

PROBLEMY ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Henryk TYLICKI

Akademia Techniczno – Rolnicza w Bydgoszczy
Wydział Mechaniczny, 85-796 Bydgoszcz, ul. Kaliskiego 7.
Tel. (++) (052) 340 82 83, e-mail: tylicki@atr.bydgoszcz.pl

Streszczenie

Opracowanie zawiera metodykę wyznaczania optymalnych procedur rozpoznawania stanu maszyn (diagnozowanie, prognozowanie, generowanie). Na podstawie badań zaproponowano niektóre elementy rozwiązania zadania optymalizacyjnego.

Słowa kluczowe: diagnostyka techniczna, diagnozowanie, prognozowanie i genezowanie stanu maszyn, optymalizacja procesu rozpoznawania stanu.

THE PROBLEMS OF MACHINES STATE RECOGNIZING

Summary

Study contains the methodology of marking the optimum procedures of machine state recognizing (diagnosis, forecasting, genesis). The investigations on the ground were proposed some units of solution of optimization task.

Keywords: technical diagnostics, diagnosis, forecasting and genesis of machines state, optimization of recognizing process of machines state.

1. WPROWADZENIE

Proces rozpoznawania stanu technicznego maszyn, w wyniku którego wyznacza się program diagnostyczny, termin i zakres obsługi oraz ustala przyczynę wystąpienia stanu w chwili badania maszyn jest niezbędnym warunkiem poprawnego funkcjonowania ich systemu eksploatacji. Użytkownik, na podstawie informacji diagnostycznej, tworzy informację sterującą utrzymaniu maszyny w stanie zdadności.

Niezbędnym elementem takiego sterowania jest algorytm sterowania, zawierający procedury wyznaczania programu diagnostycznego, terminu i zakresu obsługi maszyny oraz genezy stanu w chwili badania. Czynione są próby opracowania takich procedur, na podstawie których możliwe byłoby wyznaczanie optymalnego programu diagnostycznego, optymalnego terminu i zakresu obsługi maszyny oraz ustalenia przyczyn wystąpienia stanu w chwili badania maszyn. Sposoby ich wyznaczania, problemy z tym związane oraz propozycje ich rozwiązania przedstawia się w niniejszym opracowaniu.

2. CHARAKTERYSTYKA ZAGADNIENIA

Problem opracowania diagnozy, prognozy i genezy stanu maszyn istotny jest zarówno na etapie opracowywania jej konstrukcji, produkcji i eksploatacji maszyny. Głównymi problemami pojawiają-

cymi się przy rozwiązaniu zadania rozpoznawania stanu maszyn są więc:

- sformułowanie celu diagnozowania, prognozowania i genezowania stanu maszyny;
- zmiana stanu maszyny w czasie eksploatacji;
- opis stanu maszyny za pomocą cech stanu oraz zależność pomiędzy cechami stanu i sygnałów diagnostycznych;
- rozwiązanie zadania diagnozowania stanu
- rozwiązanie zadania prognozowania stanu
- rozwiązanie zadania genezowania stanu.

Stan maszyny $W(\Theta_n)$ w chwili czasu Θ_n można scharakteryzować za pomocą zbioru wartości symptomów $s_j(\Theta)$; e_j, \dots, m [1,4].

Maszyna w chwili Θ_n znajduje się w stanie zdadności S^0 , gdy spełniony jest warunek (zadanie diagnozowania stanu):

$$W(\Theta_n) = W^0 \Leftrightarrow \forall (j=1, \dots, m) \quad (1)$$

$$[\{s_{j,d}\} \leq \{s_j(\Theta_n)\} \leq \{s_{j,g}\}]$$

gdzie: $\{s_{j,d}\}$, $\{s_{j,g}\}$ - zbiory dolnych i górnych wartości granicznych symptomów.

Analogicznie można sformułować warunek zdadności w chwili $\Theta_{n+\tau}$ (zadanie prognozowania stanu) [3]:

$$W(\Theta_{n+\tau}) = W^0 \Leftrightarrow \forall (j=1, \dots, m) \quad (2)$$

$$[\{s_{j,d}\} \leq \{s_j(\Theta_{n+\tau})\} \leq \{s_{j,g}\}]$$

przy czym elementy zbioru $\{s_j(\Theta_{n+\tau})\}$ są nieznane i stąd konieczność ich przewidywania w założonym przedziale czasu τ_1 . Wielkość τ_1 oznacza przedział

czasu, dla którego realizowany jest proces prognozowania (wielkość τ_1 nazywa się także wyprzedzeniem lub „horyzontem czasowym prognozy”).

W ujęciu tym ocenę czasu przejścia maszyny w stan niezdatności wyznaczają wyniki prognoz parametrów diagnostycznych $\{s_j(\Theta_{n+\tau_1})\}$, sygnalizujące przekroczenie wartości granicznych.

Podobnie można sformułować warunek zdatności w chwili $\Theta_{n-\tau_2}$ (zadanie generowania stanu):

$$W(\Theta_{n-\tau_2}) = W^0 \Leftrightarrow \forall (j=1, \dots, m) \quad (3)$$

$$[\{s_{j,d}\} \leq \{s_j(\Theta_{n-\tau_2})\} \leq \{s_{j,g}\}]$$

przy czym elementy zbioru $\{s_j(\Theta_{n-\tau_2})\}$ mogą być nieznanne i stąd konieczność ich przewidywania w założonym przedziale czasu τ_2 . Wielkość τ_2 oznacza przedział czasu, dla którego realizowany jest proces genezowania (wielkość τ nazywa się „horyzontem czasowym genezy”).

W ujęciu tym ocenę czasu przejścia maszyny w stan niezdatności wyznaczają wyniki genez symptomów $\{s_j(\Theta_{n-\tau})\}$, sygnalizujące przekroczenie wartości granicznych.

Głównymi problemami pojawiającymi się przy rozwiązaniu tak ujętego zadania prognostycznego jest:

- wyбір „najlepszych” symptomów opisujących aktualny stan i jego zmianę w czasie eksploatacji maszyny;
- wyznaczenie programu diagnostycznego;
- wyznaczenie wartości prognozowanej symptomu po czasie horyzontu prognozy τ , $s_{jp}(\Theta_b+\tau)$ za pomocą „najlepszej” metody prognozowania i wyznaczenie terminu kolejnego obsługiwania Θ_o .
- wyznaczenie wartości genezowanej symptomu po czasie horyzontu genezy τ_2 , $s_{jp}(\Theta_b+\tau_2)$ za pomocą „najlepszej” metody genezowania i oszacowanie stanu maszyny lub wartości wykonanej przez nią w przeszłości pracy.

Użyte powyżej pojęcie „najlepsze” wiąże się z przyjęciem odpowiednich kryteriów i rozpatrzenie tych problemów w kategoriach poszukiwania rozwiązania optymalnego. Formułując zadanie optymalizacyjne posługuje najczęściej się wieloma kryteriami oceny, co wymaga rozpatrzenie tych problemów w kategoriach rozwiązania poliptymalnego.

3. WYZNACZANIE OPTYMALNYCH PROCEDUR ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Formułując zadanie optymalizacyjne trudno jest określić jedną skalarną funkcję jakości F , bowiem rozwiązania dopuszczalne X (metody wyboru symptomów, metody wyznaczania programów diagnostycznych i metody prognozowania) mogą mieć wiele różnych właściwości, których wartości świadczą o jakości rozwiązania. Stąd też zachodzi konieczność sformułowania w tym przypadku za-

dania optymalizacyjnego z wieloma (np. N) wskaźnikami jakości w postaci funkcji kryterium $F : X \rightarrow R^N$.

Wówczas zadanie optymalizacyjne wyznaczania procedur rozpoznawania stanu maszyn przedstawia się jako trójka zadań poliptymalizacji:

$$(X_1, F_1, \Phi_1), (X_2, F_2, \Phi_2),$$

$$(X_3, F_3, \Phi_3), (X_4, F_4, \Phi_4). \quad (4)$$

$X_1 = \{x_{1,1}, \dots, x_{1,k}\}$ – zbiór metod wyboru symptomów;

$X_2 = \{x_{2,1}, \dots, x_{2,m}\}$ – zbiór metod budowy programów diagnostycznych;

$X_3 = \{x_{3,1}, \dots, x_{3,n}\}$ – zbiór metod prognozowania;

$X_4 = \{x_{4,1}, \dots, x_{4,r}\}$ – zbiór metod genezowania;

Oraz:

F_1 – funkcja kryterialna wyboru symptomów:
 $F_1: X_1 \Rightarrow R^2$, $F_1(X_1) = (f_{1,1}(X_1), f_{1,2}(X_1))$
o preferencji: $F_1(X_1): (\max, \max)$;

F_2 – funkcja kryterialna wyboru budowy programów diagnostycznych: $F_2: X_2 \Rightarrow R^2$,
 $F_2(X_2) = (f_{2,1}(X_2), f_{2,2}(X_2))$ o preferencji:
 $F_2(X_2): (\min, \min)$;

F_3 – funkcja kryterialna wyboru metod prognozowania: $F_3: X_3 \Rightarrow R^2$,
 $F_3(X_3) = (f_{3,1}(X_3), f_{3,2}(X_3))$ o preferencji:
 $F_3(X_3): (\min, \min)$;

F_4 – funkcja kryterialna wyboru metod prognozowania: $F_4: X_4 \Rightarrow R^2$ $F_4(X_4) = (f_{4,1}(X_4), f_{4,2}(X_4))$ o preferencji:
 $F_4(X_4): (\min, \min)$;

gdzie np.:

$f_{1,1}$ – kryterium zmienności symptomu,

$f_{1,2}$ – kryterium skorelowania symptomu ze stanem technicznym maszyny,

$f_{2,1}$ – kryterium spadku skuteczności informacyjnej,

$f_{2,2}$ – kryterium spadku skuteczności probabilistycznej,

$f_{3,1}$ – kryterium rozbieżności przeciętnego względnego błędu prognozy – zespół miar Theila,

$f_{3,2}$ – promień przedziału błędu prognozy,

$f_{4,1}$ – kryterium rozbieżności przeciętnego względnego błędu genezy – zmodyfikowany zespół miar Theila,

$f_{4,2}$ – promień przedziału błędu genezy.

a także:

Φ_1 – relacja dominowania zadania optymalizacyjnego określenia zbioru symptomów;

Φ_2 – relacja dominowania zadania optymalizacyjnego wyboru metody budowy programu diagnostycznego;

Φ_3 – relacja dominowania zadania optymalizacyjnego wyboru metody prognozowania;

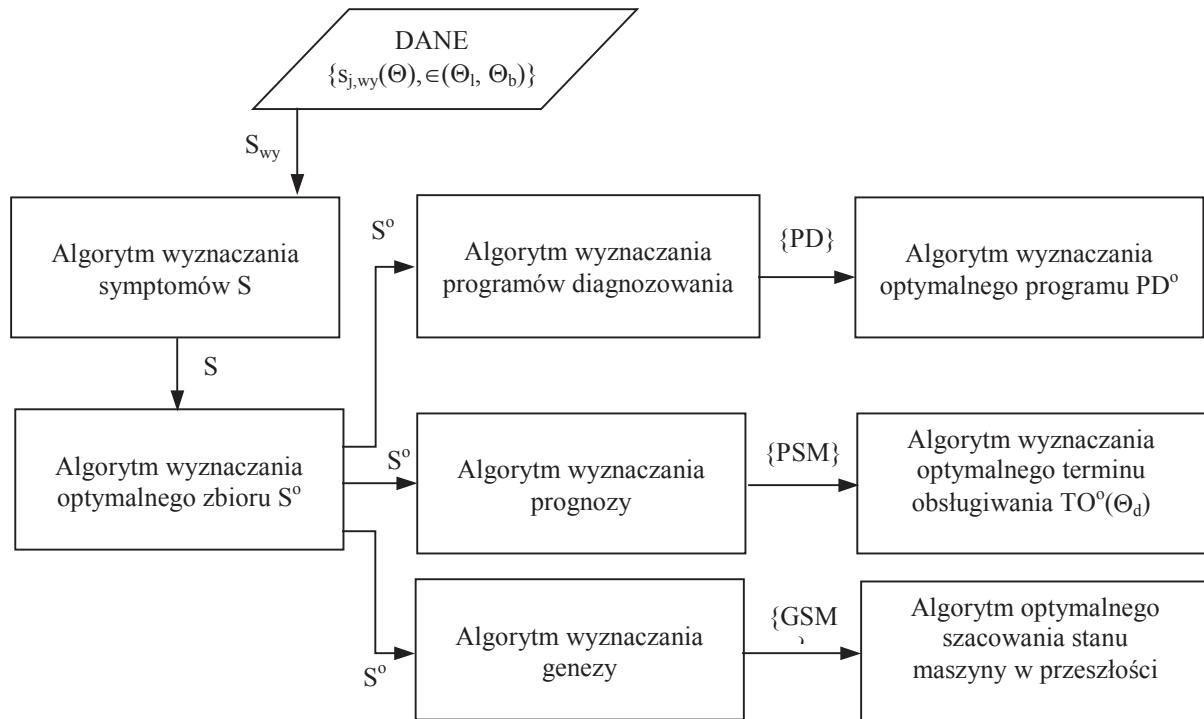
Φ_4 – relacja dominowania zadania optymalizacyjnego wyboru metody genezowania.

4. ALGORYTM WYZNACZANIA PROCEDUR ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Algorytm metodyki wyznaczania optymalnego zbioru symptomów, optymalnego programu diagnostycznego, optymalnej metody prognozowania i optymalnej metody genezowania (rys.1) zawiera następujące etapy:

- wyznaczenie optymalnego symptomów dla przedstawionych metod wyboru;
- wyznaczenie programu diagnostycznego według przedstawionych metod budowy programów diagnostycznych;

- wyznaczenie prognozy według przedstawionych metod prognozowania;
- wyznaczenie optymalnego programu diagnostycznego według przedstawionych metod budowy programów;
- wyznaczenie optymalnej metody prognozowania i optymalnego terminu i zakresu obsługi maszyn.
- wyznaczenie optymalnej metody genezowania i oszacowanie stanu maszyny lub wartości wykonanej przez nią w przeszłości pracy.



Rys.1. Schemat wyznaczania procedur rozpoznawania stanu maszyn

5. PODSUMOWANIE

Rozpatrując problematykę budowy procedur rozpoznawania jako ogólnej części ogólnej teorii procesu eksploatacji maszyn, należy zwrócić uwagę na czynniki warunkujące jej rozwój. Będą to warunki istnienia :

- zainteresowania służb logistycznych rozpoznawania stanu maszyn;
- odpowiedniej bazy merytorycznej dla podejmowania takich zadań;
- odpowiednich środków technicznych zabezpieczających ich realizację;
- odpowiedniej przygotowanej kadry specjalistów mogących w sposób właściwy podejmować takie zadania.

Przedstawiona w opracowaniu metodyka budowy procedur rozpoznawania stanu maszyn w aspekcie wyznaczania programów diagnostycznych, wartości prognozowanej symptomów opisujących zmianę stanu technicznego maszyn w czasie

eksploatacji i wyznaczania terminu obsługi maszyn oraz szacowania stanu maszyn w przeszłości może być wykorzystywana do budowy oprogramowania pokładowych i stacjonarnych systemów diagnostycznych monitorujących pracę maszyn. Należy także zwrócić uwagę, że proces budowy procedur rozpoznawania stanu maszyn wiąże się z przetwarzaniem dużej ilości danych pomiarowych, jak również złożonymi operacjami numerycznymi związanymi z aproksymacją, modelowaniem, czy też predykcją szeregów czasowych w przypadku prognozowania. Nieodzowne jest więc komputerowe wspomaganie tego procesu w oparciu o odpowiednie oprogramowanie, umożliwiające interaktywny dostęp do procedur bibliotecznych za pośrednictwem języka poleceń zbliżonego do konwencjonalnej notacji matematycznej. Wymaga to oczywiście odpowiednich badań i budowy algorytmów niezbędnych do opracowania oprogramowania i wymagań sprzętowych systemów diagnostycznych.

Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego nr 4 T07B 033 26.

LITERATURA

1. Batko W.: Metody syntezy diagnoz predykcyjnych w diagnostyce technicznej. Mechanika, z. 4. Zeszyty Naukowe AGH, Kraków 1984.
2. Tylicki H.: Optymalizacja procesu prognozowania stanu technicznego pojazdów mechanicznych. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1998.
3. Tylicki H., Żółtowski B.: Niezawodnościowo – diagnostyczne aspekty wyznaczania terminu kolejnego obsługiwanego. Materiały XXVII Zimowej Szkoły Niezawodności, Szczyrk 1999, t.2, 155-161.
4. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwa Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1997.



Dr hab. inż. Henryk TYLICKI, prof. nadzw. ATR w działalności naukowej zajmuje się problemami diagnostyki technicznej, eksploatacji maszyn i optymalizacją systemów transportowych. Ma w swoim dorobku ponad 150 publikacji, w tym 6 pozycji książkowych (własne i współautorskie), 50 publikacji naukowych, 96 publikacji naukowo-technicznych i konferencyjnych. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej i Polskiego Towarzystwa Bezpieczeństwa i Niezawodności oraz członkiem Zespołu Diagnostyki SPE KBM PAN. Jest także członkiem Zespołu Środowiskowego SPE KBM PAN oraz członkiem Oddziału PAN w Lublinie. Wypromował kilkadziesiąt absolwentów studiów magisterskich i inżynierskich oraz recenzuje prace naukowo-badawcze, promocyjne, a także dorobek naukowy. Współpracuje z ośrodkami naukowymi (AGH, Wojskowa Akademia Techniczna, Politechnika Śląska, Politechnika Poznańska, Akademia Rolnicza w Lublinie). Odpoczywając zajmuje się sportem (tenis ziemny, żeglarstwo, narty) i czyta literaturę piękną.