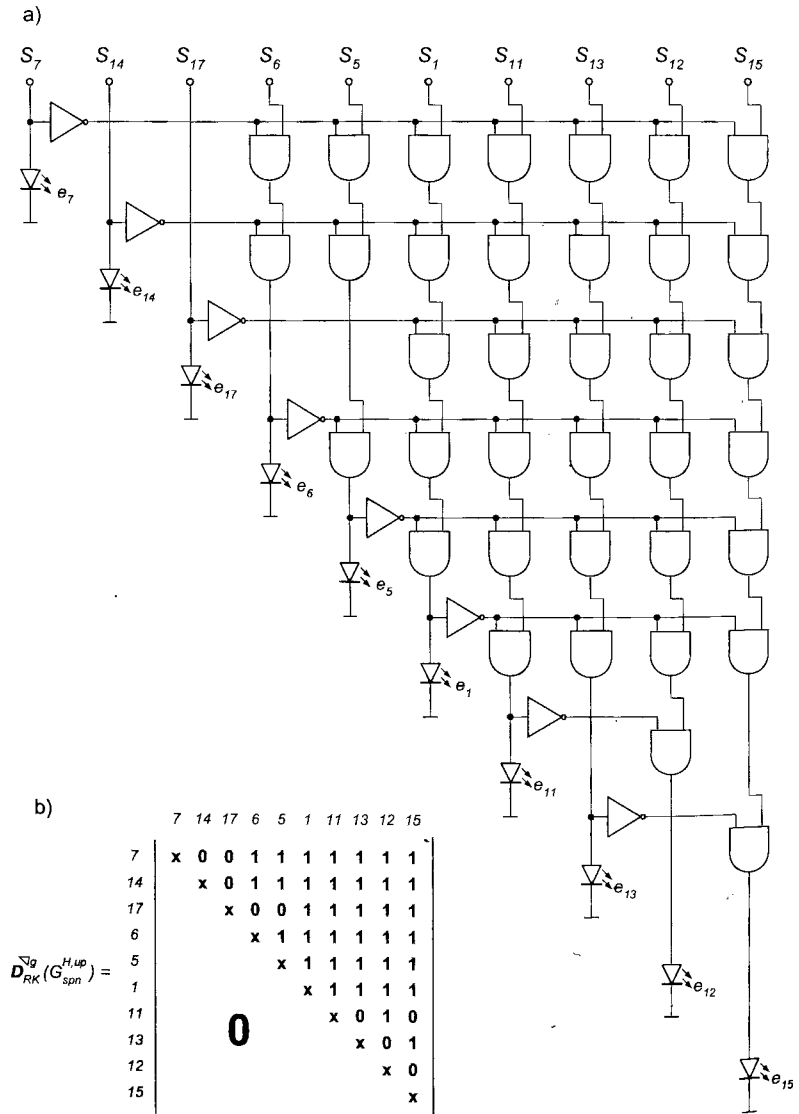
4. PEŁNE PROGRAMY DIAGNOZOWANIA

4.1. Stały pełny program diagnozowania

Stałe pełne programy diagnozowania wymagają wykonania wszystkich sprawdzeń. Charakteryzują się one prostą realizacją, ale także i stosunkowo słabą ekonomią tejże realizacji. Rzeczona prostota wynika przede wszystkim z możliwości ustalania dowolnej kolejności wykonywanych sprawdzeń. Oznacza to, iż sprawdzenia te mogą być wykonane jednocześnie, sekwencyjnie lub też w sposób mieszany, np. - z użyciem wieloosobowego personelu technicznego. W pierwszym przypadku czas realizacji programu jest najkrótszy, lecz koszt użytych środków - maksymalny. W drugim przypadku odwrotnie - czas realizacji programu jest maksymalny, lecz koszt użytych środków -

minimalny. Wykorzystanie sposobu mieszanego wiąże się najczęściej z pośrednimi wielkościami czasu i kosztów. Minimalny czas realizacji programu stałego ograniczony jest czasem realizacji najbardziej czasochłonnego sprawdzenia, natomiast minimalny koszt użytych środków - kosztami urządzenia lub też urządzeń umożliwiających sekwencyjną kontrolę wszystkich cech wszystkich sygnałów wyjściowych elementów podstawowych obiektu.

Detekcję niezdatnych elementów sygnalizatora poziomu napięcia może tłumaczyć układ przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Dekoder informacji diagnostycznej sygnalizatora poziomu napięcia (rys. a)

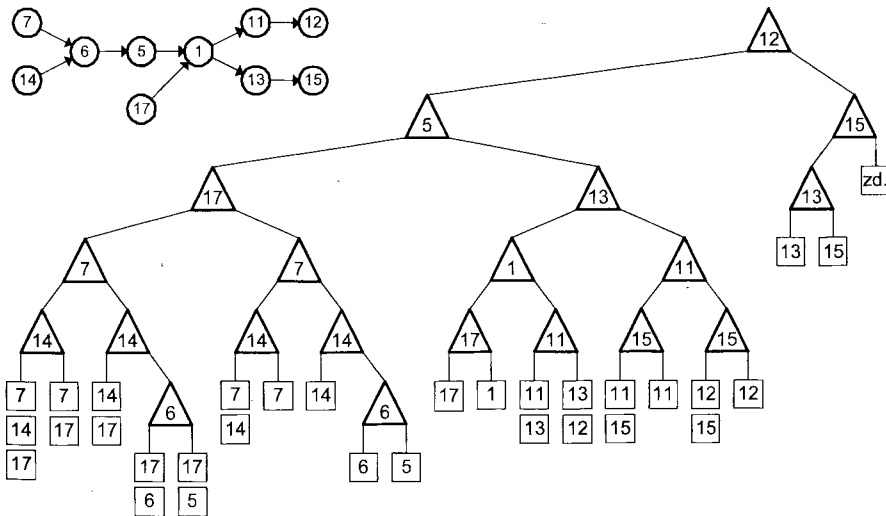
w projekcji binarnej macierzy osiągalności $D_{RK}^{>g}(G_{spn}^{Hup})$ (rys. b).

4.2. Warunkowe pełne programy diagnozowania

W warunkowych programach diagnozowania wynik jakiegokolwiek sprawdzenia eliminuje z badań jakąś część obiektu – negatywny, określoną zamknięciem tranzytywnym, natomiast pozytywny - zamknięciem antytranzytywnym wykonanego sprawdzenia. Koniec diagnozowania następuje w chwili, gdy w skutek kolejnych sprawdzeń – a zwłaszcza wynikających z nich eliminacji - zbiór badanych elementów obiektu staje się zbiorem pustym.

Tego typu programy dostarczają najwięcej informacji o obiekcie przy stosunkowo najmniejszych nakładach na jej uzyskanie. Wybór kolejnych sprawdzeń dokonywany jest na podstawie określonych wskaźników. Mogą one uwzględniać koszty i entropie wyników sprawdzeń, różnice liczebności zamknięć albo - określone potrzeby i możliwości, wynikające np. z kompensacji niezdatności, wielowartościowości stanów czy też hierarchizacji, wielotorowości i wielokrokowości diagnozowania.

Na rysunku 5. przedstawiono pełny program diagnozowania sygnalizatora poziomu napięcia poprzez bezpośrednie wykorzystanie macierzy $D_{RK}^{>g}(G_{spn}^H)(7)$.



Rys. 5. Pełny warunkowy program diagnozowania sygnalizatora poziomu napięcia z bezpośrednim wykorzystaniem górnotrójkątej macierzy osiągalności $D_{RK}^{>g}(G_{spn}^H)(7)$.

Dla analizy przebiegu programu sygnalizatora zamieszczono jego digraf. Trójkątami oznaczono sprawdzenia, gałęziami wyniki tychże sprawdzeń natomiast kwadratami – niezdatne elementy. Numer, w zależności od tego czy jest we wnętrzu trójkąta czy kwadratu oznacza odpowiednio nr sprawdzenia lub nr niezdatnego elementu. Każda gałąź wychodząca z lewego kąta trójkąta oznacza negatywny, zaś z prawego – pozytywny wynik sprawdzenia.

Algorytm wyznaczania warunkowego pełnego programu diagnozowania poprzez bezpośrednie wykorzystanie górnotrójkątnej macierzy osiągalności jest następujący:

Algorytm 1. *Diagnozowanie obiektu z bezpośrednim wykorzystaniem górnotrójkątnej macierzy osiągalności $D_{RK}^{>g}(G)$*

1. Wykonać sprawdzenie s_j , dla którego liczebność zamknięcia antytranzytywnego jest maksymalna
2. a) Jeżeli wynik S_j sprawdzenia s_j jest pozytywny - usunąć z macierzy osiągalności wiersze i kolumny o numeracji elementów zamknięcia antytranzytywnego, po czym przejść do wykonania punktu 3.
b) Jeżeli wynik S_j sprawdzenia s_j jest negatywny - usunąć z macierzy wiersze i kolumny o numeracji elementów zamknięcia tranzytywnego, po czym przejść do wykonania punktu 5.
3. Określić wymiar macierzy.
4. a) Jeżeli wymiar macierzy jest większy od zera - przejść do wykonania punktu 1.
b) Jeżeli wymiar macierzy jest równy zero - ogłosić komunikat: „**OBIEKT ZDATNY**” i zakończyć wykonywanie algorytmu.
5. Wykonać sprawdzenie s_j , którego różnica zamknięć jest minimalna
6. a) Jeżeli wynik sprawdzenia s_j jest pozytywny - usunąć z macierzy wiersze i kolumny o numeracji elementów zamknięcia antytranzytywnego.
b) Jeżeli wynik sprawdzenia s_j jest negatywny - usunąć z macierzy wiersze i kolumny o numeracji elementów zamknięcia tranzytywnego.
7. Określić wymiar macierzy.
8. a) Jeżeli wymiar macierzy jest większy od zera - przejść do wykonania punktu 5.
b) Jeżeli wymiar macierzy jest równy zero - ogłosić komunikat o niezdatności obiektu i wskazać zbiór niezdatnych elementów E_{nz} , wyznaczony zgodnie z zależnością :

$$E_{nz} = \bigcup_{i \in S_i^!} \{e_i\} \setminus \bigcup_{i \in S_i^!} \{F(e_i) \setminus \{e_i\}\} \quad (9)$$

4. UWAGI I WNIOSKI

Łatwość, z jaką identyfikuje się stany niezawodnościowe obiektu za pomocą pełnych programów diagnozowania podważa sens dalszego stosowania szeregowej struktury niezawodnościowej i metod Bayesowskich, a zwłaszcza wynikających z tych metod etapów: rozpoznania i lokalizowania niezdatności. Trudno przede wszystkim zrozumieć, dlaczego jedynym zadaniem rozpoznania ma być tylko i wyłącznie orzeczenie niezdatności obiektu? Czyżby mogłoby nie być stosownych powodów tego orzeczenia? Dlaczego w ogóle należałoby przejść po tym orzeczeniu do lokalizowania niezdatności sygnałów dać mu jakąkolwiek wiarę? Dla pełnych programów diagnozowania – łączących rozpoznanie z lokalizowaniem - nie ma problemów związanych z obecnością elementów wielowjściowych, pętli sprzężeń zwrotnych czy też obecnością uszkodzeń wielokrotnych.

Aktualny poziom algorytmizacji rozwiązań zadań diagnostycznych zabezpiecza potrzeby analiz obiektów o praktycznie nieograniczonej liczebności elementów. Dla potrzeb opracowanych i stale modernizowanych programów komputerowych, wystarczają w charakterze danych wejściowych jedynie numery elementów oraz numery ich bezpośrednich następników. Danymi wyjściowymi są natomiast pełne programy diagnozowa-

nia oraz wszelkie dane odnoszące się do struktury obiektu: - liczebności i składu jego cykli, warstw i pasm.

4. LITERATURA

1. Jacek M. DUDZIŃSKI, Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ, Paweł SZCZEPAŃSKI - Hierarchiczne diagnozowanie obiektów z uszkodzeniami mnogimi. Biuletyn WAT nr 11/1991 (str. 39÷54)
2. Jacek M. DUDZIŃSKI, Jerzy R. MŁOKOSIEWICZ, Paweł SZCZEPAŃSKI - Kontrola zdadności w obiektach z uszkodzeniami mnogimi. - Biuletyn WAT nr 11/1991 (str. 55-64)
3. Paweł SZCZEPAŃSKI - Minimalizacja zbioru sprawdzeń metodą pionów jedynekowych. Biuletyn WAT. nr 1-2/1995. Warszawa, 1995.
4. Paweł SZCZEPAŃSKI - Wielotorowość w warunkowym programie diagnozowania złożonego obiektu technicznego. Biuletyn WAT. nr 2/1997. Warszawa, 1997.
5. Grzegorz SAWICKI, Paweł SZCZEPAŃSKI - Koszt diagnozowania pewnej klasy obiektów technicznych; Zagadnienia Eksploatacji Maszyn 3(119) str (127- 136) Warszawa 1999r
6. Paweł SZCZEPAŃSKI – Określanie i zastosowanie prawdopodobieństw występowania rozróżnialnych stanów wadliwego funkcjonowania obiektu. Biuletyn WAT. nr 8/2001.(str. 25-40)
7. Paweł SZCZEPAŃSKI - Funkcjonalna struktura niezawodnościowa obiektu na przykładzie diagnozowania szeregowo połączonych elementów, Diagnostyka, nr 28/2003. (str. 53-62)
8. Paweł SZCZEPAŃSKI – Diagnozowanie bez wstępnej informacji o stanie technicznym obiektu,. Biuletyn WAT. nr 1/2005. (str. 17-27)
9. Paweł SZCZEPAŃSKI - O wielokrokowości procesu diagnozowania złożonego obiektu technicznego. IX Konferencja Naukowo - Techniczna nt.: Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów. BYDGOSZCZ wrzesień '94.
10. Zbigniew KOWALKOWSKI, Paweł SZCZEPAŃSKI - Diagnozowanie systemów pokładowych na przykładzie samolotu MIG 29. IX Konferencja Naukowo - Techniczna nt.: Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów. BYDGOSZCZ wrzesień '94.
11. Paweł SZCZEPAŃSKI - Liczebność zbioru rozróżnialnych stanów obiektu. Kongres Diagnostyki Technicznej KDT'96, GDAŃSK wrzesień '96.
12. Paweł SZCZEPAŃSKI: The meaning of probability of occurrence of differentiated and reliabilited of obiects; II International Congress of Technical Diagnostics; Diagnostyka 2000 str(229-230) + CD; Warsaw, Poland 19-22 September 2000.
13. Konrad FEDYNA, Paweł SZCZEPAŃSKI - Stanowisko komputerowej analizy i syntezy diagnostycznej złożonego obiektu technicznego. VII Krajowe Sympozjum Eksploatacji Urządzeń Technicznych. Problemy Eksploatacji 6/93. Diagnostyka. RADOM-KOZUBNIK 1993.
14. Paweł SZCZEPAŃSKI - Nie dzielmy diagnozowania na rozpoznanie i lokalizowanie niezdatności, Diagnostyka (materiały III Międzynarodowego Kongresu Diagnostyki technicznej, Diagnostyka 2004), nr 30/2004. (str. 117-121)

15. Paweł SZCZEPAŃSKI – Krytycznie o wzorze Bayesa w diagnostyce obiektów technicznych. Konferencja Naukowo – Techniczna AUTOMATION'2005 nt.: Automatyzacja – nowości i perspektywy. WARSZAWA 6-8 kwietnia 2005. (str. 179-186)