

## SYSTEMY ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Stanisław NIZIŃSKI, Arkadiusz RYCHLIK  
Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn Uniwersytet Warmińsko Mazurski  
ul. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn, tel./fax (0-89) 523-34-63

### Streszczenie

Istotnym elementem podsystemu diagnostycznego urządzeń technicznych są pokładowe i stacjonarne systemy rozpoznawania ich stanów. Niniejsza praca jest poświęcona klasyfikacji przeznaczeniu, budowie i funkcjonowaniu tych systemów.

Słowa kluczowe: diagnostyka, systemy diagnostyczne, systemy ekspertowe

### IDENTIFICATION SYSTEM OF MACHINE STATE

#### Summary

The on-board and stationary systems identifying machines technical state are the essential elements of the technical devices diagnostic subsystem. The following work is dedicated to use classification, building and functioning of the systems.

Keywords: diagnostics, diagnostic systems, expert systems

### 1. WPROWADZENIE

Każdy system działania powinien posiadać zdadne obiekty techniczne. Degradacja stanu obiektów technicznych powoduje permanentnie pogarszanie się efektywności funkcjonowania systemów i może być istotną przyczyną ich upadku.

Narzędziem sterowania utrzymaniem obiektów technicznych w stanie zdadności funkcjonalnej i zadaniowej jest podsystem diagnostyczny jako element systemów utrzymania ruchu maszyn.

Istotnym elementem podsystemu diagnostycznego urządzeń technicznych są pokładowe i stacjonarne systemy rozpoznawania ich stanów. Niniejsza praca jest poświęcona klasyfikacji przeznaczeniu, budowie i funkcjonowaniu tych systemów.

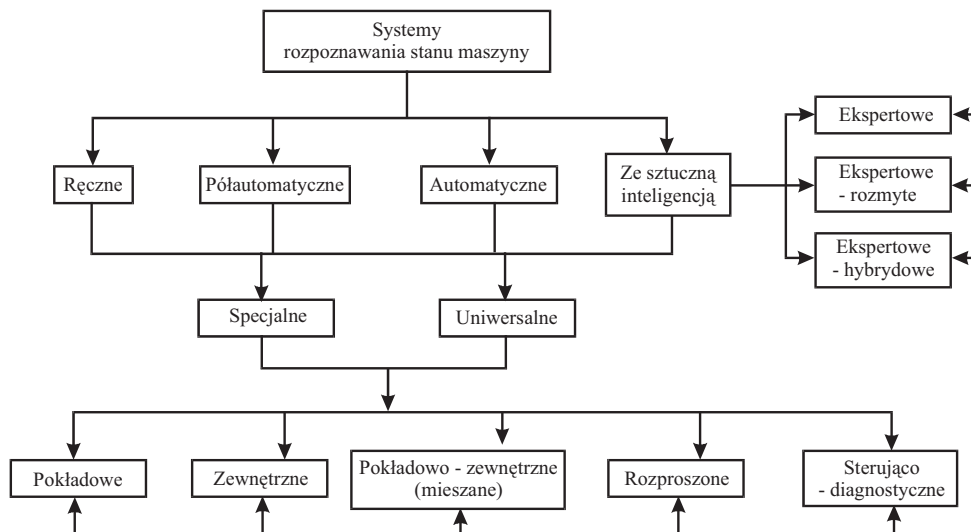
Stacjonarny system rozpoznawania stanu maszyn można zdefiniować następująco:

System rozpoznawania stanu maszyn jest zbiorem elementów pomiarowych, dopasowujących, obliczeniowych i programów, przeznaczonych do: wydobywania, zbierania, gromadzenia, przetwarzania i przedstawiania informacji o stanie obiektu technicznego.

Synonimami systemu rozpoznawania stanu maszyn są: system diagnostyczny, urządzenie diagnostyczne, środek diagnozy, środek diagnozowania.

Ze względu na stopień automatyzacji i zakresu wnioskowania o stanie obiektu technicznego, urządzenia diagnostyczne można podzielić następująco (rys. 1) [5]:

- ręczne,
- półautomatyczne,
- automatyczne,
- ze sztuczną inteligencją.



Rys. 1. Klasyfikacja systemów rozpoznawania stanu maszyn

## 2. WYBÓR SYSTEMÓW ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

System diagnostyczny pojazdu samochodowego [7] może spełniać oddzielnie lub łącznie następujące funkcje.

- kontrolę stanu;
- prognozowanie stanu;
- lokalizację uszkodzeń.

Spełnianie wymienionych funkcji jest możliwe następującymi sposobami:

- 1) realizacja algorytmu kontroli stanu, algorytmu prognozowania stanu obiektu, a w przypadku jego niezdatności algorytmu lokalizacji uszkodzeń odbywa się za pomocą oddzielnych urządzeń diagnostycznych. Diagnosta na podstawie zbioru wyników sprawdzeń podejmuje decyzję o stanie obiektu. W tym przypadku koszt badań diagnostycznych obiektu jest wysoki;
- 2) system diagnostyczny realizuje algorytm kontroli stanu, a w przypadkach koniecznych również algorytm lokalizacji uszkodzeń. Diagnosta bierze również udział w podejmowaniu decyzji o stanie obiektu. Istotnie skraca się czas i koszty diagnozowania obiektu. Jednak jest wyższy koszt urządzenia diagnostycznego;
- 3) system diagnostyczny realizuje łącznie uprzednio wymienione trzy funkcje. Zatem do funkcji kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń dochodzi funkcja prognozowania stanu, w praktyce oznacza to wyznaczenie terminu następnego diagnozowania obiektu. Z racji spełnionych funkcji system można nazwać systemem uniwersalnym. Rola diagnosty sprowadza się do podjęcia ostatecznej decyzji o stanie obiektu i wykonaniu pewnych operacji

pomocniczych. Zwiększa się wiarygodność diagnozy, zmniejsza się czas i koszt badań diagnostycznych obiektu, rosną koszty systemu.

Idealny system diagnostyczny to system pokładowy spełniający funkcje kontroli stanu, prognozowania stanu i lokalizacji uszkodzeń obiektu. W tym przypadku wzrasta koszt obiektu. W przypadku uszkodzenia elementu istnieje możliwość jego lokalizacji. Takiego rozwiązania pokładowego systemu diagnostycznego obiektu nie można wykluczyć, a w szczególności dla obiektów specjalnego przeznaczenia.

Rozwiązaniem mniej kosztownym jest pokładowy system diagnostyczny, który spełnia tylko funkcje kontroli stanu. W tym przypadku zewnętrzny system diagnostyczny może prognozować stan lub lokalizować uszkodzenia obiektu. Może to być system uniwersalny wykorzystywany do badań diagnostycznych różnych obiektów.

Innym rozwiązaniem jest zbudowanie i wykorzystanie, tylko zewnętrznego systemu diagnostycznego dołączanego do gniazd diagnostycznych obiektu na czas badań i oceny stanu lub/i prognozowania stanu. Może to być system uniwersalny lub specjalizowany z reguły wyłącznie do diagnostyki określonych obiektów.

## 3. OGÓLNA BUDOWA SYSTEMU ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

System rozpoznawania stanu maszyn można umownie opisać następującym wyrażeniem:

$$S_S = \langle O_T, S_P, S_R, S_M, S_Z, R_{TZ} \rangle \quad (1)$$

gdzie:

$O_T$  – obiekt diagnozy;  $S_P$  – podsystem pomiarowy;  $S_R$  – podsystem rozpoznawania stanu;  $S_M$  – podsystem magistrali (adresy, dane, sterowanie);  $S_Z$

– podsystem zobrazowania informacji;  $R_{TZ}$  – relacje.

**Podsystem pomiarowy** obejmuje (rys 2) zestaw czujników, przetworników A/C, wzmacniaczy, złącz układów dopasowujących w aspekcie zgodności informatycznej, metrologicznej i eksploatacyjnej sygnału, a także procesor sygnałów.

**Procesor sygnałów** – służy do przetwarzania sygnałów według określonych algorytmów celem uzyskania ich miar w dziedzinie amplitud czasu i częstotliwości.

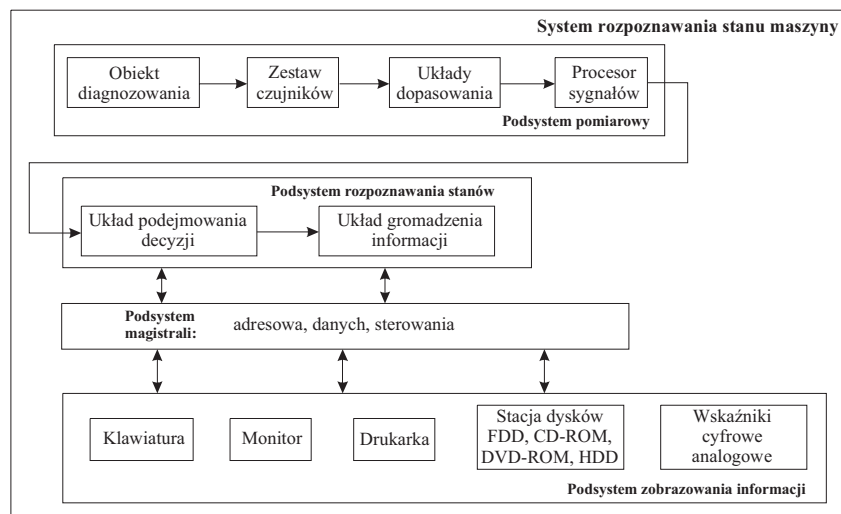
**Podsystem rozpoznawani stanu** obejmuje układ podejmowania decyzji, która służy do

ustalenia diagnozy, prognozy, genezy, czyli określenie stanu obiektu w chwili  $t$ ,  $t+\Delta t$  i  $t-\Delta t$ , a także podsystem gromadzenia informacji.

**Podsystem gromadzenia informacji** zbiera dane dotyczące: miar sygnałów, wartości granicznych parametrów diagnostycznych i wzorów stanów i inne;

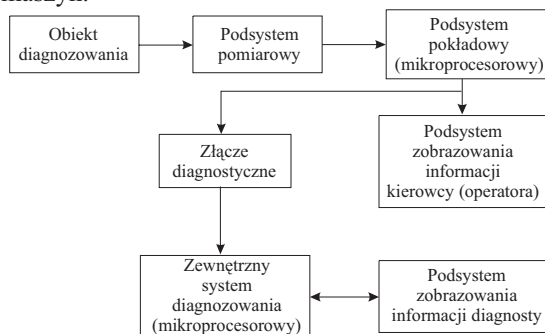
Podsystem magistrali obejmuje szynę: adresową danych i sterowania;

**Podsystem zobrazowania informacji** może zawierać elementy: klawiaturę, monitor, drukarkę, wskaźniki analogowe i cyfrowe.



Rys. 2. Ilustracja graficzna systemu rozpoznawania stanów maszyn w aspekcie funkcjonalnym

Na rys. 3 przedstawiono schemat pokładowo-zewnętrzny systemu rozpoznawania stanu maszyn.



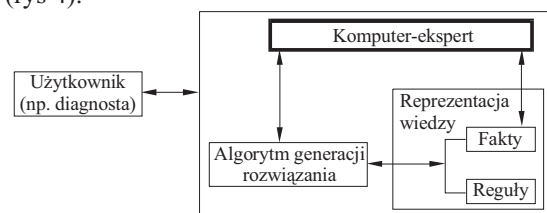
Rys. 3. Schemat pokładowego zewnętrznego systemu rozpoznawania stanu maszyn

#### 4. SYSTEMY EKSPERTOWE

**Urządzenia diagnostyczne ze sztuczną inteligencją** stanowią nową generację środków diagnozy obiektów technicznych. Podstawą funkcjonowania tych urządzeń są metody techniki systemów ekspertowych, sztucznych sieci neuronowych oraz logika rozmyta.

**Komputerowy system ekspertowy** (computer as on expert) rozwiązuje problemy

z wykorzystaniem opisu (reprezentacji) wiedzy i procesu rozumowania (algorytmu generacji rozwiązania). System ten charakteryzują [4, 5] (rys 4):



Rys. 4. Schemat komputerowego systemu ekspertowego

#### 5. EKSPERTOWY SYSTEM HYBRYDOWY ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Ekspertowy system hybrydowy rozpoznawania stanu maszyn jest to system, który służy ustalenia stanu obiektu technicznego, z wykorzystaniem wiedzy regułowej i proceduralnej (rys. 5) [4].

Wiedza regułowa – jest to wiedza zidentyfikowana i zapisana w postaci faktu:

*jeżeli* przesłanka *to* konkluzja

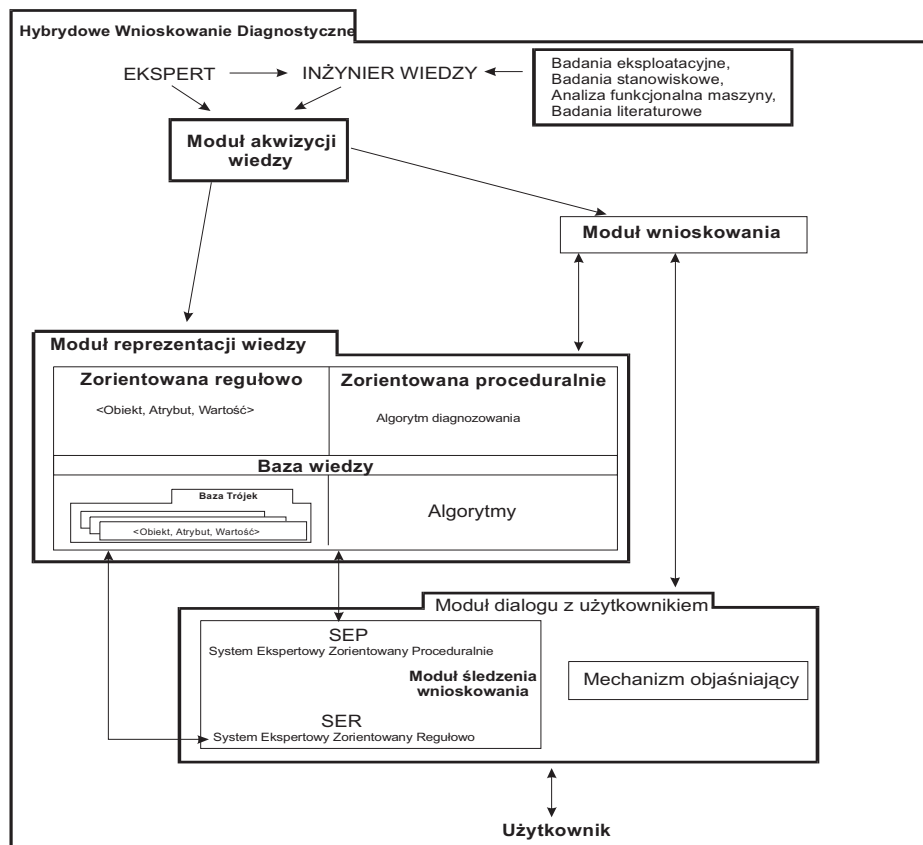
Wiedza regułowa reprezentowana może być przez fakt w postaci trójki  $\langle O, A, W, \rangle$  o następującej składni:

$\langle \text{Obiekt, Atrybut, Wartość} \rangle,$

gdzie zidentyfikowane fakty są łączone w reguły za pomocą spójników logicznych (i, lub itp.).

**Wiedza proceduralna** jest zapisana w postaci modeli diagnostycznych obiektu, na przykład: analitycznych (strukturalnych, modalnych, odwrotnych) i symptomowych (regresyjnych,

probabilistycznej macierzy diagnostycznej, binarnej macierzy diagnostycznej, diagnostyczno-niezawodnościowej, topologicznej) i algorytmów diagnozowania, prognozowania i generowania, czyli procedur postępowania w procesie rozpoznawania ich stanów.



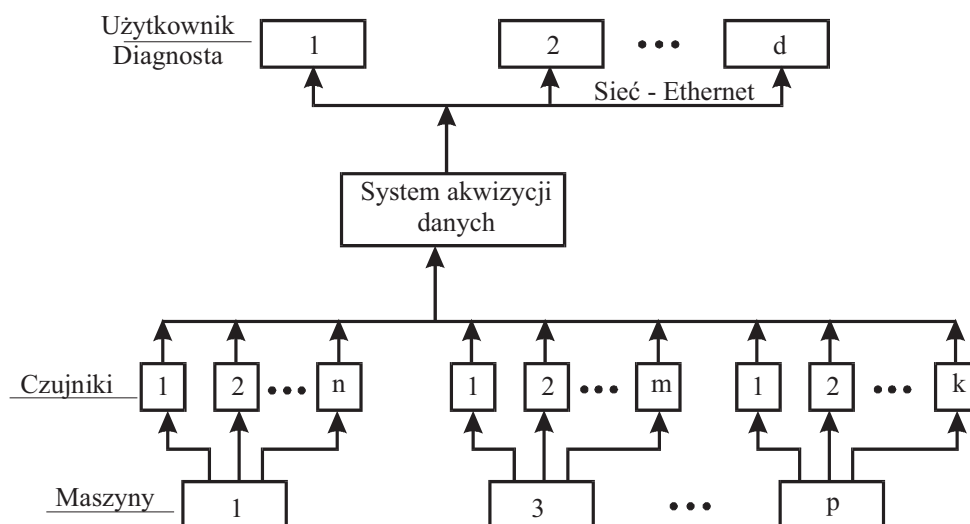
Rys. 5. Ekspertowy system hybrydowy rozpoznawania stanu maszyny [4]

## 6. ROZPROSZONE SYSTEMY ROZPOZNAWANIA STANU MASZYN

Rozproszony system rozpoznawania stanu maszyn określają następujące charakterystyczne cechy (rys. 6):

- 1) służy do ustalenia diagnozy, prognozy i genezy różnych maszyn na dużym obszarze działania przedsiębiorstwa;
- 2) możliwość zdalnego badania i oceny, a także sterowania stanem obiektów technicznych bez względu na to, gdzie w danej chwili znajduje się urządzenie technicznie

- i diagnosta;
- 3) możliwość korzystania z bazy wiedzy o stanie maszyn przez różnych uprawnionych użytkowników;
- 4) jest elementem w aspekcie źródła informacji zintegrowanego informatycznego systemu zarządzania dowolnym systemem działania, włączanym w komputerową sieć lokalną Ethernet firmy, miejską sieć komputerową i rozległą sieć komputerową (Internet).



Rys. 6. Schemat systemu zbierania informacji o stanie maszyn za pomocą systemu akwizycji danych i czujników inteligentnych (sporządzono na przykładzie [10])

System może mieć możliwość programowania wartości dopuszczalnych, wizualizację ich przekroczenia. W stacji roboczej na podstawie zarejestrowanych wielkości może być dokonywana analiza trendów sygnałów. Lokalny system diagnostyczny może pracować niezależnie od stacji roboczej. Z reguły lokalny układ diagnostyczny zawiera podukłady: kondycjonowania, wstępnego przetwarzania, rejestracji sygnałów, generowania alarmów i komunikacji.

## 8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Reasumując pracę na temat pokładowego i stacjonarnego systemu rozpoznawania stanu maszyn należy stwierdzić, co następuje:

- 1) system rozpoznawania stanu maszyn może spełniać oddzielnie lub łącznie następujące funkcje: kontroli stanu, prognozowania stanu i lokalizacji uszkodzeń;
- 2) idealny system rozpoznawania stanu maszyn to pokładowe urządzenie diagnostyczne spełniające łącznie funkcje wymienione w punkcie 1;
- 3) przydatnym rozwiązaniem jest uniwersalny pokładowo-zewnętrzny system rozpoznawania stanu maszyn spełniający łącznie funkcje wymienione w punkcie 3;
- 4) obserwuje się wielką różnorodność w budowie i funkcjonowaniu zewnętrznych systemów rozpoznawania stanu maszyn dostosowanych do indywidualnych właściwości maszyn technologicznych, transportowych i energetycznych;
- 5) systemy rozpoznawania stanu maszyn ze sztuczną inteligencją stanowią nową generację środków diagnozowania. Należą do nich systemy ekspertowe, ekspertowe rozmyte i ekspertowe hybrydowe;

- 6) szczególnie przydatny do rozpoznawania stanu maszyn jest hybrydowy system diagnostyczny oparty na wykorzystaniu wiedzy regułowej i proceduralnej;
- 7) rozproszone systemy rozpoznawania stanu maszyn dają możliwości zdalnego badania i oceny stanu obiektów;
- 8) obserwuje się tendencje do integrowania podsystemu rozpoznawania stanu maszyn z innymi podsystemami obiektu, w jeden zintegrowany informatyczny system sterowania w aspekcie pojazdu inteligentnego;
- 9) zintegrowany informatyczny system sterowania scala i koordynuje pracę wszystkich elementów funkcjonalnych obiektu, a także przygotowuje syntetyczne dane potrzebne do podjęcia decyzji;

## LITERATURA

1. Cholewa W.: Dynamiczne systemy doradcze w diagnostyce technicznej, Kongres Diagnostyki Technicznej, tom I ZD SPE KBM PAN, Gdańsk 1996.
2. Diagnostyka uszkodzeń maszyn roboczych, Pod redakcją R. Michalskiego. ITE, Radom 2004
3. Korbicz J.: Metody sztucznej inteligencji w diagnostyce maszyn, Kongres Diagnostyki Technicznej, tom I ZD SPE KBM PAN, Gdańsk 1996.
4. Michalski R.: Pokładowe systemy nadzoru maszyn ze sztuczną inteligencją, ART., Olsztyn 1997.
5. Mulawka J., J.: Systemy ekspertowe. WNT, Warszawa 1996.
6. Niziński S., Michalski R.: Diagnostyka obiektów technicznych. ITE, Radom 2002.

7. Niziński S.: Eksploatacja obiektów technicznych. ITE, Radom 2002.
8. Niziński S., Wierzbicki S.: Inteligentny pojazd mechaniczny a diagnostyka.
9. Niziński S., Wierzbicki S.: Zintegrowany system diagnostyczny sterowania pojazdów. Kongres Diagnostyki, Politechnika Poznańska, Poznań 2004.
10. Uhl T., Hanc A.: Rozproszone systemy monitoringu w diagnostyce maszyn. PTDT Diagnostyka, vol. 27, Olsztyn 2002.



Prof. dr hab. inż. Stanisław Niziński jest pracownikiem naukowym Katedry Budowy Eksploatacji Pojazdów i Maszyn UWM w Olsztynie oraz Wojskowego Instytutu Techniki Pancernej i Samochodowej w Sulejówku. Jest wieloletnim członkiem

Sekcji Podstaw Eksploatacji KBM PAN oraz Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Diagnostyki Technicznej. Jego zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia dotyczące logistyki w systemach działania, eksploatacji i diagnostyki obiektów technicznych, szczególnie pojazdów mechanicznych. Jest autorem i współautorem wielu prac naukowych i dydaktycznych.



Mgr inż. Arkadiusz Rychlik absolwent Wydziału Mechanicznego ART w Olsztynie. Obecnie jest asystentem w Katedrze Budowy Eksploatacji Pojazdów i Maszyn na Wydziale Nauk Technicznych, UWM w

Olsztynie. W pracy zajmuje się zagadnieniami eksploatacji pojazdów i maszyn.