

Andrzej SOWA

SYSTEM KODOWANIA WYBRANYCH NIEZDATNOŚCI UKŁADU PNEUMATYCZNEGO HAMULCA POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. Praca dotyczy diagnostyki technicznej układu pneumatycznego hamulca pojazdów szynowych. Przedstawia metodę określania programów badań diagnostycznych obiektu, umożliwiającą ocenę poprawności funkcjonowania oraz lokalizację niezdatności. Jest to możliwe przy szerokim zastosowaniu trójwartościowych funkcji logicznych.

SYSTEM FOR CODING OF SELECTED DISABILITIES OF RAIL VEHICLE PNEUMATIC BRAKE SYSTEM

Summary. The paper deals with rail vehicle pneumatic brake system technical diagnostic and presents a method of determination of the object diagnostic test programs. They enable valuation of operation correctness as well as fault location. That is possible by application of three-value logical function in wide range.

1. WPROWADZENIE

Znana z literatury macierzowa metoda (metoda macierzy Boole'a [1]) określania zbiorów sprawdzeń niezbędnych dla oceny poprawności działania obiektu diagnozowanego i lokalizacji niezdatności, w przypadku niektórych obiektów nie daje oczekiwanych rezultatów. W metodzie tej podstawą jest binarność oceny parametrów diagnostycznych, jak również stanu technicznego poszczególnych elementów obiektu oraz rozróżnialności par stanów (binarne funkcje oceny). Jest to przyczyną poważnych trudności z lokalizacją niezdatności w układach pneumatycznych, hydraulicznych, a nawet elektrycznych. Trudności te dotyczą więc także układu pneumatycznego hamulca pojazdów szynowych. Mogą one być jednak usunięte jeśli w metodzie zastosujemy trójwartościowe funkcje oceny.

2. KLASYFIKACJA STANÓW TECHNICZNYCH ELEMENTU OBIEKTU

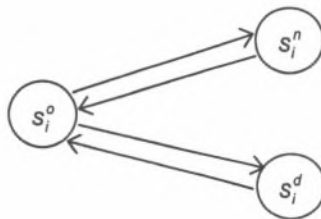
Podstawowym założeniem metody macierzy Boole'a jest to, że każdy element obiektu diagnozowanego może się znajdować w jednym z dwu stanów, tj.: zdatności lub niezdatności. W przypadku układów pneumatycznych oprócz stanu zdatności wyróżnić można dwa stany niezdatności na podstawie dodatkowego kryterium klasyfikacji, którym jest rodzaj niezdatności [4]. Zbiór stanów S_i każdego i -tego elementu układu pneumatycznego będzie zawierał wtedy:

- stan zdatności - s_i^o ,
- stan niezdatności z powodu nieszczelności elementu - s_i^n ,
- stan niezdatności elementu, który wynika z dławienia przepływu powietrza - s_i^d ,

czyli:

$$S_i = \{s_i^o, s_i^n, s_i^d\} \quad (1)$$

Graf przejść pomiędzy stanami elementu przedstawia rys.1. W eksploatacji możliwe jest przejście ze stanu zdatności do jednego z dwu stanów niezdatności. Powrót do stanu zdatności następuje po wykonaniu odpowiednich czynności obsługowych (naprawy).



Rys. 1. Graf przejść dla zbioru stanów elementu układu pneumatycznego hamulca pojazdów szynowych
Fig. 1. Set technical states graph-scheme for element of rail vehicles pneumatic brake system

Dla układu pneumatycznego, w którym wyróżniono k – elementów, licznosc (I_{SU_p}) podstawowego zbioru stanów, zawierającego stan zdatności S_o i stany niezdatności S_i^r , określić można następująco:

$$I_{SU_p} = 2 \times k + 1 \quad (2)$$

Stan S_i^r układu odpowiada takiej sytuacji, gdy występuje jeden rodzaj niezdatności „ r ”, jednego elementu „ i ”. Elementy podstawowego zbioru stanów:

$$SU_p = \{S_o, S_i^n, S_i^d, \dots, S_k^n, S_k^d\}, \quad (3)$$

stanowią opis wierszy tabeli prawdy dla obiektu poddanego analizie.

3. FUNKCJA OCENY PARAMETRÓW DIAGNOSTYCZNYCH

Przejście ze stanu zdatności do każdego ze stanów niezdatności układu pneumatycznego nie pozostaje bez wpływu na wartości parametrów diagnostycznych, którymi mogą być w tym przypadku:

- ciśnienie - y_{jc} ,
- natężenie przepływu powietrza - y_{jn} .

Wartości zmierzone tych parametrów należy poddać trójwartościowej ocenie wykorzystując funkcję charakterystyczną $\Phi_3(y_i)$ następującej postaci:

$$z_j^3 = \Phi_3(y_j) = \begin{cases} 2, & \text{gdy } y_j < (y_j)_{\min} \\ 1, & \text{gdy } (y_j)_{\min} \leq y_j \leq (y_j)_{\max} \\ 0, & \text{gdy } y_j > (y_j)_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie: z_j^3 - wartość logiczna przypisana zmierzonej wartości parametru diagnostycznego,

$(y_j)_{\min}$, $(y_j)_{\max}$ - wartości graniczne parametru diagnostycznego.

Wartości logiczne uzyskane na podstawie funkcji (4) stanowią wypełnienie tabeli prawdy, a opisem jej kolumn jest $z_j^3(y_j)$. Przyjęcie tego rodzaju oceny parametrów diagnostycznych zwiększa liczbę wariacji z powtórzeniami l_{w_p} , jakie mogą być utworzone z wartości logicznych przypisanych tym parametrom. Wynika to z zależności [3]:

$$l_{w_p} = p^k, \quad (5)$$

gdzie: p - liczba wartości logicznych, które mogą być przypisane każdemu parametrowi diagnostycznemu,

k - ilość parametrów.

Z zależności tej wynika, że w miarę zwiększania ilości elementów w obiekcie, w sposób gwałtowny rośnie różnica pomiędzy liczbą wariacji przy binarnej ($l_{w_2} = 2^k$) i trójwartościowej ($l_{w_3} = 3^k$) ocenie parametrów diagnostycznych.

4. FUNKCJE OCENY ROZRÓZNIALNOŚCI STANÓW MACIERZY TESTU POPRAWNOŚCI

Test poprawności jest sformalizowanym działaniem obejmującym sprawdzenie określonych parametrów układu, na podstawie którego można udzielić odpowiedzi na pytanie - czy obiekt pracuje poprawnie, czy nie. Aby wyróżnić minimalny zbiór sprawdzeń testu popraw-

ności, niezbędne jest określenie funkcji oceny rozróżnialności stanu zdatności S_o od dowolnego stanu niezdatności S_k . Może to być znana z metody macierzy Boole'a funkcja postaci [1]:

$$z_o = \Phi_2(S_o, S_k) = \begin{cases} 1, & \text{gdy } z(y_j, S_o) = 1 \wedge z(y_j, S_k) \neq 1 \\ 0, & \text{gdy } z(y_j, S_o) = z(y_j, S_k) \end{cases}, \quad (6)$$

gdzie: z_o - zmienna logiczna oceny rozróżnialności stanów zdatności i niezdatności,

$z(y_j, S_o)$ - zmienna logiczna oceny parametru y_j w stanie zdatności S_o ,

$z(y_j, S_k)$ - zmienna logiczna oceny parametru y_j w stanie niezdatności S_k .

Funkcja ta przyjmuje wartość logiczną 0, gdy nie można rozróżnić stanów zdatności i niezdatności na podstawie oceny wartości parametru y_j , a w przeciwnym przypadku. Ponieważ zmienne $z(y_j, S_o)$ i $z(y_j, S_k)$, zgodnie z (4), mogą przyjmować jedną z trzech wartości logicznych $\{0, 1, 2\}$, to funkcji (6) odpowiada inna operacja dwuargumentowa niż suma modulo 2. Odpowiednią dla niej jest operacja zdefiniowana w [2].

Jeśli przyjmiemy dla uproszczenia zapisu, że:

$$\begin{cases} z(y_j, S_o) = a \\ z(y_j, S_k) = b \end{cases}, \quad (7)$$

to postać tej operacji jest następująca:

$$z_o = a \nabla b = [(a \wedge b) + a + b] \bmod 3 \quad (8)$$

Dwuargumentowa operacja $a \nabla b$ jest działaniem przemienne. Wszystkie wartości logiczne, jakie można z jej pośrednictwem uzyskać, przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Wartości logiczne dwuargumentowej operacji $a \nabla b$

a	0	0	0	1	1	1	2	2	2
b	0	1	2	0	1	2	0	1	2
$a \nabla b$	0	1	2	1	0	1	2	1	0

Tabela 1 zawiera takie zestawienia par argumentów (a, b) , które w funkcji (6) nie występują. Mają one jednak istotne znaczenie dla określenia zbioru sprawdzeń testu lokalizującego.

Na podstawie tabeli prawdy sporządzonej dla analizowanego obiektu utworzyć można macierz testu poprawności posługując się funkcją (6) lub wzorem (8). Poddając tę macierz anali-

zie wg znanej z [1] metodyki, uzyskuje się zbiór minimalny parametrów, których sprawdzenie jest niezbędne dla oceny poprawności pracy obiektu.

5. FUNKCJA OCENY ROZRÓŻNIALNOŚCI STANÓW MACIERZY TESTU LOKALIZUJĄCEGO

Test lokalizujący jest następnym w kolejności wykonywanym działaniem, polegającym na sprawdzeniu takich parametrów układu, których ocena pozwala na wskazanie niezdatnego elementu układu. Aby wyróżnić minimalny zbiór sprawdzeń testu lokalizującego, należy określić funkcję oceny rozróżnialności par stanów niezdatności (S_k, S_l) .

Jeśli dla uproszczenia zapisu przyjmiemy, że:

$$\begin{aligned} z(y_j, S_k) &= b \\ z(y_j, S_l) &= c \end{aligned} \quad (9)$$

gdzie: $k \neq l$,

$z(y_j, S_k)$ - jak w (6) i (7),

$z(y_j, S_l)$ - zmienna logiczna oceny parametru y_j w stanie niezdatności S_l ,

to funkcja charakterystyczna służąca do tego celu będzie mieć następującą postać:

$$z_k^3 = \Phi_3(S_k, S_l) = \begin{cases} 2, & \text{gdy } b = c \\ 1, & \text{gdy } b = 1 \text{ i } c = 0 \vee 2 \\ 0, & \text{gdy } b = 0 \wedge c = 2 \end{cases} \quad (10)$$

przy czym: z_k^3 - zmienna logiczna oceny rozróżnialności stanów niezdatności (S_k, S_l) .

Funkcja ta przyjmuje wartość logiczną 0, gdy nie można rozróżnić stanów niezdatności S_k, S_l na podstawie oceny parametru y_j . Wartość logiczną 1 uzyskuje się, gdy parametr y_j dla stanu S_k jest w normie, a dla stanu S_l przekracza jedną z dwu wartości granicznych. Funkcja przyjmuje wartość logiczną 2 w pozostałych przypadkach, czyli wtedy, gdy dla stanów S_k i S_l parametr y_j przekracza odpowiednio dolną i górną wartość graniczną.

Funkcji charakterystycznej (10) odpowiada dwuargumentowa operacja $b \nabla c$:

$$z_k^3 = b \nabla c = \left[(b \wedge c) + b + c \right] \text{ mod } 3 \quad (11)$$

Operacja $b \nabla c$ jest działaniem przemienne, ponieważ istnieje dowolność przypisania jak w (9).

Wykorzystując tabelę prawdy oraz funkcję (10) lub wzór (11) określić można macierz testu lokalizującego. Poddanie tej macierzy analizie wg metodyki zawartej w [1] pozwala na wybranie zbioru parametrów, których sprawdzenie umożliwi wytypowanie niezdatnego elementu obiektu i określenie rodzaju tej niezdatności.

6. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiony w niniejszym artykule system kodowania niezdatności oparty na trójwartościowych funkcjach ocenowych został wykorzystany w [3] do określenia zbiorów sprawdzeń niezbędnych dla oceny poprawności funkcjonowania i lokalizacji niezdatności w części układu pneumatycznego hamulca wagonu osobowego. System ten pozwala na łatwe wykorzystanie metodyki określania programów badań diagnostycznych (zbiorów sprawdzeń) z binarną oceną parametrów, w sytuacji, gdy parametry te należy oceniać trójwartościowo.

Literatura

1. Hebda M., Niziński S., Pelc H.: Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKŁ, Warszawa 1980.
2. Sowa A.: Trójwartościowe funkcje logiczne w diagnostyce technicznej. Modelowanie matematyczne w transporcie. Monografia 47, t II. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1986.
3. Sowa A.: Koncepcja modelu logicznego układu pneumatycznego hamulca pojazdów szynowych. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1990.
4. Sowa A.: System klasyfikacji stanów technicznych w diagnostyce technicznej pojazdów. Międzynarodowa Konferencja „Jakość, bezpieczeństwo i ekologia w pojazdach”. Kraków 1999.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Wilk
Profesor Politechniki Śląskiej

Abstract

The paper deals with the problem of designing of the rail vehicle pneumatic brake system diagnostic test programs. The test programs should make both valuation of operational correctness and fault location in diagnosed object possible. That needs a wide range application of three-value logic functions enabling valuation of both operational correctness and differentiation of technical states. It is necessary to distinguish two states of non-operation caused by either leakage or air flow throttling for each element of the pneumatic brake system as well. The shape of three-value logical functions and manner of their application have been presented and discussed.