

DIAGNOZOWANIE UKŁADU ELEKTRONICZNEGO METODĄ TABLICOWĄ

Streszczenie: W pracy zaprezentowano założenia i koncepcję metody tablicowej w diagnozowaniu układu elektronicznego. Zwrócono także uwagę na istniejące problemy wykorzystania tej metody w diagnozowaniu tego typu obiektów.

THE TABLES METHOD IN DIAGNOSTIC OF ELEKTRONIC SCHEME

Abstract: Assumptions and the idea of tables method in diagnostic of electronic scheme were presented in this paper. Took into consideration on existing problems with use this method in diagnostic this type of objects.

1. WSTĘP

Metody diagnozowania układów elektronicznych zależnie od dostępnego opisu relacji diagnostycznych można podzielić na [3]:

- metody tablicowe;
- metody identyfikacyjne;
- metody weryfikacyjne;
- metody optymalizacyjne;
- metody topologiczne.

Wśród tych metod na uwagę zasługuje rodzina metod tablicowych. Z pozoru mało skomplikowana, posługująca się neutralnym zapisem relacji, została zapomniana ze względu na skromne możliwości sprzętu komputerowego, bez którego można ją stosować tylko w bardzo wąskim zakresie, ze względu na konieczność operowania dużymi zbiorami wielkości diagnostycznych.

Aktualnie rozwój sprzętu i oprogramowania komputerowego, a w szczególności wzrost prędkości przetwarzania informacji, dostępność pamięci masowych (HDD) o bardzo dużej pojemności i szybkim dostępie, spowodował możliwość renesansu tej grupy metod.

W **metodach tablicowych** przed badaniem diagnostycznym tworzone są tablice stanów obiektu, w których zapisywane są zbiory wartości wielkości diagnostycznych przyporządkowane jednoznacznie stanom technicznym obiektu. Po przeprowadzeniu badania diagnostycznego, w czasie wnioskowania diagnostycznego, wyniki badań porównywane są z wzorcami zgromadzonymi w tablicach stanów. Proces przeglądania tablic kontynuuje się do chwili uzyskania zgodności wyniku badania z wzorcem stanu, który identyfikuje stan obiektu.

Tablicę stanów obiektu tworzy się na etapie opracowywania metody lub nawet projektowania układu, drogą symulacji przewidywanych niezdatności. Symuluje się kolejne niezdatności na modelu układu, dokonuje się analizy zbioru wartości wielkości diagnostycznych tak zmienionego modelu, a wynik analizy wprowadza się do tablicy stanów obiektu.

Na etapie testowania istotnym problemem jest sposób przeglądania tablicy stanów obiektu, projektowanej pod kątem minimalnego czasu dotarcia do rozwiązania. Tablice organizuje się m.in. w taki sposób, aby przeglądanie można było rozpoczynać od uszkodzeń najbardziej prawdopodobnych.

Inny problem związany z omawianą metodą wynika z faktu obciążenia danych pomiarowych błędami, co implikuje potrzebę poszukiwania w tablicy stanów obiektu wartości wielkości diagnostycznej najbardziej zbliżonej do wyników pomiaru, a nie idealnie z nim zbieżnej.

Jedną z istotnych zalet metod tablicowych jest ich przydatność zarówno w diagnostyce układów liniowych, jak i nieliniowych. Metody te nadają się bardzo dobrze do lokalizacji pojedynczych uszkodzeń katastroficznych. Są mało użyteczne w przypadkach mnogich uszkodzeń katastroficznych z powodu nierealistycznie dużej objętości słownika, który musi uwzględniać wszystkie możliwe kombinacje uszkodzeń. Natomiast mają one ograniczone zastosowanie w diagnostyce uszkodzeń parametrycznych.

Metody tablicowe charakteryzują się prostotą i dużą uniwersalnością (w sensie przydatności do diagnozowania obiektów liniowych i nieliniowych, diagnozowania on-line i off-line). Istnieją sposoby wyeliminowania ich najpoważniejszych wad, takich jak:

- nieprzydatność w diagnozowaniu obiektów z niezdatnościami parametrycznymi;
- małą przydatność do lokalizowania uszkodzeń mnogich.

Usunięcie pierwszej z tych wad będzie możliwe w przypadku zastosowania metod rozpoznawania obrazów, które w ostatnich latach uległy znacznemu rozwojowi. Druga wada zostanie wyeliminowana poprzez zastosowanie w procesie diagnozowania współczesnej techniki komputerowej pozwalającej na wyliczanie wielowymiarowych tablic stanów i zapewniającej szybkie ich przeszukiwanie.

2. ANALIZA STRUKTURY OBIEKTU

Pierwszym etapem opracowania diagnostycznego obiektu jest zdefiniowanie jego stanów technicznych, których identyfikacja i aktualna ocena, z uwzględnieniem oddziaływań otoczenia, jest celem diagnozowania. Stan obiektu determinuje struktura obiektu i można go zapisać za pomocą zbioru wartości wielkości charakteryzujących strukturę

$$U = \{u_t\}; t = \overline{1, T} \quad (2.1)$$

gdzie: u_t - wielkość opisująca strukturę.

Struktura obiektu to zbiór tworzących go elementów konstrukcyjnych uporządkowanych i wzajemnie powiązanych w ściśle określony sposób, w celu wypełniania założonych funkcji, nazywanych funkcjami celu obiektu. Elementy struktury obiektu bezpośrednio uczestniczące w przemianie energii nazywamy **elementami funkcjonalnymi**, w odróżnieniu od elementów bazowych, które ustalają rozmieszczenie elementów funkcjonalnych, oraz elementów wspomagających funkcjonowanie obiektu. Te pozostałe elementy również mogą być pierwotną przyczyną zmiany stanu obiektu, ale wywołują ją tylko poprzez naruszenie stanu elementów funkcjonalnych lub połączeń między nimi. Z tego względu w dalszych rozważaniach rozpatrywane będą tylko elementy funkcjonalne.

Elementy funkcjonalne, które rozpatrywane są jako niepodzielne części danego obiektu są nazywane **elementami podstawowymi**, a ich zbiór oznaczono

$$E = \{e_j\}; j = \overline{1, J} \quad (2.2)$$

gdzie: e_j - j-ty element podstawowy obiektu.

Każda wielkość u_i opisująca strukturę obiektu jest jednoznacznie przyporządkowana konkretnemu elementowi podstawowemu, zatem stan obiektu wyznaczają stany jego elementów podstawowych.

Stan techniczny elementu podstawowego e_j oznaczono przez $\varepsilon_j(\mu^n)$, przy czym indeks μ wyróżnia poszczególne stany danego elementu. Wszystkie stany techniczne elementu e_j tworzą zbiór

$$E_j^n = \{\varepsilon_j(\mu^n)\}; \quad u = \overline{1, U_j} \quad (2.3)$$

gdzie: E_j^n - jest u -tym stanem technicznym j -tego elementu.

3. TABLICA STANÓW TECHNICZNYCH OBIEKTU

Przyjmując, że wielkości opisujące dany element nie zależą od wielkości opisujących dowolny inny element, można stwierdzić, że wektor stanów elementów podstawowych obiektu wyznacza jego stan techniczny [1, 2]:

$$\mu^n = [\varepsilon_1(\mu^n), \varepsilon_2(\mu^n), \dots, \varepsilon_J(\mu^n)] = [\varepsilon_j(\mu^n)]_J \quad (3.1)$$

gdzie: $\varepsilon_j(\mu^n)$ - stan elementu e_j w stanie obiektu μ^n ;

J - liczba elementów podstawowych w obiekcie;

n - numer stanu technicznego obiektu, $n = \overline{1, N}$.

Zbiór wszystkich N stanów technicznych obiektu wyznacza macierz

$$M = \begin{bmatrix} \varepsilon_1(\mu^1) & \varepsilon_2(\mu^1) & \dots & \varepsilon_J(\mu^1) \\ \varepsilon_1(\mu^2) & \varepsilon_2(\mu^2) & \dots & \varepsilon_J(\mu^2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \varepsilon_1(\mu^N) & \varepsilon_2(\mu^N) & \dots & \varepsilon_J(\mu^N) \end{bmatrix} = [\varepsilon_j(\mu^n)]_{J \times N} \quad (3.2)$$

Zbiór stanów technicznych opisanych macierzą M można zestawzić w postaci tablicy stanów (tabela 3.1).

Tabela 3.1. Tablica stanów obiektu.

STANY OBIEKTU	STANY ELEMENTÓW			
	e_1	e_2	...	e_J
μ^1	$\varepsilon_1(\mu^1)$	$\varepsilon_2(\mu^1)$...	$\varepsilon_J(\mu^1)$
μ^2	$\varepsilon_1(\mu^2)$	$\varepsilon_2(\mu^2)$...	$\varepsilon_J(\mu^2)$
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
μ^N	$\varepsilon_1(\mu^N)$	$\varepsilon_2(\mu^N)$...	$\varepsilon_J(\mu^N)$

Każdy wyróżniony stan techniczny μ^n jest obszarem w przestrzeni U . Natomiast chwilowy stan fizyczny obiektu $v(t)$ jest punktem, który zmienia swoje położenie pod wpływem oddziaływań zewnętrznych otoczenia i procesów zachodzących w elementach obiektu.

Obszary poszczególnych stanów technicznych μ^n są rozłączne, a zmianę obszaru przez punkt $v(t)$ nazywamy przejściem ze stanu do stanu.

Istotne rozróżnienie dotyczy stanów zdatności i stanów niezdatności obiektu. Przy czym stanom niezdatności różnych elementów podstawowych odpowiadają różne obszary. Przejście obiektu ze stanu zdatności do stanu niezdatności nazywamy uszkodzeniem. Jeżeli możliwe jest przesłedzenie trajektorii punktu $v(t)$ w czasie procesu uszkodzania się to uszkodzenie to będzie nazywane uszkodzeniem degradacyjnym. Natomiast, gdy trajektorii takiej nie można wyznaczyć, tzn. gdy nastąpiła skokowa zmiana obszaru, uszkodzenie to będzie nazywane katastroficznym. Rozróżnienie to jest niezbyt dokładne i zależy od środków, którymi dysponuje diagnosta.

Stan techniczny obiektu w chwili t będzie znany, jeżeli znany będzie obszar, w którym znajduje się punkt $v(t)$. Oznacza to, że znane będą wszystkie współrzędne tego punktu. W rzeczywistych obiektach bezpośredni pomiar wielkości u_i charakteryzujących strukturę, czyli współrzędne punktu $v(t)$ w przestrzeni U , najczęściej nie jest możliwy lub bardzo trudny. Zadanie wyznaczenia stanu technicznego obiektu można rozwiązać odwzorowując przestrzeń stanów obiektu U na inną przestrzeń, w której wykonanie pomiarów jest możliwe. Przestrzeń tę oznaczono przez D i nazwano **przestrzenią diagnostyczną**, a jej współrzędne **wielkościami diagnostycznymi**.

4. ZBIÓR DOSTĘPNYCH WIELKOŚCI DIAGNOSTYCZNYCH

Wielkościami diagnostycznymi mogą być wielkości opisujące procesy zachodzące w obiekcie i tworzące **zbiór dostępnych wielkości diagnostycznych D^{**}** . Wielkości te różnią się między sobą:

- charakterem metrologicznym;
- wrażliwością na zmiany stanu obiektu;
- oczekiwanym kosztem (czasem) ich badania;
- ilością zawartej w nich informacji diagnostycznej.

Zbiór dostępnych wielkości diagnostycznych w zasadzie wyznacza się intuicyjnie, metodą prób i błędów, wykorzystując posiadaną informację o obiekcie, mając przy tym na uwadze możliwości pomiarowe. Nie ma sformalizowanych metod wyboru tych wielkości, można natomiast podać ogólne reguły postępowania znacznie ten wybór ułatwiających. Reguły te wykorzystują wymienione różnice między wielkościami.

Kolejnym etapem wyznaczania zbioru wielkości diagnostycznych jest wybranie **pierwotnego zbioru wielkości diagnostycznych**

$$D^* = \{d_i\}; i = \overline{1, I^*} \quad (4.1)$$

gdzie: d_i - i -ta wielkość diagnostyczna;

I^* - liczba wielkości diagnostycznych w zbiorze pierwotnym.

Dysponując wyznaczonym zbiorem stanów technicznych obiektu M i pierwotnym zbiorem wielkości diagnostycznych D^* (4.1) należy przystąpić do tworzenia bazy informacyjnej. Baza informacyjna jest formą zapisu posiadanej informacji o stanach technicznych obiektu diagnozowania.

Można wyróżnić kilka etapów procesu generowania bazy informacyjnej, z których najważniejsze znaczenie posiada eksperyment diagnostyczny. Aby zapewnić późniejszą wiarygodność diagnozy, eksperyment diagnostyczny powinien być przeprowadzony z zachowaniem określonych reguł. Są one określane przez teorię planowania eksperymentów.

Wielkością diagnostyczną, nazywa się właściwość obiektu diagnozowania, której wartość stanowi informację diagnostyczną, będzie ona oznaczona symbolem d_i [2].

W wyniku pomiaru i -tej wielkości diagnostycznej wyznaczona zostaje jej wartość nazywana symptomem i oznaczana s_i . Zbiór możliwych wartości danej wielkości diagnostycznej tworzy dziedzinę D_i .

Para (d_i, s_i) , gdzie d_i jest wielkością diagnostyczną, $s_i \in D_i$ zaś jest wartością wielkości diagnostycznej d_i należąca do jego dziedziny, będzie nazywana deskryptorem. Zbiór symptomów wszystkich wielkości diagnostycznych danego stanu technicznego μ^n stanowi informację o tym stanie, którą oznaczono ρ_n . Funkcja ta może mieć postać

$$\rho_n = \begin{array}{c|c|c|c} d_1 & d_i & \dots & d_i \\ \hline s_1(\mu^n) & s_2(\mu^n) & \dots & s_{i^*}(\mu^n) \end{array} \quad (4.2)$$

Informacja ρ_n (4.2) o stanie technicznym obiektu wyznacza zbiór nazywany opisem stanu.

Wartością informacji ρ_n o stanie technicznym μ^n obiektu diagnozowania jest wektor symptomów będący obrazem jednego ze stanów fizycznych v należących do klasy stanu μ^n . Interpretacja taka pozwala na przedstawienie macierzy diagnostycznej (3.2) w formie tablicy diagnostycznej (tablica 4.1).

Tablica 4.1. Tablica diagnostyczna.

Stan fizyczny obektu	Wielkości diagnostyczne			
	d_1	d_2	...	d_{i^*}
v_1	s_{11}	s_{12}	...	s_{1i^*}
v_2	s_{21}	s_{22}	...	s_{2i^*}
\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
v_Q	s_{Q1}	s_{Q2}	...	s_{Qi^*}

Zbiór stanów fizycznych v_q opisanych wektorami symptomów oznaczono

$$W = \{v_q\}; q = \overline{1, Q} \quad (4.3)$$

gdzie: v_q - q -ty stan fizyczny obiektu.

W zbiorze W można wyróżnić podzbiory przyporządkowane stanom technicznym obiektu. Podzbiór przyporządkowany n -temu stanowi technicznemu oraz należące do niego stany fizyczne będą oznaczone indeksem n .

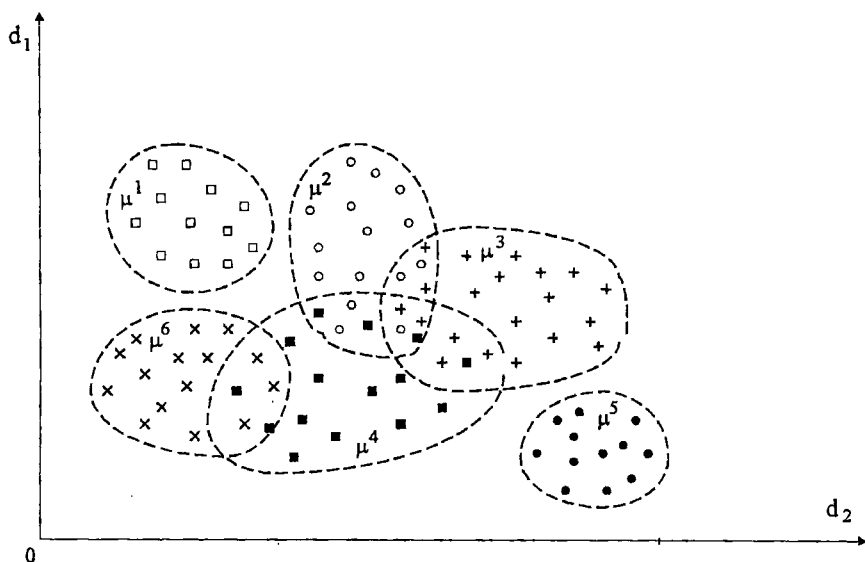
$$N^n = \{v_q^n : (v_q \in W) \wedge (v_q \mapsto \mu^n)\} \quad (4.4)$$

gdzie: \mapsto - oznacza relację przyporządkowania;

N^n - podzbiór przyporządkowany stanowi μ^n ;

v_q^n - q -ty stan fizyczny należący do N^n .

Stany fizyczne należące do danego podzbioru N^n są opisane wektorami przedstawianymi jako punkty z określonych obszarów przestrzeni diagnostycznej D^* . Obszary mogą mieć różne kształty, wymiary, granice i strukturę. Mogą one być rozłączne, jak też przenikać się w mniejszym lub większym stopniu (rys.4.1).



Rys.4.1. Obszary dla $N=6$ stanów technicznych w przestrzeni diagnostycznej $D^* \equiv R^2$ (przykład)

5. PODSUMOWANIE

Przy obecnym poziomie zaawansowania techniki komputerowej zastosowanie metody tablicowej do diagnozowania układów elektronicznych ma swoje uzasadnienie w tym, że jest to prosty i przejrzysty sposób określania stanu technicznego w jakim znajduje się badany obiekt. Metoda ta doskonale nadaje się do diagnozowania układów, w których występują uszkodzenia katastroficzne lecz nie wyklucza się także możliwości diagnozowania uszkodzeń parametrycznych. Zależy to jednak od dobrej znajomości struktury obiektu, która uwzględniała będzie wzajemne oddziaływanie elementów składowych, a także występowanie najbardziej prawdopodobnych niezdatności poszczególnych elementów, co pozwoli na szybką diagnozę i zastosowanie prostych reguł wnioskowania diagnostycznego, których istnienie jest niezbędne do wypracowania poprawnej diagnozy.

Jednym z najważniejszych etapów diagnozowania obiektu metodą tablicową jest wypracowanie odpowiednich algorytmów reguł decyzyjnych, które pozwolą na podjęcie najbardziej prawdopodobnej diagnozy z wykorzystaniem istniejącej bazy informacyjnej.

LITERATURA

1. Młokosiewicz J.R., *Metoda wielopoziomowego badania stanu obiektów technicznych i synteza systemu diagnostycznego*. WAT. Warszawa 1987r.
2. Tomkiewicz K., *Tablicowa metoda diagnozowania analogowych obiektów technicznych na przykładzie urządzenia mechanicznego - Rozprawa doktorska*. WAT. Warszawa 1993r.
3. Królikowski A., Zielonko R., *Metody pomiarowo - diagnostyczne analogowych układów elektronicznych*. WNT Warszawa 1988r.