

## **Próba zastosowania wybranych testów diagnostycznych do oceny stanu technicznego systemu siłowni okrętowej**

Chybowski Leszek<sup>1</sup>

*Na przykładzie systemu zasilania paliwem silnika napędu głównego jednego ze statków PŻM serii B-584 przeprowadzono analizę jakości i ilości punktów pomiarowych oraz możliwości praktycznego wykorzystania wybranych testów diagnostycznych w lokalizacji uszkodzeń. Zaproponowano zmiany w lokalizacji punktów pomiarowo-kontrolnych w tym systemie, dzięki którym możliwa byłaby dokładniejsza ocena jego stanu technicznego.*

### **1. Wprowadzenie**

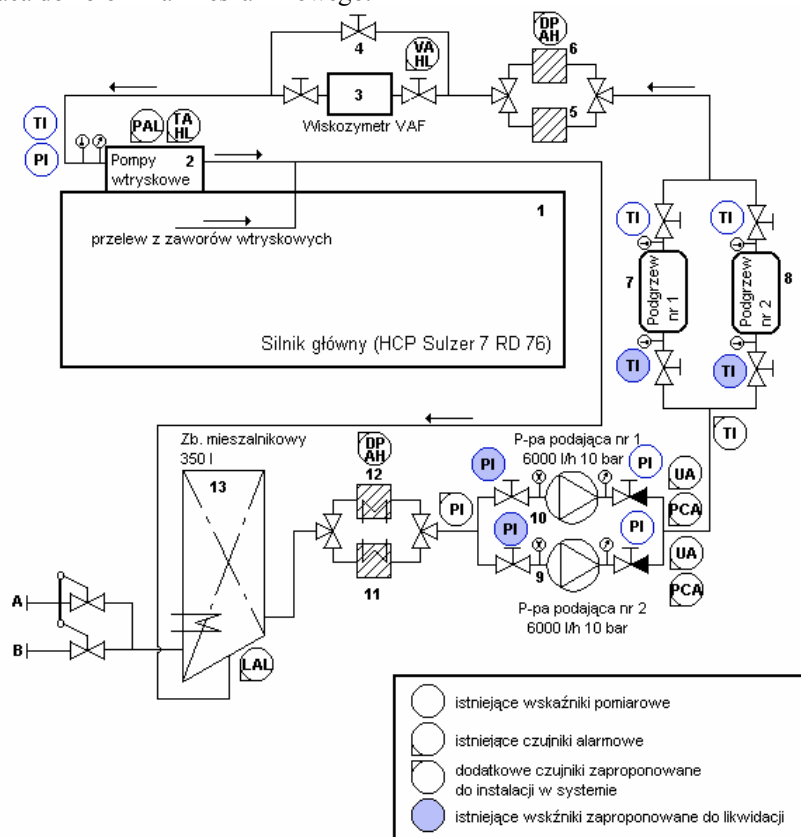
Niezawodność siłowni okrętowej, jej systemów oraz elementów funkcjonalnych jest jedną z podstawowych cech mających na celu zapewnienie statkowi będącemu w eksploatacji możliwości spełnienia jego podstawowych zadań, jakimi są transport towarów oraz ludzi. Analiza stanu technicznego maszyn i urządzeń siłowni pozwala na wyodrębnienie najbardziej zawodnych elementów oraz implikuje stosowanie różnego typu metod, mających na celu zmniejszenie awaryjności, na etapie konstruowania i budowy nowych jednostek pływających, zmiany konstrukcyjne w budowie istniejących rozwiązań oraz zmiany procedur eksploatacyjnych. Pojęcie niezawodności jest ściśle powiązane z pojęciami takimi jak pewność działania, jakość, trwałość, zdatność, obsługiwalność, nieuszkodzalność itp. Teoria niezawodności zajmuje się metodami syntezy, analizy oraz badań własności systemów technicznych, które warunkują ich zdolność do wykonania określonych zadań w określonym czasie. Badania te prowadzi się na etapach projektowania, wytwarzania i eksploatacji [2]. Pomimo, że niezawodność obiektów technicznych pozwala na znalezienie tzw. „słabych ogniw” oraz różnego typu parametrów charakteryzujących obiekty techniczne pod kątem ich niezawodności, to aby uzyskać wartościowe wyniki należy oprzeć się na długotrwałych badaniach modeli lub obiektów rzeczywistych. Tak więc mimo, że wnioski płynące z badań niezawodnościowych mają ogromny wpływ na zmiany konstrukcyjne przyszłych i aktualnych obiektów technicznych, to metodyka tych badań nie spełnia wymagań stawianych bierzącej kontroli stanu technicznego złożonych obiektów technicznych. W związku z czym nadzór i sterowanie systemów technicznych oparte powinno być o metody diagnostyczne.

---

<sup>1</sup> Chybowski Leszek mgr inż. Politechnika Szczecińska, Wydział Mechaniczny, Studium Doktoranckie. Kontakt: tel. 0607 288 978; e-mail: leszek@venture.org.pl

## 2. Charakterystyka obiektu analizy

Analizę przeprowadzono na przykładzie systemu zasilania paliwem silnika głównego (rys. 1) na statku serii B-584 [1, 3], na którym obserwacje były prowadzone podczas pracy siłowni w morzu. W analizie uwzględniono następujące elementy systemu: zbiornik mieszalnikowy (13), filtry zgrubne (11, 12), pompy podające (9, 10), podgrzewacze parowe (7, 8), filtry dokładnego oczyszczania (5, 6), wiskozymetr (3), pompy wtryskowe (2), silnik główny (1). Silnik może być zasilany zarówno olejem napędowym (Marine Diesel Oil) jak też olejem opałowym (Heavy Fuel Oil), rodzaj paliwa zależy od położenia (A, B) zblokowanych zaworów odcinająco-regulacyjnych umieszczonych między odpowiednimi zbiornikami rozchodowymi a zbiornikiem mieszalnikowym. Paliwo jest zasysane przez jedną z pomp podających, ze zbiornika mieszalnikowego przez jeden z filtrów zgrubnych do podgrzewaczy paliwa, jednego z filtrów dokładnego oczyszczania, następnie do równoległego układu wiskozymetru oraz zaworu obejściowego by-pass (4) i ostatecznie na ssanie pomp wtryskowych zasilających silnik główny. Paliwo z przelewów pomp wtryskowych oraz wtryskiwaczy powraca do zbiornika mieszalnikowego.



Rys. 1. Uproszczony schemat systemu zasilania paliwem silnika głównego (opis w tekście)

Na rysunku 1 zaprezentowano także czujniki alarmowe i wskaźniki pomiarowe oraz przedstawiono propozycję dodania nowych czujników przy jednoczesnej likwidacji czujników zainstalowanych w nadmiarze. Zastosowano następujące oznaczenia instrumentów pomiarowo-kontrolnych: PI – wskaźnik ciśnienia, TI – wskaźnik temperatury, DPAH – alarm wysokiej różnicy ciśnień na filtrze, LAL – alarm niskiego poziomu paliwa w zbiorniku, PAL – alarm niskiego ciśnienia paliwa przed silnikiem, PCA – alarm niskiego ciśnienia – start pomp, UA – alarm blokady pompy, VAHL – alarm niskiej i wysokiej lepkości paliwa, TAHL – alarm wysokiej i niskiej temperatury paliwa przed silnikiem.

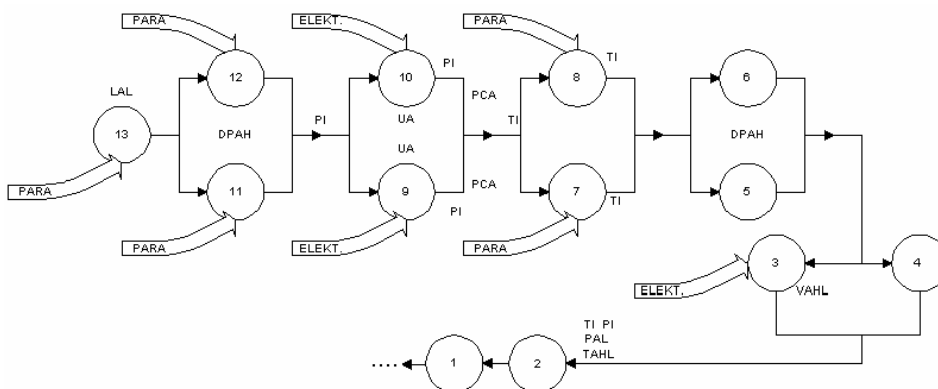
### 3. Przykład zastosowania wybranych testów diagnostycznych w lokalizacji niezdatności w systemie paliwowym

Informacje o stanie w jakim znajduje się obiekt można uzyskać za pomocą sprawdzeń. Wykonanie każdego ze sprawdzeń może dzielić zbiór elementów  $E=\{e_1, e_2, \dots, e_z\}$ , na dwa podzbiory. Podzbiór pierwszy, o którym można powiedzieć, że nie zawiera lub zawiera elementy uszkodzone (odpowiednio pozytywny lub negatywny wynik sprawdzenia) oraz podzbiór drugi, o którym nie można tego powiedzieć. Zbiór  $T_d \subset \Pi$  sprawdzeń, który umożliwia rozróżnienie wszystkich możliwych stanów  $W$ , w których może się znaleźć obiekt diagnozowany nazywa się testem diagnostycznym. Istnieją różne typy testów diagnostycznych, jak np.: metoda kolejnego wyboru sprawdzeń, metoda macierzy Boole'owskich, metoda informacyjna, metoda kontroli grupowej, metoda podziału połówkowego, metody optymalizacyjne itd [4, 5].

Dla podanego wcześniej przykładu (systemu zasilania paliwem silnika głównego), wyznaczono testy kontroli sprawności obiektu i lokalizacyjny uszkodzeń korzystając z metody macierzy Boole'owskich oraz przedstawiono graficzny model diagnostyczny dla metody kolejnego wyboru sprawdzeń. Dla uproszczenia analizy stworzono strukturę funkcjonalną przepływu czynników w systemie zasilania paliwem silnika głównego, którą przedstawiono w postaci grafu (rys. 2). W analizie ujęto elementy najbardziej istotne ze względu na zapewnienie systemowi pełnej funkcjonalności. Z uwagi na to, że siłownia analizowanego statku nie była siłownią zautomatyzowaną, system posiadał tylko niezbędne elementy pomiarowe; były to w większości przyrządy do odczytu bezpośredniego (termometry, manometry, manowakuometry). Na grafie wprowadzono zmiany w lokalizacji i ilości punktów pomiarowych zgodnie z propozycją autora. Oznaczenia elementów systemu paliwowego oraz punktów pomiarowo-kontrolnych zostały zachowane za schematem systemu (rys. 1), oznaczono również dopływy zewnętrznych nośników energii wykorzystywanych w poszczególnych elementach układu.

Dla systemu przedstawionego na rysunku 2, składającego się z elementów  $E=\{e_1, e_2, e_3, \dots, e_{13}\}=\{e_j\}$ ,  $j=1, 2, \dots, 13$  współdziałających ze sobą według schematu funkcjonalnego, stan jest charakteryzowany zbiorem 14 elementów  $W=\{w_0, w_1, \dots, w_{13}\}=\{w_i\}$ ,  $i=0, 1, \dots, 13$ . Przez  $w_0$  oznaczono stan pełnej zdatności systemu paliwowego,  $w_1$  oznacza niezdatność elementu  $e_1$  itd. Zbiór sprawdzeń  $\Pi$  składa się z 13 sprawdzeń, przy czym sprawdzenie  $\pi_j$  oznacza kontrolę parametru wyjściowego z  $j$ -tego elementu. Na podstawie przyjętej struktury funkcjonalnej stworzono tablicę stanów (tabela 1). Poszczególne stany, w których może znaleźć się system wyrażone są za pomocą trzynastocyfrowych liczb binarnych, które obrazują sposób funkcjonowania

diagnozowanego systemu, miejsce zera odpowiada numerowi elementu niezdatnego. W kolumnach rezultatów sprawdzeń  $\pi_j$  wartość 0 dla danego sprawdzenia oznacza, że wartość kontrolowanego parametru przekroczyła wartość dopuszczalną, wystąpienie wartości 1 oznacza, że wartość danego parametru mieści się w normie.



Rys. 2. Struktura funkcjonalna przepływu czynników w systemie zasilania paliwem silnika głównego

Tab. 1. Stany systemu złożonego z trzynastu elementów

Zbiór sprawdzeń T Zbiór stanów W		Zbiór sprawdzeń II												
		$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$	$\pi_7$	$\pi_8$	$\pi_9$	$\pi_{10}$	$\pi_{11}$	$\pi_{12}$	$\pi_{13}$
w0	1111111111111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
w1	0111111111111	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
w2	1011111111111	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
w3	1101111111111	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
w4	1110111111111	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
w5	1111011111111	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
w6	1111101111111	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
w7	1111110111111	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
w8	1111111011111	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
w9	1111111101111	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
w10	1111111110111	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
w11	1111111111011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
w12	1111111111101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
w13	1111111111110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tablice stanów stanowią źródło dla budowy testów diagnostycznych do kontroli stanu systemu (KSS) oraz do lokalizacji uszkodzeń w systemie (LUS). W trakcie analizy budując macierz danego testu (np.:  $w_j, w_r$ ), tworzy się element równy 1 z układu 1-0, natomiast układy 0-0 i 1-1 dają w wyniku wartość 0. Do budowy testu KSS tworzy się podzbiór stanów  $W$  za pomocą par sprawdzeń ( $w_0, w_j$ ), natomiast do utworzenia testu LUS tworzy się podzbiór par stanów ( $w_j, w_r$ ). Dla struktury przedstawionej na rysunku 2 sporządzono macierze dla testu KSS (tabela 2) oraz dla testu LUS (tabela 3 i 4). Wartości 1 w kolumnach rezultatów sprawdzeń oznaczają rozróżnialność stanu za pomocą danego sprawdzenia  $\pi_j$ , a 0 nierozróżnialność stanu za pomocą danego sprawdzenia (rezultat sprawdzenia  $\pi_j$  nie zależy od stanu systemu).

Tab. 2. Macierz stanu do testu kontroli stanu systemu paliwowego

Podzbiór W par stanów (w0, wr)	Zbiór sprawdzeń $\Pi$												
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$	$\pi_7$	$\pi_8$	$\pi_9$	$\pi_{10}$	$\pi_{11}$	$\pi_{12}$	$\pi_{13}$
(w0,w1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w2)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w3)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w4)	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w5)	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w6)	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(w0,w7)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(w0,w8)	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
(w0,w9)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
(w0,w10)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
(w0,w11)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
(w0,w12)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
(w0,w13)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

W wyniku analizy macierzy przedstawionej w tabeli 2 wyznacza się test diagnostyczny do kontroli stanu systemu, który przyjmuje postać  $T_d = \{\pi_1\}$  czyli test obejmuje tylko sprawdzenie pierwsze.

Tab. 3. Macierz stanu do testu lokalizacji uszkodzeń w systemie paliwowym

Podzbiór W par stanów (w <sub>j</sub> , wr)	Zbiór sprawdzeń $\Pi$												
	$\pi_1$	$\pi_2$	$\pi_3$	$\pi_4$	$\pi_5$	$\pi_6$	$\pi_7$	$\pi_8$	$\pi_9$	$\pi_{10}$	$\pi_{11}$	$\pi_{12}$	$\pi_{13}$
(w1,w2)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w1,w3)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w1,w4)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w1,w5)	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(w1,w6)	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(w1,w7)	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(w1,w8)	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
(w1,w9)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
(w1,w10)	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
(w1,w11)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
(w1,w12)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
(w1,w13)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(w2,w3)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w2,w4)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w2,w5)	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(w2,w6)	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(w2,w7)	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(w2,w8)	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
(w2,w9)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
(w2,w10)	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
(w2,w11)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
(w2,w12)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
(w2,w13)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(w3,w4)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(w3,w5)	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(w3,w6)	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(w3,w7)	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(w3,w8)	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
(w3,w9)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
(w3,w10)	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
(w3,w11)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
(w3,w12)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
(w3,w13)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(w4,w5)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(w4,w6)	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(w4,w7)	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
(w4,w8)	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
(w4,w9)	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
(w4,w10)	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0

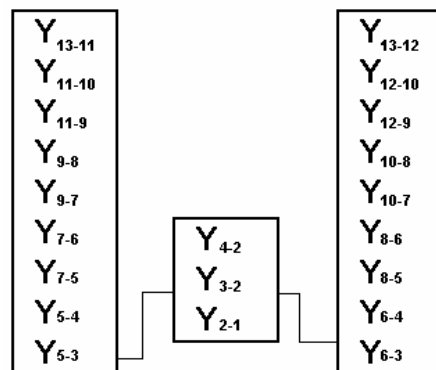
Tab. 4. Macierz stanu do testu lokalizacji uszkodzeń w systemie paliwowym (c.d.)

(w4,w11)	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
(w4,w12)	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
(w4,w13)	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(w5,w6)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
(w5,w7)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
(w5,w8)	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
(w5,w9)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
(w5,w10)	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
(w5,w11)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
(w5,w12)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
(w5,w13)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
(w6,w7)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
(w6,w8)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
(w6,w9)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
(w6,w10)	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
(w6,w11)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
(w6,w12)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
(w6,w13)	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
(w7,w8)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
(w7,w9)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
(w7,w10)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
(w7,w11)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
(w7,w12)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
(w7,w13)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
(w8,w9)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
(w8,w10)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
(w8,w11)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
(w8,w12)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
(w8,w13)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
(w9,w10)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
(w9,w11)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
(w9,w12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
(w9,w13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
(w10,w11)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
(w10,w12)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
(w10,w13)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
(w11,w12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
(w11,w13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
(w12,w13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

W wyniku analizy macierzy zaprezentowanej w tabelach 3 i 4 wyznacza się test diagnostyczny do lokalizacji uszkodzeń w systemie, który przyjmuje postać  $T_d = \{\pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_8, \pi_9, \pi_{10}, \pi_{11}, \pi_{12}\}$  czyli test obejmuje 10 sprawdzeń.

W przypadku, gdy nie są znane dane niezawodnościowe na temat diagnozowanego obiektu, stosuje się metodę kolejnego wyboru sprawdzeń zwanej też metodą „dziecięcą”. Polega ona na kolejnym sprawdzaniu hipotezy o możliwych uszkodzeniach elementów w systemie. Ilość sprawdzeń jest mniejsza o jeden od ilości wszystkich elementów jako, że diagnoza poprawnego działania przedostatniego z kontrolowanych obiektów świadczy o niezdatności elementu ostatniego. Poniżej zaprezentowano przykładowy model diagnostyczny oparty o metodę „dziecięcą” (rys. 3). Numeracja elementów została zachowana za poprzednimi rysunkami.

Diagnozowanie przy użyciu powyższego modelu przeprowadza się w oparciu o sprawdzenie wartości parametru diagnostycznego  $Y_{n-m}$  (wielkość zmierzona pomiędzy elementami n i m). Można mówić o zdadności poszczególnych obiektów składowych, gałęzi lub całego systemu jeśli odpowiednio w danym zbiorze elementów wartości parametrów diagnostycznych mieszczą się w zadanych granicach. W razie zaistnienia uszkodzenia w systemie można, metodą kolejnych pomiarów, dokładnie określić który element jest uszkodzony.



Rys. 3. Model diagnostyczny systemu zasilania paliwem silnika głównego

#### 4. Podsumowanie

Należy poszukiwać racjonalnych rozwiązań pozwalających opisać z wymaganą dokładnością stan systemu przy jak najniższych kosztach związanych z wdrożeniem oraz eksploatacją układów diagnostycznych. Niniejsza analiza może pomóc znaleźć takie rozwiązanie, pod kątem racjonalnej liczby punktów pomiarowych zamontowanych w systemie. Jak wiadomo, ze wzrostem ilości czujników można coraz dokładniej określać stan obiektów technicznych przy jednoczesnym wzroście kosztów eksploatacji systemu, dlatego należy unikać stosowania niepotrzebnego nadmiaru instrumentów pomiarowych. Zastosowanie opisanych metod podczas diagnozowania systemu jest uwarunkowane opracowaniem odpowiedniego modelu matematycznego, pozwalającego na opis wszystkich możliwych stanów w których może się znaleźć system techniczny.

Trzeba jednak pamiętać, że nawet najlepszy matematyczny model diagnostyczny będzie bezwartościowy bez znajomości wartości odpowiedniej ilości parametrów opisujących stan systemu i jego elementów. Na podstawie dokładnej analizy systemu zasilania paliwem silnika głównego stwierdzono, że ilość punktów pomiarowych nie jest wystarczająca do precyzyjnego opisu wszystkich możliwych stanów, ilość zaś niektórych instrumentów pomiarowych jest większa od wymaganej. W celu zwiększenia efektywności procesu diagnozowania zaproponowano następujące zmiany w sposobie oczujnikowania omawianego systemu:

- w celu poprawy stopnia diagnozowalności pracy układu oraz jego zwiększenia niezawodności konieczna jest instalacja w systemie dwóch dodatkowych czujników wysokiej wartości różnicy ciśnień na filtrach paliwowych,
- w celu zmniejszenia kosztów instalacji zaproponowano likwidację dwóch wskaźników ciśnienia (manowakuometrów) na ssaniu pomp podających paliwo, kosztem dodatkowego zainstalowania jednego manowakuometru na wspólnym kolektorze ssawnym obu pomp,
- w celu zmniejszenia kosztów instalacji zaproponowano likwidację dwóch wskaźników temperatury (termometrów) na dopływie do podgrzewaczy parowych, kosztem dodatkowego zainstalowania jednego termometru na wspólnym kolektorze zasilającym.

Złożoność i nieprzewidywalność warunków pracy w jakich może znaleźć się określony system siłowni okrętowej i wysokie koszty nieprzewidzianych remontów, narzucają konieczność podejmowania badań w zakresie sposobów diagnozowania oraz metod podwyższania niezawodności instalacji okrętowych. W niniejszym materiale wykazano małą racjonalność stosowanych rozwiązań, co wynika m.in. z długiego czasu eksploatacji statku, na którym zainstalowano omawiany system siłowni (rok budowy 1973). Należy jednak podkreślić, że istotne jest usuwanie tego typu problemów już na etapach konstruowania i produkcji, ponieważ podczas eksploatacji statku zwykle okazuje się to już niemożliwe. Przy prawidłowo zaprojektowanym systemie można z powodzeniem stosować testy diagnostyczne w celu określenia możliwości wystąpienia potencjalnych uszkodzeń, które mogą wystąpić podczas eksploatacji, zwłaszcza w systemach złożonych, dzięki czemu można zminimalizować zarówno czas trwania naprawy jak i koszty pierwotne oraz wtórne wywołane awarią powodującą przerwanie ciągłości procesu poprawnej eksploatacji systemów okrętowych. Z uwagi na duży stopień złożoności budowy systemów okrętowych, pomocne może być zastosowanie metod informatycznych począwszy od komputerowego przetwarzania danych a skończywszy na zastosowaniach sztucznej inteligencji.

## Literatura

- [1] **Chybowski L.:** *Sprawozdanie z praktyki morskiej* (ze statku serii B-584). Praca niepublikowana. Wyższa Szkoła Morska, Szczecin 1997, s. .
- [2] **Czajgucki J. Z.:** *Niezawodność spalinowych siłowni okrętowych*. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1984.
- [3] **Dokumentacja stoczniowa.:** *Schematy konstrukcyjne systemu paliwowego statków serii B-584*. Warna 1973.
- [4] **Żółtowski B., Ćwik Z.:** *Leksykon diagnostyki technicznej*. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1996, s.155-159, 347-348.
- [5] **Żółtowski B.:** *Podstawy diagnostyki maszyn*. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 1996, s. 309-337.

### **Attempt at applying selected diagnostic tests for technical state estimate of marine power plant system**

*On the basis of main engine fuel supply system installed on one of the PZM's ships (B-584 series), quality and amount analysis of measurement points arrangement and possibilities of practical usage of diagnostic tests in failures location have been made. Simplified fuel system diagram and functional structure of energy mediums flows in this system have been shown. Changes of measurement-control points location in this system have been proposed, which enabled much precise technical state appreciation of fuel system.*